

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

*Série Rochas e Minerais
Industriais, nº 22*

Insumos Minerais para a Construção Civil



PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO

Teresina – 2017

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Recursos Minerais
Departamento de Geologia

Programa Geologia do Brasil

**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO
DA REGIÃO METROPOLITANA
DE SÃO LUÍS E ENTORNO**

ESTADO DO MARANHÃO

Liliane Lavoura Bueno Sachs
Klaryanna Cabral Alcantara
Vanildo Almeida Mendes

INFORME DE RECURSOS MINERAIS
Série Rochas e Minerais Industriais, nº 22



TERESINA
2017

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Recursos Minerais
Departamento de Geologia

Programa Geologia do Brasil

**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA
DE SÃO LUÍS E ENTORNO**

ESTADO DO MARANHÃO
INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 22

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil
DIDOTE – Processamento Técnico

Sachs, Liliane Lavoura Bueno

Projeto materiais de construção da região metropolitana de São Luís e entorno : estado do Maranhão / Liliane Lavoura Bueno Sachs, Klaryanna Cabral Alcantara, Vanildo Almeida Mendes. – Teresina : CPRM, 2017.

341 p. : il. (Informe de recursos minerais. Série rochas e minerais industriais ; 22)

Programa Geologia do Brasil

ISBN 978-85-7499-337-9

1. Geologia econômica – Brasil – Maranhão. 2. Minerais industriais – Brasil – Maranhão. 3. Materiais de construção – Brasil – Maranhão. I. Alcantara, Klaryanna Cabral. II. Mendes, Vanildo Almeida. III. Título. IV. Série.

CDD 553.6098121

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Recursos Minerais
Departamento de Geologia

Programa Geologia do Brasil

**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA
DE SÃO LUÍS E ENTORNO**

ESTADO DO MARANHÃO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Fernando Bezerra Coelho Filho

Ministro de Estado

Paulo Pedrosa

Secretário Executivo

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Vicente Humberto Lôbo Cruz

Secretário

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

Eduardo Jorge Ledsham

Diretor-Presidente

José Carlos Garcia Ferreira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Juliano de Souza Oliveira (interino)

Diretor de Administração e Finanças

Evandro Luiz Klein

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Vanildo Almeida Mendes

Chefe da Divisão de Minerais e Rochas Industriais

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Marília Santos Salinas Rosário

Chefe da Divisão de Cartografia

Marco Túlio Carvalho

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

José Márcio Henriques Soares

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

RESIDÊNCIA DE TERESINA

Evaldo Lira

Chefe da Residência

Francisco Rubens de Sousa

Assistente de Produção de Geologia e Recursos Minerais

Francisca de Paula da Silva Lima

Assistente de Produção de Relações Institucionais e Desenvolvimento

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Recursos Minerais
Departamento de Geologia

**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA
DE SÃO LUÍS E ENTORNO**
ESTADO DO MARANHÃO

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação Geral

José Leonardo Silva Andriotti/Francisco Valdir Silveira

Coordenação Técnica Nacional

Vanildo Almeida Mendes / Ruben Sardou Filho

Assistente de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Rubens de Sousa / Elizângela Soares Amaral

Executores do Informe

Liliane Lavoura Bueno Sachs, Klaryanna Cabral Alcantara,
Vanildo Almeida Mendes

Digitalização e Editoração de Mapas

Liliane Lavoura Bueno Sachs

Digitalização e Editoração de Ilustrações do Texto

Liliane Lavoura Bueno Sachs

Compatibilização e Revisão Geral

Liliane Lavoura Bueno Sachs
Vanildo Almeida Mendes

Responsável Técnico

Liliane Lavoura Bueno Sachs

Colaboração

Ruben Sardou Filho

Normalização e Documentação

Gabriela Vieira Leitão

Organização e Controle da Editoração Final

Marina das Graças Perin - Geride-SP
Washington Santos - DIMARK

CRÉDITOS DE AUTORIA DO TEXTO EXPLICATIVO

1 – INTRODUÇÃO

Liliane Lavoura Bueno Sachs
Klaryanna Cabral Alcantara

2 – ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E INFRAESTRUTURA

Liliane Lavoura Bueno Sachs
Klaryanna Cabral Alcantara

3 – CONTEXTO GEOLÓGICO

Liliane Lavoura Bueno Sachs

4 – INSUMOS MINERAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Vanildo Almeida Mendes
Liliane Lavoura Bueno Sachs

5 – TIPOLOGIA DOS JAZIMENTOS

Vanildo Almeida Mendes
Liliane Lavoura Bueno Sachs

6 – LAVRA E BENEFICIAMENTO

Klaryanna Cabral Alcantara
Liliane Lavoura Bueno Sachs

7 – MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

Vanildo Almeida Mendes

8 – DIREITOS MINERÁRIOS

Vanildo Almeida Mendes
Liliane Lavoura Bueno Sachs

9 – DIAGNÓSTICO TÉCNICO-ECONÔMICO

Klaryanna Cabral Alcantara
Liliane Lavoura Bueno Sachs

10 – CONCLUSÕES

Liliane Lavoura Bueno Sachs

11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Liliane Lavoura Bueno Sachs
Gabriela Vieira Leitão

**MAPAS GEOLÓGICO, DE POTENCIALIDADES MINERAIS E
ÁREAS DE PRESERVAÇÃO, DE RECURSOS MINERAIS E DE
DIREITOS MINERÁRIOS**

Liliane Lavoura Bueno Sachs
Vanildo Almeida Mendes

EDIÇÃO DO PRODUTO IMPRESSO

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento
Divisão de Marketing e Divulgação – DIMARK - José Márcio Henriques Soares
Divisão de Geoprocessamento – DIGEOP – Hiran Silva Dias – SIG/GEOBANK

APRESENTAÇÃO

O contexto geológico regional favorável ao abastecimento de bens minerais utilizados na construção civil da Região Metropolitana de São Luís (RMSL) e Entorno, não tem propiciado um fornecimento sustentável desses insumos, quer do ponto de vista ambiental, quer do aproveitamento racional dos recursos minerais. A existência de lavras informais de areia devastando o meio físico e depredando expressivos depósitos minerais, o crescimento urbano ameaçando os complexos rochosos geradores de brita, e a demanda por esses materiais nos próximos anos sinalizam perspectivas de estrangulamento da oferta no futuro. Dentro deste contexto, a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Ministério de Minas e Energia, através da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), por intermédio da Residência de Teresina, tem a grata satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral, mais um produto do Programa Geologia do Brasil denominado Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno.

Os trabalhos desenvolvidos por esse projeto tiveram como objetivos: produzir um diagnóstico do setor de mineração (exploração, produção, oferta, demanda); estimular a instalação de novos empreendimentos na área; levantar dados que permitam a atividade mineira de forma sustentável; e fornecer subsídios preliminares para a formulação de políticas públicas e o planejamento da minimização do impacto ambiental que a atividade provoca. A área contemplada nesse projeto é composta pela Região Metropolitana de São Luís (municípios de São Luís, São José de Ribamar, Raposa, Paço do Lumiar, Alcântara, Rosário, Bacabeira e Santa Rita), além dos municípios de Axixá, Icatu, Morros, Presidente Juscelino, Cachoeira Grande e Itapecuru Mirim, localizados no entorno dessa Região Metropolitana.

Entre as principais obras do PAC para os municípios da área em apreço, podemos citar: PAC Rio Anil; duplicação da BR 135; reforma de prédios do Centro Histórico; Grande Anel e Corredor Metropolitano – São Luís; e Terminal de Grãos do Maranhão (TEGRAM) no Porto Organizado do Itaqui, em São Luís, já concluído. Além dessas, a construção de moradias (Programa Minha Casa Minha Vida), creches e escolas, a ampliação do Aeroporto Internacional Marechal Cunha Machado, são outras das obras contempladas pelo PAC. Cabe ressaltar, que a instalação de indústrias, construção de pontes e viadutos, e obras do setor imobiliário, também, têm consumido grandes volumes de materiais na RMSL e Entorno.

Os bens minerais estudados foram areia, argila para cerâmica vermelha, granitoide para brita, saibro, laterita, cascalho e material de empréstimo.

Este informe, em volume impresso, contempla o texto do relatório final dos trabalhos executados na região, e contém: análise de aspectos socioeconômicos e de infraestrutura da RMSL e Entorno; contexto geológico; potencial mineral e perfil dos insumos para construção civil; tipologia dos depósitos; métodos de lavra e beneficiamento; mineração e meio ambiente; direitos minerários; aspectos mercadológicos e legislação. O informe também conterá os mapas Geológico, de Potencialidades Minerais e Zonas de Preservação, de Recursos Minerais e de Direitos Minerários, todos em escala 1:250.000, tendo sido identificadas 10 áreas potencialmente favoráveis à exploração de brita, areia, cascalho, saibro, material de empréstimo, e argilas para cerâmica vermelha e industrial.

Discutiu-se, também, sobre o antagonismo, cada vez mais acentuado, entre mineração, preservação ambiental e expansão da mancha urbana. Nessa linha, os mapas citados constituem-se em ferramentas na busca de novas soluções para a relação entre meio ambiente e mineração.

Busca-se com esse trabalho, contribuir para enfatizar o papel da informação geológica como indutora no desenvolvimento do setor mineral no país, além de estimular e atrair investimentos para o setor mineral, acarretando na geração de empregos, renda e desenvolvimento social, à luz da sustentabilidade ambiental.

Este produto é mais uma ação do PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO - PAC, que através do PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL, vem desenvolvendo trabalhos em todas as regiões geográficas do país e cujo objetivo é proporcionar o conhecimento geológico e hidrogeológico do território brasileiro, gerando informações indispensáveis ao desenvolvimento sustentável do país.

EDUARDO JORGE LEDSHAM
Diretor - Presidente

JOSÉ CARLOS GARCIA FERREIRA
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

Esse trabalho reúne informações de interesse do setor mineral voltado para a construção civil, referentes à Região Metropolitana de São Luís (RMSL) e Entorno, Estado do Maranhão, Brasil. Engloba a análise da infraestrutura e dos aspectos socioeconômicos dessa região. Além disso, também leva em consideração o seguinte: contexto geológico; potencial mineral e perfil dos insumos para construção civil; mineração e meio ambiente; métodos de lavra e beneficiamento; direitos minerários; aspectos mercadológicos; e legislação. Objetivando cadastrar, pesquisar e avaliar depósitos, através de reconhecimento geológico das principais unidades estratigráficas aflorantes na área em tela, em áreas com potencialidade para extração de argila, areia, granitoides para uso como brita, saibro e material de empréstimo. Ao descrever cada um desses insumos minerais, foram abordados alguns pontos como: localização; tipologia de depósitos; e caracterização tecnológica. Além disso, foram discutidos a avaliação de recursos potenciais; o estudo da projeção de demanda; e a correlação entre as ocorrências minerais estudadas e o contexto geológico regional, a fim de detectar a existência de novas fontes de suprimento. Foram descritas e cadastradas 102 ocorrências minerais, dentre ocorrências, depósitos, minas ativas ou paralisadas. Efetuou-se a caracterização tecnológica das areias (análises granulométricas), argilas vermelhas (ensaios cerâmicos) e rochas utilizadas como brita (ensaios tecnológicos e análise petrográfica), com a finalidade de definir a melhor aplicabilidade desses insumos na construção civil. A partir dos dados obtidos, foi elaborado um diagnóstico técnico-econômico referente aos insumos minerais aqui abordados, considerando-se produção, capacidade instalada, consumo, projeção de demanda e impactos ambientais decorrentes da atividade minerária, com sugestões quanto à sustentabilidade da produção mineral e atendimento da demanda futura. Ainda, foram produzidos, para a área em estudo, os mapas Geológico; de Potencial Mineral; de Direitos Minerários (contendo as áreas requeridas junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM); e de Áreas de Relevante Interesse Mineral. Como consequência, foram identificadas 10 áreas potencialmente favoráveis à exploração de brita, areia, cascalho, material de empréstimo, saibro, assim como argilas para cerâmica vermelha e industrial. Adicionalmente, outra significativa contribuição deste projeto decorre da discussão sobre o conflito entre a expansão urbana e a exploração das reservas minerais da região. Nesse contexto, é vital que os agentes públicos antecedam, em projetos de ordenamento territorial, à análise e resolução dos conflitos socioambientais gerados pela mineração. Ao mesmo tempo, é imprescindível que os órgãos governamentais delimitem áreas com restrição à expansão urbana, notadamente aquelas potencialmente produtoras de insumos para a construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: AREIA; ARGILA; BRITA; MATERIAL DE EMPRÉSTIMO; CONSTRUÇÃO CIVIL; SÃO LUÍS.

ABSTRACT

This present work gathers information related to the mineral sector focused on the construction industry in Metropolitan Region of São Luís (MRSL) and its surrounding urban centers, Maranhão State, Brazil. It encompasses the analysis of the infrastructure and socioeconomic aspects of this region. Besides that, it also takes into account the following: geological context; mineral potential and the profile of the inputs for civil construction; mining and environment; extraction and beneficiation methods, mining rights; market aspects; and legislation. This analysis aims to register, research and evaluate deposits, through geological reconnaissance of the main outcropping stratigraphic units in the screen area, in areas with potential for extraction of clay, sand, granitoids used as crushed stone, "saibro" and "loan material". While describing each of these mineral inputs, there were addressed some points such as: location, typology of deposits, and technological characterization. Moreover, the evaluation of potential resources, the study of demand's projection, and the correlation between the mineral occurrences studied and the regional geological context were also discussed in order to detect the existence of new sources of supply. 102 mineral occurrences, among occurrences, deposits, active or paralyzed mines were described and registered. Technological characterization of sands (granulometric analysis), red clays (ceramic tests) and rocks used as crushed stone (technological tests and petrographic analysis) were carried out in order to define the best applicability of these inputs in civil construction. Based on the data obtained, a technical-economic diagnosis was elaborated concerning to the mineral inputs discussed here, considering production, installed capacity, consumption, demand's projection and environmental impacts resulting from mining activity, with suggestions regarding the sustainability of mineral production and future demand. Furthermore, Geological, Potential Mineral, Mineral Rights (containing the required areas with the National Department of Mineral Production - DNPM), and Areas of Relevant Mineral Interest maps were produced for the study area. As consequence, 10 areas potentially favorable to the exploitation of granitoids used as crushed stone, sand, gravel, "loan material", "saibro", as well as clays for red and industrial ceramics were identified. Additionally, another significant contribution of this project is related with the discussion on the conflict between the urban expansion and exploitation of mineral reserves in the region. In this context, it is vital that public agents precede, in territorial planning projects, the analysis and resolution of socio-environmental conflicts generated by mining. At the same time, it is imperative that government agencies delimit areas with restriction to urban expansion, especially those that are potentially producing inputs for construction.

KEYWORDS: SAND; CLAY; CRUSHED STONE; MATERIALS OF LOAN; CONSTRUCTION; ST. LOUIS.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	23
1.1 - OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS.....	23
1.2 - LOCALIZAÇÃO.....	24
1.3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
1.3.1 - Etapa Preparatória - Levantamento de Dados.....	24
1.3.2 - Etapa Principal - Etapas de Campo, Realização de Ensaios Tecnológicos e Análises.....	25
1.3.3 - Etapa Final - Apresentação dos Resultados.....	25
1.4 - DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO.....	25
2 – ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E INFRAESTRUTURA	27
2.1 - HISTÓRICO.....	27
2.1.1 - Desafios da Modernização.....	27
2.2 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	27
2.3 - ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	27
2.3.1 - Criação da Região Metropolitana de São Luís.....	28
2.3.2 - Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).....	31
2.3.3 - Crescimento da População.....	31
2.3.4 - Produto Interno Bruto (PIB).....	31
2.3.5 - Economia.....	34
2.3.5.1 - Indústria.....	34
2.3.5.2 - Turismo.....	36
2.3.5.3 - Cultura.....	37
2.3.5.4 - Comércio e Serviços.....	37
2.3.5.5 - Renda.....	37
2.4 - INFRAESTRUTURA.....	38
2.4.1 - Rodovias.....	38
2.4.2 - Ferrovias.....	38
2.4.3 - Aeroportos.....	39
2.4.3.1 - Aeroporto de São Luís.....	39
2.4.3.2 - Aeroporto de Alcântara.....	39
2.4.4 - Portos.....	39
2.4.4.1 - Porto do Itaqui.....	39
2.4.4.2 - Ponta da Madeira.....	39
2.4.4.3 - Porto da ALUMAR.....	39
2.4.4.4 - Porto de Cajupe.....	40
2.4.5 - Aspectos Energéticos.....	40
2.4.6 - Saúde.....	40
2.4.7 - Saneamento Básico e Abastecimento.....	40
2.4.8 - Comunicação.....	44
2.4.9 - Educação.....	47
2.5 - DÉFICIT HABITACIONAL DESTA REGIÃO METROPOLITANA.....	47
2.6 - PRINCIPAIS PROJETOS DE INFRAESTRUTURA PREVISTOS PARA RMSL.....	48
3 – CONTEXTO GEOLÓGICO	51
3.1 - COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA.....	51
3.1.1 - Fragmento Cratônico São Luís.....	52
3.1.2 - Bacias Sedimentares Fanerozoicas.....	52
3.1.2.1 - Bacias Intracratônicas.....	52
3.1.2.1.1 - Bacia do Parnaíba.....	52
3.1.2.2 - Bacias Costeiras da Margem Atlântica Equatorial.....	53
3.1.2.2.1 - Bacias de <i>Rifts</i> Abortados.....	53
3.1.2.2.1.1 - Bacias de São Luís e Ilha Nova.....	53
3.1.3 - Coberturas Superficiais Cenozoicas.....	53

3.2 - UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	55
3.2.1 - Fragmento Cratônico São Luís	55
3.2.1.1 - Suíte Intrusiva Rosário (PP2 γ r)	55
3.2.2 - Bacia do Parnaíba	55
3.2.2.1 - Sequência Cretácea	56
3.2.2.1.1 - Formação Codó (K1c)	56
3.2.2.1.2 - Grupo Itapecuru (K12it)	56
3.2.3 - Bacias de São Luís e Ilha Nova	57
3.2.3.1 - Formação Alcântara (Ka1)	57
3.2.3.2 - Formação Cujupe (K2E1c)	58
3.2.4 - Coberturas Superficiais Cenozoicas	58
3.2.4.1 - Grupo Barreiras (N12b)	58
3.2.4.1.1 - Grupo Barreiras Indiviso (N12b)	58
3.2.4.1.2 - Formação Pirabas (ENp)	59
3.2.4.2 - Depósitos Eólicos Continentais Antigos (N34e)	59
3.2.4.3 - Depósitos Fluvio-Lagunares (Qfl)	60
3.2.4.4 - Depósitos de Pântanos e Mangues (Q2pm)	60
3.2.4.5 - Depósitos Litorâneos (Q2l)	60
3.2.4.6 - Depósitos Aluvionares (Q2a)	61
4 – INSUMOS MINERAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	63
4.1 - INTRODUÇÃO	63
4.2 - CONCEITUAÇÃO	64
4.3 - OS INSUMOS MINERAIS E A URBANIZAÇÃO	65
5 – TIPOLOGIA DOS JAZIMENTOS	67
5.1- POTENCIALIDADES MINERAIS	67
5.1.1 - Introdução	67
5.1.2 - Identificação de Áreas Potenciais	67
5.2- SUBSTÂNCIAS CADASTRADAS	67
5.2.1 - Areias	67
5.2.1.1 - Depósitos Minerais Cadastrados na Região Metropolitana de São Luís e Entorno	69
5.2.1.2 - Depósitos Aluvionares	69
5.2.1.3 - Depósitos Associados ao Grupo Itapecuru Indiviso	72
5.2.1.4 - Depósitos Associados ao Grupo Barreiras	72
5.2.1.5 - Depósitos Associados a Sedimentos Eólicos Continentais	72
5.2.1.6 - Recursos Estimados	73
5.2.1.7 - Avaliação das Características Tecnológicas das Areias	73
5.2.2 - Pedra Britada	73
5.2.2.1 - Principais Frentes de Produção	74
5.2.2.2 - Recursos Estimados	76
5.2.2.3 - Caracterização Tecnológica das Britas	76
5.2.3 - Argilas para Cerâmica Vermelha	76
5.2.3.1 - Principais Depósitos Minerais	78
5.2.3.2 - Argilas Associadas aos Sedimentos de Aluvião	78
5.2.3.3 - Argilas Relacionadas ao Grupo Itapecuru Indiviso	78
5.2.3.4 - Depósitos de Argila Associados ao Grupo Barreiras	80
5.2.3.5 - Recursos Estimados	80
5.2.3.6 - Caracterização Tecnológica das Argilas	80
5.2.4 - Material de Empréstimo	82
5.2.4.1 - Recursos Estimados	84
5.2.5 - Cascalhos	84
6 – LAVRA E BENEFICIAMENTO	85
6.1 - ROCHA BRITADA	85
6.1.1 - Lavra	85
6.1.2 - Carregamento e Transporte	86
6.1.3 - Beneficiamento	86
6.2 - AREIA	88

6.2.1 - Lavra	88
6.2.2 - Beneficiamento	89
6.3 - ARGILAS	89
6.3.1 - Lavra	89
6.3.2 - Beneficiamento	89
6.4 - MATERIAL DE EMPRÉSTIMO	90
7 – MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE	91
7.1 - CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	91
7.2 - IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA ATIVIDADE MINEIRA	91
7.3 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O PROJETO	91
7.4 - CONCEITOS	92
7.5 - SISTEMÁTICA DE TRABALHO	92
7.6 - IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO	92
7.6.1 - Decapeamento e Abertura de Acessos	92
7.6.2 - Lavra por Desmonte Através da Escavação Mecanizada	94
7.6.3 - Lavra por Desmonte Através do Uso de Explosivos e com Apoio Mecanizado	94
7.6.4 - Lavra por Dragagem	95
7.7 - ESTOCAGEM DE MINÉRIO E DEPOSIÇÃO DE ESTÉREIS E REJEITOS	96
7.8 - BRITAGEM	97
7.9 - EXPEDIÇÃO E TRANSPORTE DE CARGA	97
7.10 - CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS	98
7.11 - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	98
8 – DIREITOS MINERÁRIOS	101
8.1 - CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES SOBRE DIREITOS MINERÁRIOS	101
8.2 - ASPECTOS LEGAIS	101
8.2.1 - Licenciamento	101
8.2.2 - Autorização e Concessão	102
8.2.3 - Regime de Extração	102
8.3 - OBRIGAÇÕES FINANCEIRAS	103
8.3.1 - Emolumentos	103
8.3.2 - Taxa Anual por Hectare (TAH)	103
8.3.3 - Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CEFEM)	103
8.4 - OS DIREITOS MINERÁRIOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO	104
9 – DIAGNÓSTICO TÉCNICO-ECONÔMICO	107
9.1 - ASPECTOS ECONÔMICOS	107
9.2 - CENÁRIO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO	109
9.2.1 - Brita	109
9.2.2 - Areia	110
9.2.3 - Argila	112
9.2.4 - Saibro e Material de Empréstimo	112
9.3 - CONSUMO DE MATÉRIAS-PRIMAS MINERAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO	113
9.4 - CONFLITOS ENTRE A MINERAÇÃO E OS EIXOS DE EXPANSÃO URBANA NA RMSL	113
10 – CONCLUSÕES	115
11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS	129
ANEXO I - LISTAGEM DE JAZIMENTOS DE MINERAIS E ROCHAS	137
ANEXO II - ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DE AREIA	143
ANEXO III - ANÁLISES E ENSAIOS DE ARGILA	161
ANEXO IV- ANÁLISES E ENSAIOS DE BRITA	291

ANEXO V - MAPA GEOLÓGICO	329
ANEXO VI - MAPA DE POTENCIALIDADES MINERAIS E ZONAS DE PRESERVAÇÃO	333
ANEXO VII - MAPA DE RECURSOS MINERAIS	337
ANEXO VIII - MAPA DE DIREITOS MINERÁRIOS	341

SIGLAS

§ – Parágrafo
a.a. – ao ano
ABC – Associação Brasileira de Cerâmica
ABIH-MA – Associação Brasileira da Indústria de Hotéis do Maranhão
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALUMAR – Consórcio de Alumínio do Maranhão
ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações
ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção
ANP – *Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis*
AP – Autorização de Pesquisa
ArcGIS 10.2 – Geographic Information System integrado com software de arquitetura, para trabalhar com mapas e informações geográficas, versão 10.2
BGS – Brita Graduada Simples
BIRD – Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento
BNB – Banco do Nordeste
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BR – Rodovia Federal
BR/MA – Rodovia Federal/Rodovia Estadual
CAEMA – Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão
CAGR – *Compound Annual Growth Rate* = Taxa de crescimento anual composta
CCE – Comissão de Economia e Estatística
CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CE – Estado do Ceará
CEFEM – Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CEST – Faculdade Santa Terezinha
CF/1988 – Constituição Federal de 1988
CFN – Companhia Ferroviária do Nordeste
CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CIEST – Central de Informações Econômicas, Sociais e Tecnológicas
CL – Concessão de Lavra
CLA – Centro de Lançamento de Alcântara
COADEGS – Conselho de Administração e Desenvolvimento da Grande São Luís
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPIs – Coordenação de População e Indicadores Sociais
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CTGAS-ER – Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis
CVRD – Companhia Vale do Rio Doce
D.O.U. – Diário Oficial da União
DEREM – Departamento de Recursos Minerais
DF – Distrito Federal
DIMINI – Divisão de Minerais Industriais
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
DP – Disponibilidade
DPE – Diretoria de Pesquisas
EAS – Estudo Ambiental Simplificado
ECA – Estudo de Conformidade Ambiental
EFC – Estrada de Ferro Carajás
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
Eletrobras – Centrais Elétricas Brasileiras S.A
Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A
EMAP – Empresa Maranhense de Administração Portuária
ESE – Este-Sudeste
ETENE – Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste
FACAM – Faculdade do Maranhão

FAMA – Faculdade Atenas Maranhense
FGV – Fundação Getúlio Vargas
FJP – Fundação João Pinheiro
FNDCT – Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FNS – Ferrovia Norte–Sul
FOB – *Free On Board* = livre a bordo, referindo-se à mercadoria disponibilizada no local de fabricação ou armazenamento - é o popular preço "**posto na fábrica**" ou "**a retirar**"
GEOBANK – Banco de Dados da CPRM
GO – Estado de Goiás
GPS – *Global Positioning System (em inglês)*
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IDH-E – Índice de Desenvolvimento Humano - Educação
IDH-L – Índice de Desenvolvimento Humano - Longevidade
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDH-R – Índice de Desenvolvimento Humano - Renda
IESEMA – Instituto de Estudos Superiores do Maranhão
IMESC – Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos
INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LCE – Lei Complementar Estadual
Li – Licenciamento
MA – Estado do Maranhão
MA – Rodovia Estadual
MATOPIBA – região que abrange parte dos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
MCT – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MG – Estado de Minas Gerais
MME – Ministério de Minas e Energia
N – Norte
NBR – Norma Brasileira
nº – número
OMS – Organização Mundial da Saúde
ONU – Organização das Nações Unidas
PA – Estado do Pará
PAC – Plano de Aceleração do Crescimento
PE – Estado de Pernambuco
PIB – Produto Interno Bruto
PIB *Per Capita* – Produto Interno Bruto por pessoa
PLC – Projeto de Lei Complementar
PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
RAL – Relatório Anual de Lavra
RAP – Relatório Ambiental Preliminar
RE – Registro de Extração
RETE – Residência de Teresina
RFFSA – Rede Ferroviária Federal S.A.
RIDE – Região Integrada de Desenvolvimento
RIMA – Relatório de Impacto ao Meio Ambiente
RLa – Requerimento de Lavra
RLi – Requerimento de Licenciamento
RM – Região Metropolitana
RMGSL – Região Metropolitana da Grande São Luís
RMSL – Região Metropolitana de São Luís
RN – Estado do Rio Grande do Norte
RP – Requerimento de Pesquisa
RS – Estado do Rio Grande do Sul
S – Sul
S.A. – Sociedade Anônima
SEDUC – Secretaria de Estado da Educação
SGB – Serviço Geológico do Brasil

SIG – Sistema de Informação Geográfica.
SIGMINE – Sistema de Informações Geográficas da Mineração (Banco de Dados do DNPM)
SIN – Sistema Interligado Nacional
SINDIPEDRAS – Sindicato da Indústria de Mineração de Pedra Britada do Estado de São Paulo
SINFRA – Secretaria de Estado de Infraestrutura
SNH – Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades
SR – Sistema Regional
SUDAM – Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
SW – Sudoeste
TAH – Taxa Anual por hectare
TEGRAM – Terminal de Grãos do Maranhão
TO – Estado do Tocantins
Trf – Tensão de ruptura à flexão
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância
UNISEB COC – Centro Universitário
UVA-IDEM – Universidade Vale do Acaraú
VALE S.A. – Vale Sociedade Anônima
W – Oeste
WGS 1984 – *World Geodetic System (em inglês)*, definida em 1984
Wi-Fi – *Wireless Fidelity*, ou "fidelidade sem fio"
WNW – Oeste-Noroeste

UNIDADES

% – Por cento
°C – grau centígrado
μm – micron ou micrômetro
GWh/mês – Gigawatts-hora por mês
ha – Hectare
hab. – habitante
hab/km² – habitante por quilômetro quadrado
km – quilômetro
km² – quilômetro quadrado
kV – quilovolt
m – metro
m² – metro quadrado
Ma – Milhões de anos
mm – milímetro
Mt – Milhões de toneladas
MVA – MegaVolt-Ampère
MWh – Megawatt-hora
°C – grau centígrado
R\$ – Real
t – tonelada
t/m³ – tonelada por metro cúbico

**PROJETO MATERIAIS DE
CONSTRUÇÃO DA REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO LUÍS
E ENTORNO**

ESTADO DO MARANHÃO

1 – INTRODUÇÃO

O Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno, constitui uma ação do Programa Geologia do Brasil da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) – Serviço Geológico do Brasil (SGB), e está inserido no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal.

Este trabalho foi realizado no período entre março de 2014 e setembro de 2016, sob a responsabilidade do Departamento de Recursos Minerais (DEREM), com apoio da Divisão de Rochas e Minerais Industriais (DIMINI), sendo executado pela Residência de Teresina (RETE).

1.1 - OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

O projeto objetivou cadastrar, pesquisar e avaliar depósitos, através do reconhecimento geológico na escala de 1:250.000 (numa área de aproximadamente, 27.000 km²), inseridos nas principais unidades estratigráficas aflorantes na Região Metropolitana de São Luís (RMSL) e Entorno, além de diagnosticar as condições atuais de produção, comercialização e preços, em áreas com potencialidade para extração de argila, areia, granitoides para uso como brita, e de outros materiais com emprego direto na construção civil, tais como: saibro e material de empréstimo. Visa, assim, uma exploração ordenada e correta, assegurando proteção à população e ao meio ambiente, disponibilizando os insumos a custos acessíveis, ampliando a oferta dos bens minerais, além de dar suporte a políticas habitacionais e de infraestrutura, fundamentais para o desenvolvimento econômico desta região. Propõe-se, prover o setor produtivo de dados necessários para o suprimento sustentável desses recursos e disponibilizar para as instituições públicas do Estado do Maranhão informações técnicas que possibilitem a gestão da atividade mineira e planejamento das obras de infraestrutura, além de gerar emprego, renda, tributos e reduzir as desigualdades regionais.

A caracterização dessas matérias-primas foi realizada, tanto em jazidas conhecidas, quanto em áreas inexploradas, visando fomentar a instalação de novas jazidas, em apoio à crescente ampliação da indústria da construção civil nessa região.

Os insumos minerais mais consumidos e, conseqüentemente, os mais significativos em termos de quantidades, produzidos no mundo, estão representados pelos denominados minerais industriais,

mais precisamente pelo setor de matérias-primas minerais para a construção civil. Além de serem abundantes e apresentarem baixo valor unitário, o consumo destes bens constitui um importante indicador do perfil sócio-econômico e de desenvolvimento de um país, estado ou região metropolitana. Dessa forma é indispensável que sempre existam meios de divulgação da situação do setor, pelos quais se possam tomar decisões tendo em vista o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida.

A população da RMSL e entorno, com economia centrada na agricultura de subsistência e produção de matérias-primas brutas, vem apresentando crescimento expressivo nos últimos anos. A construção civil acompanha esse mesmo ritmo, com a implantação de empreendimentos de grande, médio e pequeno portes.

Convém frisar que o abastecimento de substâncias minerais para construção civil nas regiões metropolitanas do país vem sendo agravado não apenas pela expansão urbana recobrando áreas com potencial mineral, mas também pela existência de lavras informais que acarretam crescentes preocupações ambientais.

Embora várias das empresas que extraem areia estejam se regularizando perante o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), muitas vezes ainda, há a exploração em lavras informais que prejudicam o meio ambiente e a vida útil dos depósitos. A indústria de cerâmica vermelha carece de informações geológicas de qualidade sobre os depósitos de argila e da caracterização tecnológica desses materiais, o que é estratégico para o seu desenvolvimento. Os complexos rochosos utilizados para a confecção de brita são lavrados por empresas mineradoras legalizadas que necessitam, entretanto, de um zoneamento territorial que preserve as suas reservas da ocupação urbana desordenada. É bom salientar, que a necessidade da realização de um ordenamento do espaço municipal com base no conhecimento geológico é de uma vital importância também para o desenvolvimento e continuidade das operações de exploração de areia, argila e demais insumos minerais existentes nestas regiões.

Os estudos aqui propostos contribuirão para a descoberta de novas áreas, tanto para extração de areias, quanto para depósitos de argilas (uso na indústria cerâmica), e de rochas granitoides (uso como brita e/ou como rocha ornamental). Estas

informações subsidiarão também a elaboração de um Plano Diretor de Mineração, instrumento este, que possibilitará o auxílio na recuperação de áreas já degradadas, bem como prevenir e/ou minimizar possíveis danos ao meio ambiente, com o incremento da exploração de futuros depósitos. Trata-se, portanto, de um estudo que contempla as três variáveis do desenvolvimento sustentável: preocupação com o crescimento econômico da região, o lado social (geração de emprego, barateamento do preço de material de construção, acesso à moradia) e, por fim, a proteção do meio ambiente (por meio de uma exploração tecnicamente acompanhada e gerenciada).

1.2 - LOCALIZAÇÃO

A região em tela situa-se na porção norte do Estado do Maranhão, onde se destaca a cidade de São Luís, capital do mencionado estado e sede da Região Metropolitana do mesmo nome, composta pela conurbação deste município, com São José de Ribamar, Raposa, Paço do Lumiar, Alcântara, Bacabeira, Rosário e Santa Rita. Somando-se a essa região, alguns dos municípios do seu entorno, como Arixá, Cachoeira Grande, Icatu, Morros, Presidente Juscelino e parte de Itapecuru Mirim, que constitui a área abordada neste projeto, cuja localização

acha-se representada na Figura 1.1.

Como observado nessa figura, esses municípios estão inseridos em 9 Folhas Topográficas 1:100.000 (Guimarães, Alcântara, Carrapatal, São João Batista, São Luís, Sertãozinho, Arari, Itapecuru-Mirim e São Benedito do Rio Preto, respectivamente, SA.23-Z-A-I; SA.23-Z-A-II; SA.23-Z-A-III; SA.23-Z-A-IV; SA.23-Z-A-V; SA.23-Z-A-VI; SA.23-Z-C-I; SA.23-Z-C-II; e SA.23-Z-C-III), perfazendo uma área aproximada de 27.000 km² e configurando um polígono com coordenadas 02°00'S x 45°00'W; 02°00'S x 43°30'W; 03°30'S x 43°30'W; e 03°30'S x 45°00'W. Ao todo, a área do projeto contém uma população de 1.554.480 habitantes, destes cerca de 1.418.048 pessoas vivem na Grande São Luís, mais aproximadamente 136.432 nos municípios do entorno (CENSO, 2010). O acesso à área é realizado principalmente pelas rodovias BR-135, BR-222, BR/MA-402, MA-106, MA-201, MA-110 (Figura 1.1).

1.3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Os trabalhos realizados contaram, desde o início do projeto, com uma equipe principal formada por 2 (duas) geólogas, sendo uma delas em tempo parcial. Na execução desse trabalho obedeceu-se à sistemática desenvolvida pela CPRM na elaboração de projetos deste gênero, que compreenderam as seguintes etapas:

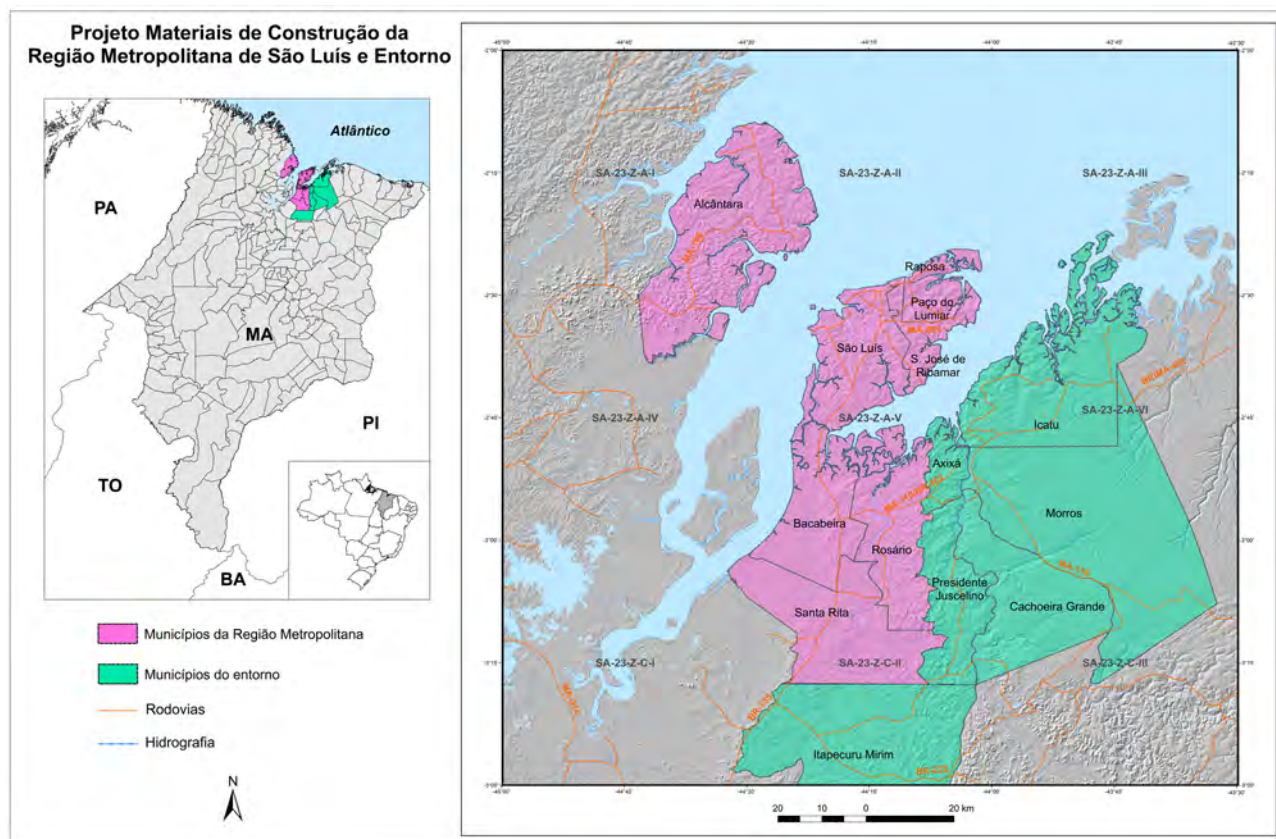


Figura 1.1 – Localização do projeto, municípios abrangidos e articulação das folhas 1:100.000.

1.3.1 - Etapa Preparatória - Levantamento de Dados

Esta fase consistiu em compilação bibliográfica, onde foram reunidos e consultados relatórios, artigos, trabalhos, teses, listagens de recursos minerais e mapas temáticos (cartográfico, geológico, de recursos minerais, o de direitos minerários e de conservação ambiental) elaborados por outras instituições, além dos executados pela própria CPRM; pesquisas na *Web*, em especial, na página do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), com o levantamento das áreas oneradas para exploração de insumos para construção civil; das bases cartográficas, avaliação prévia de ocorrências/depósitos, juntamente com mapas geológicos e imagens de satélite que contêm a área do projeto; montagem da base de dados e do mapa de serviço preliminar, na escala 1:100.000, com o traçado das áreas potenciais, selecionando-se possíveis pontos para verificação de ocorrências em campo; e integração dos dados em ambiente SIG.

1.3.2 - Etapa Principal - Etapas de Campo, Realização de Ensaio Tecnológicos e Análises

Nas etapas de campo, realizadas entre 2014 e 2015, foram utilizadas imagens do *Google Earth* para demarcação de manchas urbanas e locais de extração dos insumos usados na construção (areia, argila, granitoide para brita, saibro, cascalho e laterita). Como a área do projeto abrange nove folhas topográficas (escala 1:100.000), optou-se por abranger a totalidade, da área do presente estudo, o que contempla uma folha e meia na escala 1:250.000, o que equivale a 27.000 km². Com base nestes dados foi possível fazer o planejamento de campo. Foram realizadas também, visitas a estabelecimentos comerciais de materiais de construção no intuito de obter maiores informações de mercado e da cadeia produtora.

Durante o transcorrer das etapas de campo foram cadastradas as lavras ativas e inativas, e as empresas detentoras dos títulos dessas lavras, bem como as unidades produtoras. Em consonância, foram realizados o *check* e o cadastramento de depósitos e ocorrências, tanto dos já conhecidos, quanto dos novos, presentes na área desse projeto. Nos jazimentos em produção foram coletadas amostras para realização de análises e ensaios, com o intuito de testar as características físico-químicas, mineralógicas e tecnológicas dos materiais identificados e das amostras coletadas, a fim de definir a sua eventual potencialidade. Foram coletados, ainda, dados acerca da geomorfologia da área de extração, verificadas as litologias aflorantes e a estratigrafia desses depósitos. Durante esta fase foi estudado o controle geológico dos jazimentos, seguido da seleção de áreas-alvo para o dimensionamento dos recursos

geológicos disponíveis. Em paralelo efetuou-se o levantamento dos impactos causados ao meio ambiente pela atividade mineira, com a elaboração de documentação fotográfica sobre o mesmo.

Para cadastramento dos pontos foi utilizado equipamento GPS, utilizando projeção WGS 1984, e cartas topográficas corrigidas, na escala 1:100.000.

As amostras de areia, argila, e granitoide (rochas potenciais para britagem, tais como granito, gnaisse, granodiorito, etc.), coletadas em campo, foram enviadas aos laboratórios com a finalidade de caracterizar e avaliar a aplicação dessas matérias-primas na indústria da construção civil. As amostras de areia foram preparadas no laboratório da CPRM na Residência de Teresina, onde foram obtidos os resultados das análises granulométricas. Os ensaios cerâmicos de argila foram executados pelo Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER) de Natal (RN), enquanto as amostras de brita foram encaminhadas ao Laboratório de Rochas Ornamentais da Universidade Federal de Pernambuco, em Recife (PE).

Ainda nesta fase procedeu-se à coleta de informações sobre o mercado produtor e consumidor desses bens minerais.

1.3.3 - Etapa Final - Apresentação dos Resultados

Compreende a análise, interpretação e integração de todos os dados obtidos incluindo a consolidação das informações de campo com a elaboração do Informe de Recursos Minerais, e do banco de dados em formato SIG, utilizando-se o software ArcGIS 10.2 (*Geographic Information System* integrado com *software* de arquitetura, para trabalhar com mapas e informações geográficas, versão 10.2). Esta publicação será composta por um texto sucinto, acompanhado de dados de localização, contexto geomorfológico/geológico, composição mineralógica, resultados de ensaios tecnológicos e do emprego dos materiais estudados. Serão anexados ao Informe os Mapas Geológico, de Potencialidades Minerais e Zonas de Preservação, de Recursos Minerais e de Direitos Minerários, todos na escala 1:250.000. Esses produtos tem por objetivo fornecer ao setor empresarial/minerário um panorama atualizado acerca dos depósitos presentes na área.

1.4 - DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO:

- 03 etapas de campo;
- 60 dias de campo;
- 108 pontos descritos, sendo:

Areia = 16 lavras ativas, 5 lavras inativas, 13 garimpos ou lavras clandestinas, 2 depósitos e 12 ocorrências.

Argila = 18 lavras ativas, 5 lavras inativas, 4 garimpos ou lavras clandestinas, 3 depósitos e 6 ocorrências.

Granitoide para brita = 5 lavras ativas, 5 lavras inativas, 1 depósito e 7 ocorrências.

Outros insumos = 2 lavras ativas, 2 lavras inativas e 1 ocorrência

- 1 lava ativa, 1 lava inativa e 4 garimpos ou lavras clandestinas.
- 07 pontos revisitados;
- 108 ocorrências minerais cadastradas referentes a areia, argila, cascalho, granitoide, laterita, saibro e seixo;

- 73 amostras coletadas;
- 16 análises granulométricas para areia (em Anexo);
- 16 amostras de argila analisadas e com ensaios tecnológicos (em Anexo);
- 02 amostras de granitoide para brita analisadas e com ensaios tecnológicos (em Anexo);
- 56 empresas visitadas e cadastradas, dentre os 110 pontos descritos (sendo 23 empresas de extração de areia; 26 cerâmicas e 7 empresas de extração de granitoide para brita).

2 – ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E INFRAESTRUTURA

2.1 - HISTÓRICO

Localizada no litoral maranhense, situada na Ilha de São Luís, entre as embocaduras dos Rios Anil e Bacanga, a cidade de São Luís é separada do continente pelo Estreito dos Mosquitos. Inicialmente, o local era ocupado por índios tupinambás. Essa cidade foi fundada por franceses, posteriormente conquistada pelos portugueses em 1615, sendo invadida em 1641 por holandeses, e só, posteriormente, colonizada e erguida, pelos portugueses. Constitui o terceiro centro mais denso de povoamento de origem negra no Brasil. A ocupação europeia na região começou na década de 1550, quando foi fundada a cidade de Nazaré, provavelmente onde hoje é São Luís, que acabou, no entanto, sendo abandonada devido à resistência dos índios e à dificuldade de acesso à ilha.

Daniel de La Touche, conhecido como Senhor de La Revardière acompanhado de cerca de 500 homens vindos das cidades francesas de Cancale e Saint-Malo, chegou à região em 1612 para fundar a França Equinocial e realizar o sonho francês de se instalar na região dos trópicos.

Em novembro de 1614, os portugueses venceram os franceses na Batalha de Guaxenduba, na Baía de São José. Em 1615, a tropa lusitana comandada por Alexandre de Moura expulsou os franceses do Maranhão e Jerônimo de Albuquerque se tornou o primeiro capitão-mor do Maranhão, comandando a cidade.

Por volta de 1641, aportou, em São Luís, uma esquadra, sob o comando do almirante Jan Cornelisz Lichthart e pelo coronel Koin Handerson. O principal objetivo dos holandeses seria a expansão da indústria açucareira na região. Os holandeses tomaram a cidade de São Luís. Até aquele momento a produção da capitania era baseada na comercialização de tabaco, cravo, algodão, aguardente, açúcar, sal, azeite, couro, farinha de mandioca, baunilha, entre outros produtos. Após uma guerra de guerrilhas que durou cerca de três anos os holandeses foram expulsos de Maranhão em 1644. (http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/06wr/Unica_Capital_Brasileira_Fundada_Por_Franceses).

Em virtude da lavoura algodoeira, a economia maranhense foi uma das mais prósperas do país até a metade do século XIX. Mas após o fim da Guerra Civil Americana, quando perdeu espaço na exportação de algodão, o estado entrou em colapso. Somente após o final da década de 1960, quando passou a receber incentivos, o mesmo saiu do isolamento, notadamente com a implantação de ligações férreas, portuárias e rodoviárias com outras regiões. A eco-

nomia estadual atualmente se baseia na indústria de transformação de alumínio, alimentícia, madeireira, extrativismo (babaçu), agricultura (soja, mandioca, arroz e milho), na pecuária e no setor de serviços.

2.1.1 - Desafios da Modernização

A modernização da Região concernente à grande São Luís ganhou impulso, a partir dos anos 60 e 70, com os investimentos da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) na agropecuária e no extrativismo vegetal e mineral exemplificada por grandes projetos, como Carajás (http://www.portalbrasil.net/estados_ma.htm).

2.2 - ASPECTOS FISIográficos

No território da região em tela ocorre o Ecossistema Floresta também conhecido como Ecossistema Amazônico. A cobertura vegetal apresenta-se arbórea representada pela floresta amazônica; de manguezais; e de mata tropical, que pela intensa influência antrópica, resultou em uma paisagem com grande incidência de palmeiras: a mata dos cocais - mata dos cocais a leste, mangues no litoral.

O relevo está representado por: costa recortada e planície litorânea com dunas e planaltos no interior. Onde se apresenta o Ecossistema Amazônico, o relevo se dá através de planície fluvial; planície costeira; sendo que o clima característico desse espaço é o equatorial úmido, onde predomina a Amazônia Maranhense e tropical úmido, nas planícies citadas, com pluviosidade mais intensa na faixa amazônica de novembro a junho e na planície de janeiro a junho (Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, 2010). O rio Itapecuru constitui o principal curso d' água que drena a região, cuja bacia se estende pela Grande São Luís.

2.3 - ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A capital, São Luís, dista 2.127 km de Brasília, e conta com área total de aproximadamente 830 km². Em 2014 abrigava uma população de mais de um milhão de habitantes (1.064197 hab.), de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). Segundo essa mesma fonte, a população da Região Metropolitana de São Luís, em 2014, era de 1.403.111 habitantes (http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise_estimativas_2014.pdf, consultado em 20/05/2016).

2.3.1 - Criação da Região Metropolitana de São Luís

A cidade de São Luís atual capital do Estado do Maranhão constitui o principal centro urbano da região em estudo e do estado em tela.

Respaldado pelo Artigo 25, § 3o, da Constituição Federal de 1988 (CF/1988), que delegou aos estados a competência de instituir as Regiões Metropolitanas, o processo de instituição destas regiões no Estado do Maranhão ocorreu a partir da Constituição Estadual de 1989. A Lei Complementar Estadual (LCE) nº 38/1998 dispunha sobre a Região Metropolitana da Grande São Luís (RMGSL), abrangendo os municípios da Ilha do Maranhão (São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa). Em 2003, a lei vigente, LCE nº 69/2003, dá nova redação à lei complementar anterior, incluindo o município de Alcântara.

O Projeto de Lei Complementar (PLC) nº 10/2011, é apresentado em 2011, propondo algumas alterações à lei vigente. Este projeto contempla

a inclusão de mais três municípios na RMGSL – Bacabeira, Rosário e Santa Rita – e a sua participação no Conselho de Administração e Desenvolvimento da Grande São Luís - COADEGS (IPEA, 2014).

Assim sendo, os municípios que compõem, hoje, a RMSL são: São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar, Raposa, Alcântara, Bacabeira, Rosário e Santa Rita. A área contemplada por esse projeto, ainda, conta com a participação dos municípios de Axixá, Cachoeira Grande, Icatu, Itapecuru Mirim, Morros e Presidente Juscelino que se localizam no entorno da RMSL (Figura 2.1).

A Tabela 2.1 exibe a relação dos municípios constituintes desta região e respectivamente, a distância desses Municípios em linha reta à Capital São Luís e as coordenadas geográficas dos pontos extremos desses municípios (IMESC, 2010). Em seguida, a Tabela 2.2 expõe os valores socio-econômicos para cada um dos municípios abrangidos na área desse projeto, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no censo de 2010.

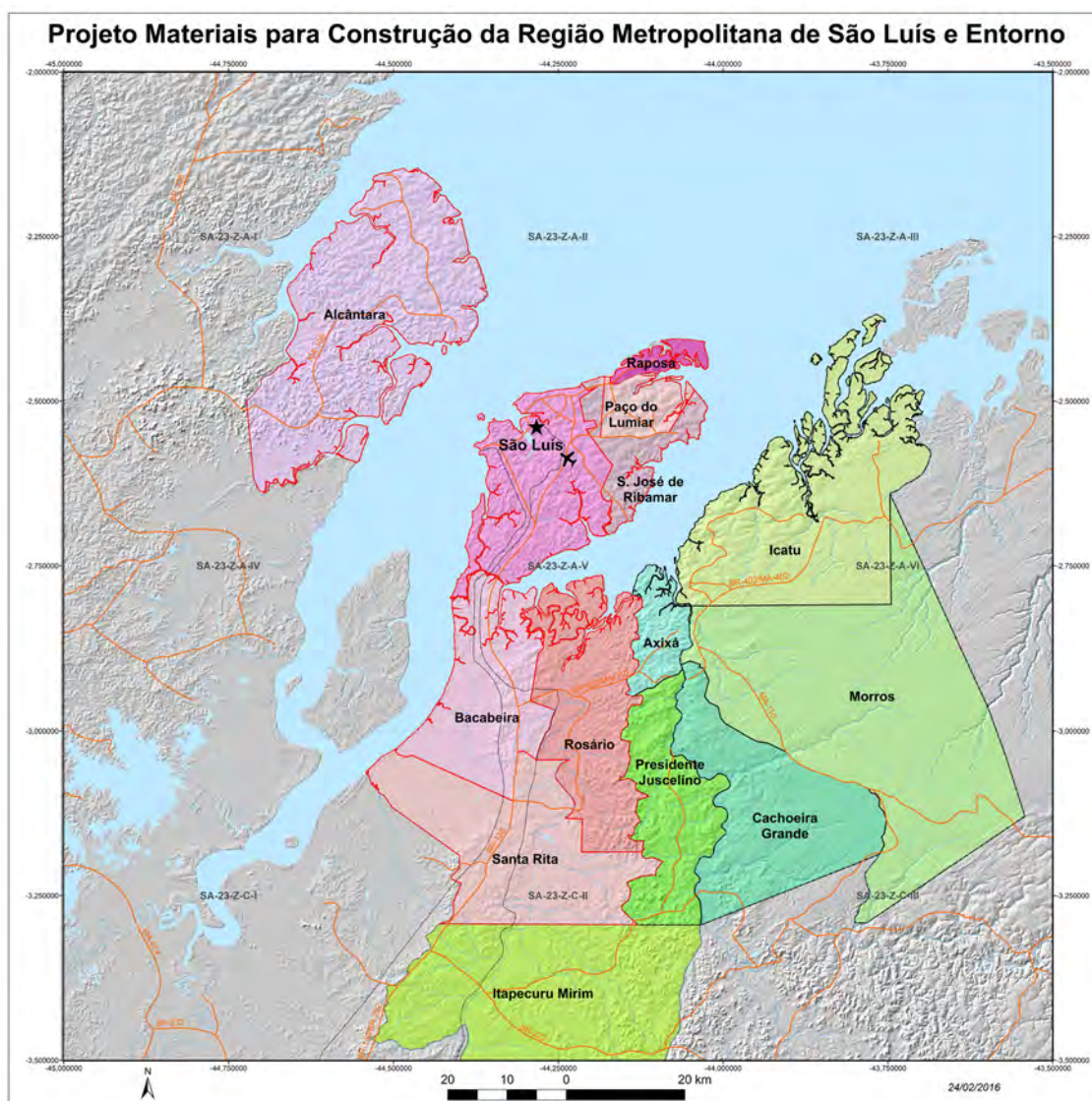


Figura 2.1 - Municípios contemplados na área desse projeto (em tons de rosa: municípios da RMSL; municípios em tons de verde: municípios do entorno).

Tabela 2.1 - Distância dos Municípios em Linha Retta à Capital São Luís e as Coordenadas Geográficas dos Seus Pontos Extremos (Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, 2010).

Regiões de Planejamento e Municípios	Distânc. em Linha Retta à Capital (km)	Pontos Extremos											
		Norte			Oeste			Sul			Leste		
		LAT	LONG	LAT	LONG	LAT	LONG	LAT	LONG	LAT	LONG	LAT	LONG
Região da Ilha do Maranhão													
Paço do Lumiar	22,42	-02° 27' 24,33831"	-44° 10' 21,87975"	-02° 33' 04,62037"	-44° 11' 07,64711"	-02° 33' 14,41667"	-44° 08' 28,91034"	-02° 27' 55,78015"	-44° 01' 56,01773"				
Raposa	25,06	-02° 24' 11,29989"	-44° 01' 16,56921"	-02° 28' 27,22013"	-44° 10' 18,92130"	-02° 28' 27,22013"	-44° 10' 18,92130"	-02° 26' 43,11930"	-44° 01' 13,58506"				
São José de Ribamar	27,4	-02° 27' 36,40184"	-44° 10' 44,40781"	-02° 29' 45,48133"	-44° 13' 01,61791"	-02° 43' 49,11802"	-44° 09' 47,59147"	-02° 28' 54,87821"	-43° 57' 30,35013"				
São Luís	—	-02° 26' 38,41674"	-44° 20' 54,00520"	-02° 34' 35,96540"	-44° 26' 27,49570"	-02° 48' 51,90450"	-44° 23' 35,21012"	-02° 36' 03,46810"	-44° 10' 00,66522"				
Região do Pericumã													
Aicântara	18,21	-02° 08' 42,36289"	-44° 27' 50,52657"	-02° 29' 59,08663"	-44° 43' 52,84211"	-02° 38' 54,54693"	-44° 42' 26,80119"	-02° 19' 46,86954"	-44° 21' 14,66543"				
Região do Baixo Munim													
Axixá	44,22	-02° 41' 15,59148"	-44° 05' 46,50132"	-02° 43' 49,11802"	-44° 09' 47,59147"	-02° 56' 50,53114"	-44° 08' 10,72996"	-02° 52' 00,95250"	-44° 02' 39,81044"				
Bacabeira	48,75	-02° 45' 21,63755"	-44° 17' 14,75276"	-03° 00' 00,91690"	-44° 30' 01,50427"	-03° 06' 16,81650"	-44° 19' 17,65113"	-02° 58' 01,44940"	-44° 15' 23,24096"				
Cachoeira Grande	51,78	-02° 53' 35,63887"	-44° 03' 03,53730"	-03° 01' 11,82503"	-44° 05' 15,50617"	-03° 17' 25,25630"	-44° 01' 41,23205"	-03° 08' 05,06199"	-43° 45' 06,21923"				
Icatu	38,15	-02° 20' 23,53600"	-43° 47' 05,74970"	-02° 41' 15,59148"	-44° 05' 46,50132"	-02° 48' 30,66556"	-44° 03' 41,61466"	-02° 35' 03,55649"	-43° 40' 58,02303"				
Morros	47,49	-02° 38' 13,75063"	-43° 44' 42,46476"	-02° 53' 26,66852"	-44° 04' 03,78804"	-03° 17' 32,07202"	-43° 47' 57,07760"	-03° 07' 45,52191"	-43° 32' 30,29609"				
Presidente Juscelino	50,82	-02° 54' 20,54533"	-44° 03' 41,49247"	-03° 04' 23,97425"	-44° 09' 29,41661"	-03° 17' 26,93996"	-44° 07' 57,57025"	-03° 04' 42,58443"	-43° 59' 13,19435"				
Rosário	45,31	-02° 43' 49,31337"	-44° 09' 47,52656"	-02° 49' 25,01814"	-44° 18' 20,09661"	-03° 11' 01,14500"	-44° 12' 52,01277"	-03° 05' 54,66411"	-44° 06' 43,22038"				
Região do Baixo Itapecuru													
Itapecuru Mirim	95,8	-03° 17' 24,52651"	-44° 02' 00,89998"	-03° 27' 45,13456"	-44° 31' 49,98012"	-03° 31' 49,98012"	-44° 05' 32,12060"	-03° 17' 25,25630"	-44° 01' 41,23205"				
Santa Rita	67,9	-03° 00' 00,91690"	-44° 30' 01,50427"	-03° 03' 00,09651"	-44° 33' 19,33415"	-03° 17' 33,02269"	-44° 25' 47,11786"	-03° 11' 53,27381"	-44° 05' 28,23829"				

Tabela 2.2 - Sínteses fornecidas pelo IBGE no censo de 2010, para cada um dos municípios da área do projeto (IBGE, 2010) – página visitada em 16/05/2016.

Municípios	População total residente		Crescimento %	Taxa média geométrica de crescimento anual (%) - 2000/2010	População Residente Urbana (hab.)	População Residente Rural (hab.)	Proporção da pop. em área urbana (%)	Área da unidade territorial (km²)	Densidade demográf. (hab/km²)	Índice de Desenvolvim. Humano Municipal - 2010 (IDHM 2010)	
	2000	2010									
REGIÃO METROPOLITANA	Alcântara	21.291	21.851	2,63	6.399	15.452	29,28	1.457,92	14,7	0,573	
	Bacabeira	10.516	14.925	41,93	3.324	11.601	22,27	615,589	24,25	0,629	
	Paço do Lumiar	76.188	105.121	37,98	78.811	26.310	74,97	122,828	855,84	0,724	
	Raposa	17.088	26.327	54,07	16.675	9.652	63,34	66,28	397,21	0,626	
	Rosário	33.665	39.576	17,56	23.251	16.325	58,75	685,036	57,77	0,632	
	Santa Rita	24.922	32.366	29,87	14.915	17.451	46,08	706,385	45,82	0,609	
	São José de Ribamar	107.384	163.045	51,83	37.709	125.336	23,13	388,371	419,82	0,708	
	São Luís	870.028	1.014.837	16,64	958.547	56.290	94,45	834,785	1.215,69	0,768	
	TOTAL	1.163.082	1.420.058		1.139.631	278.417	80,25	4.877,19	291,16	56,15	0,641
	Axixá	10.142	11.407	12,47	4.703	6.704	41,23	203,153	56,15	0,641	
ENTORNO	Cachoeira Grande	7.383	8.446	14,4	3.790	4.656	44,9	705,645	11,97	0,537	
	Icatu	21.489	25.145	17,01	7.816	17.329	31,08	1.448,78	17,36	0,546	
	Itapercuru Mirim	42.772	62.110	45,21	34.668	27.442	55,82	1.471,44	42,21	0,599	
	Morros	14.594	17.783	21,85	6.719	11.064	37,79	1.715,18	10,37	0,548	
	Presidente Juscelino	10.693	11.541	7,93	4.119	7.422	35,7	354,696	32,54	0,563	
	TOTAL	107.073	136.432		61.815	74.617	45,31	5.898,89	23,12		
TOTAL DO PROJETO	1.270.155	1.556.490		1.201.446	353.034	77,19	10.776,08	144,44			

Atualmente, a superfície ocupada pelos municípios da RMSL e os do seu Entorno, abrangidos nesse projeto, são, respectivamente, 4.877,19 km² (1,47% do território estadual), e 5.898,89 km² (1,78% do território estadual). A população, de acordo com o Censo Demográfico de 2010, atingiu para a região em tela, um total de 1.420.058 habitantes (21,62% da população do Maranhão, que em 2010 era de 6.569.683 habitantes), e para os municípios do Entorno abrangidos nesse projeto, foi contabilizado pelo citado órgão a existência de 136.432 habitantes (2,07% da população do Maranhão). É notória a diferença entre os valores de densidade demográfica, apresentados para a RMSL (291,16 hab/km²) e para os municípios do Entorno da RMSL, contemplados nesse projeto (23,12 hab/km²). Em área territorial, o maior município, da RMSL, é Alcântara (1.457,92 km²), e o menor é Raposa (66,28 km²). Quanto aos municípios do Entorno da RMSL, abrangidos nesse projeto, o maior município, em área territorial é Morros (1.715,18 km²) e o menor é Axixá (203,15 km²).

2.3.2 - Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

A análise dos Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) - detalhado estudo econômico e social do país - é importante para subsidiar políticas públicas; e ainda fornecer à população e aos gestores municipais, ferramentas para acompanhamento e promoção de melhorias. Esse índice tem escala numérica que varia de 0 a 1, dividido em Muito Baixo (0 a 0,499), Baixo (0,5 a 0,599), Médio (0,6 a 0,699), Alto (0,7 a 0,799) e Muito Alto (0,8 a 1,0).

A Tabela 2.2 também mostra que o IDHM da capital, São Luís, é de 0,768 (considerado alto se comparado ao IDHM do resto do estado), colocando-a na décima quinta posição entre as capitais estaduais brasileiras, e na terceira posição entre as capitais do Nordeste, com maior IDHM. A média do IDHM dos municípios constituintes deste projeto é de 0,622 (IBGE, 2010).

2.3.3 - Crescimento da População

Observando, ainda, a Tabela 2.2, constatamos que o crescimento da população entre os anos de 2000 e 2010, variou entre 2,63% (Alcântara) e 54,07% (Raposa) dentre os municípios da RMSL; e entre 7,93% (Presidente Juscelino) e 45,21% (Itapecuru Mirim) dentre os municípios do Entorno da RMSL contemplados nesse projeto. Observa-se também, na mesma tabela, que dos municípios inseridos na Ilha de São Luís - núcleo principal da RMSL - os municípios de Raposa e de São José de Ribamar foram os que apresentaram os maiores valores de crescimento da população entre os anos de 2000 e 2010, ultrapassando os 50%. Somente Itapecuru Mirim, dentre os municípios do Entorno da RMSL contemplados nesse projeto, apresentou valor de crescimento da população pouco abaixo de 50%.

Esses números nos dão ideia da tendência de crescimento da mancha urbana. Esse diagnóstico do crescimento da população configura um fator indispensável, que deve ser levado em consideração no estudo do setor de matéria-prima mineral para construção civil, já que muitos depósitos minerais destas substâncias foram esterilizados pela urbanização nos últimos anos. O crescimento das cidades envolveu e inviabilizou áreas em atividade de exploração, ou áreas com depósitos não explorados que poderiam ser lavrados, ainda, por décadas.

A Tabela 2.3, a seguir, exhibe os valores da população residente nos municípios abrangidos por esse projeto, entre os anos de 2004 e 2008.

Atualmente, segundo a Tabela 2.4, observamos que São Luís ocupa a 18ª posição na estimativa da população das capitais brasileiras com data de referência em 1 de julho de 2014.

2.3.4 - Produto Interno Bruto (PIB)

A cidade de São Luís concentra grande parte do produto interno bruto do estado e no momento a capital passa por um processo marcante de crescimento econômico, sediando três universidades (duas públicas e uma privada), além de uma dezena de centros de ensino e faculdades particulares. A expansão imobiliária é visível, mas o custo de vida ainda é bastante elevado e a exclusão social acentuada. Há grande dependência de empregos públicos (http://www.portalbrasil.net/estados_ma.htm).

Hoje em dia, segundo verifica-se que é notória a diferença de valores do PIB a preço de mercado corrente, por regiões de planejamento, entre 2008 e 2012. A Região da Ilha do Maranhão (composta pelos municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa), que corresponde ao núcleo da Região Metropolitana de São Luís (taxada em amarelo), exhibe valor aproximado de 43,89% do PIB do estado. Já os valores, apresentados pelas regiões do Baixo Itapecuru, Baixo Muni e do Pericumã, onde se alojam os demais municípios contemplados nesse projeto, somam no máximo, 4,83% do PIB estadual. Essa apropriação diferenciada da riqueza produzida no espaço metropolitano resulta em índices diferenciados de desenvolvimento humano. Uma avaliação do nível de pobreza e da qualidade de vida da população pode ser feita, com base no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM, conforme já mostrado na Tabela 2.2, que é composto pelos índices: IDH-L (Longevidade), IDH-E (Educação) e IDH-R (Renda).

Segundo o IBGE, em 2010, os municípios de São Luís, Bacabeira e São José de Ribamar (todos pertencentes à RMSL), apresentaram os maiores PIBs Per Capta, respectivamente, R\$ 21.948,82 R\$ 16.365,75 e R\$ 8.008,80, dentre os municípios contemplados nesse projeto (Tabela 2.5). O menor valor foi exibido pelo município de Icatu: R\$ 3.629,22.

Tabela 2.3 - População residente, conforme as regiões de planejamento e municípios - Maranhão 2004-2008 (Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, 2010).

Regiões de Municípios	População Residente				
	2004	2005	2006	2007	2008
Região da Ilha do Maranhão	1.199.235	1.227.659	1.255.879	121.1270	1.249.141
Paco do Lumiar	93.796	97.689	101.554	98.175	101.452
Raposa	20.044	20.698	21.347	24.201	25.042
São José de Ribamar	126.271	130.448	134.593	131.379	135.821
São Luís	959.124	978.824	998.385	957.515	986.826
Reião do Pericumã	247.482	250.652	253.799	252.378	260.068
Alcântara	22.165	22.359	22.550	21.349	21.969
Reião do Baixo Itapecuru	152.361	153.818	155.264	172.425	177.946
Itapecuru Mirim	50.994	51.168	51.338	54.573	56.241
Santa Rita	24.280	24.654	25.026	30.882	31.940
Reião do Baixo Munim	113.012	114.346	115.671	128.825	132.989
Axixá	10.544	10.633	10.721	14.249	14.743
Bacabeira	11.126	11.261	11.395	14.611	15.115
Cachoeira Grande	8.167	8.340	8.512	8.831	9.116
Icatu	21.905	21.996	22.088	24.432	25.198
Morros	15.476	15.671	15.865	17.077	17.620
Presidente Juscelino	11.064	11.479	11.891	11.705	12.094
Rosário	34.730	34.966	35.199	37.920	39.103

Tabela 2.4 – População das regiões metropolitanas (IBGE, Diretoria de Pesquisas - DPE, Coordenação de População e Indicadores Sociais – COPIS). Onde: RM = Região Metropolitana e RIDE = Região Integrada de Desenvolvimento. Nota: Composição das Regiões Metropolitanas vigente até 30/06/2013.

ORDEM	REGIÃO METROPOLITANA (Composição vigente em 2010)	POPULAÇÃO 2014	% POPULAÇÃO TOTAL
1º	RM SÃO PAULO	20.935.204	10,32%
2º	RM RIO DE JANEIRO	11.973.505	5,91%
3º	RM BELO HORIZONTE	5.767.414	2,84%
4º	RM PORTO ALEGRE	4.161.237	2,05%
5º	RIDE DF E ENTORNO	4.118.154	2,03%
6º	RM SALVADOR	3.919.864	1,93%
7º	RM RECIFE	3.887.261	1,92%
8º	RM FORTALEZA	3.818.380	1,88%
9º	RM CURITIBA	3.414.115	1,68%
10º	RM CAMPINAS	3.043.217	1,50%
11º	RM MANAUS	2.478.088	1,22%
12º	RM GOIÂNIA	2.296.678	1,13%
13º	RM BELÉM	2.129.515	1,05%
14º	RM GRANDE VITÓRIA	1.884.096	0,93%
15º	RM BAIXADA SANTISTA	1.781.620	0,88%
16º	RM NATAL	1.462.045	0,72%
17º	RM GRANDE SÃO LUÍS	1.403.111	0,69%
18º	RM MACEIÓ	1.246.421	0,61%
19º	RM JOÃO PESSOA	1.195.904	0,59%
20º	RM NO/NE CATARINENSE	1.191.558	0,59%
21º	RIDE TERESINA	1.180.930	0,58%
22º	RM FLORIANÓPOLIS	1.111.702	0,55%
23º	RM ARACAJU	912.647	0,45%
24º	RM VALE DO RIO CUIABÁ	871.729	0,43%
25º	RM LONDRINA	818.300	0,40%
TOTAL 25 MAIORES RM		87.002.695	42,91%
TOTAL BRASIL		202.768.562	100,00%

Tabela 2.5 – Valores do PIB fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no censo de 2010, para cada um dos municípios abrangidos na área do projeto (CENSO, 2010) – página visitada em 16/05/2016.

Municípios	Valor adicionado bruto da agropecuária, a preços correntes (mil reais)	Valor adicionado bruto da indústria, a preços correntes (mil reais)	Valor adicionado bruto dos Serviços, a preços correntes - exclusive administração, saúde e educação públicas e seguridade social (mil reais)	Valor adicionado bruto da Administração, saúde e educação públicas e seguridade social, a preços correntes (mil reais)	Valor adicionado bruto Total, a preços correntes (mil reais)	Impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos, a preços correntes (mil reais)	PIB, a preços correntes (mil reais)	PIB per capita (reais)
Alcântara	13.913	8.128	20.507	42.738	85.286	2.996	88.282	4.078,82
Bacabeira	13.374	112.053	58.325	42.401	226.153	35.405	261.557	16.365,75
Paço do Lumiar	16.531	86.478	250.542	190.791	544.342	35.144	579.486	5.111,10
Raposa	18.268	45.382	48.746	59.204	171.601	7.350	178.951	6.269,52
Rosário	15.126	20.473	90.711	77.480	203.789	13.196	216.985	5.294,52
Santa Rita	12.061	16.993	54.945	65.172	149.171	13.798	162.968	4.695,14
São José de Ribamar	19.233	233.161	671.153	321.771	1.245.318	119.567	1.364.884	8.008,80
São Luís	23.595	4.911.046	11.294.799	2.352.648	18.582.088	4.550.256	23.132.344	21.948,82
TOTAL	132.101	5.433.714	12.489.728	3.152.205	21.207.748	4.777.712	25.985.457	
Axixá	12.588	1.928	11.278	26.893	52.687	960	53.646	4.582,80
Cachoeira Grande	10.764	1.321	6.671	18.124	36.880	510	37.390	4.298,64
Icatu	18.118	3.111	19.252	52.256	92.737	1.673	94.411	3.629,22
Itapecuru Mirim	28.383	59.133	144.591	135.013	367.120	28.849	395.969	6.096,42
Morros	6.029	3.066	23.547	40.794	73.436	2.904	76.340	4.116,68
Presidente Juscelino	28.689	2.848	10.562	29.268	71.367	892	72.259	5.970,31
TOTAL	104.571	71.407	215.901	302.348	694.227	35.788	730.015	
TOTAL/PROJ.	236.672	5.505.121	12.705.629	3.454.553	21.901.975	4.813.500	26.715.472	

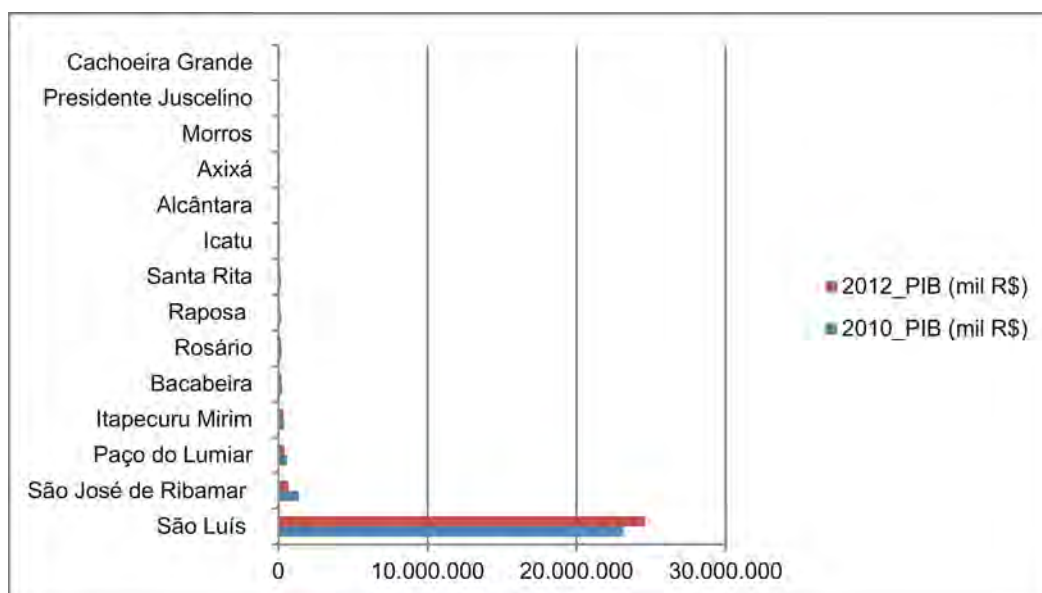


Figura 2.2 - Comparação entre os PIBs de 2010 e 2012.

Em termos comparativos, o PIB *Per Capta* do Estado do Maranhão foi de R\$ 6.889,00, enquanto que os resultados para a Região Nordeste e para o Brasil foram, respectivamente, R\$ 9.255,00 e R\$ 19.509,00 (IBGE - Contas Regionais e Contas Nacionais Trimestrais. Elaboração: BNB/ETENE/CIEST - <http://www.bnb.gov.br/documents/88765/89729/indicadores-macroeconomicos-brasil-nordeste-fev12.pdf/d6a134e4-99c0-472f-a244-d771397550c5>), evidenciando desta forma o bom desempenho dos municípios de São Luís e Bacabeira, com PIBs *Per Capita* superiores aos do Maranhão e do Nordeste, e próximos ao do Brasil. Ao mesmo tempo, é visível o baixo desempenho dos PIBs *Per Capta* dos demais municípios contemplados nesse projeto.

A disparidade entre os valores do PIB de São Luís e do PIB dos demais municípios inseridos na área desse projeto é marcante quando observamos a Figura 2.2. O município de São Luís responde por mais de 85% da somatória do PIB de todos os municípios contemplados nesse projeto.

Na Tabela 2. 6 verificam-se os valores em reais do total produzido nos setores de serviços, indústria e agropecuário da economia, assim como o valor do PIB total por município e para cada seguimento da atividade econômica. Os valores referem-se ao PIB no ano de 2012, para cada um dos municípios contidos na área desse projeto, e estão postos em reais.

A partir dos anos 2000, contrastando com o ocorrido na década precedente, a economia maranhense cresceu em valores e velocidade maior que a média brasileira e do Nordeste. Segundo os dados do IBGE/IMESC o PIB maranhense apontou para o período de 2002 a 2010 uma expansão média do valor adicionado de 5,4% a.a., posicionando o desempenho do estado, acima do dinamismo da Região Nordeste (4,3% a.a.) e do País (3,8% a.a.).

2.3.5 - Economia

A economia da Capital São Luís está fundamentada no comércio e na prestação de serviços. Destaca-se, também, o turismo (ecológico, cultural, religioso), que oferece aos visitantes uma mescla de ecossistemas somente comparada, no Brasil, com a do Pantanal Mato-Grossense. Têm-se ainda a atividade agropecuária que complementa a atividade econômica da região em questão. Além do turismo, para o qual a região em tela conta com uma boa infraestrutura hoteleira, têm-se, ainda, os setores industrial e de serviços, que complementam a economia da região em apreço.

2.3.5.1 - Indústria

O processo de desenvolvimento industrial do Estado do Maranhão é bastante recente, datando da década de 1970, quando a partir da implantação dos grandes projetos, ali se instalaram empresas, inclusive de grande porte, que passaram a ocupar, sobretudo, a área do Distrito Industrial, na capital do Estado, São Luís. Antes da década de 1970, a cidade em questão possuía um incipiente parque industrial, onde se destacavam empresas principalmente do ramo têxtil. A partir da decadência da indústria têxtil, o parque fabril de gêneros alimentícios e químicos ganhou destaque. No final dos anos 70, no entanto, entra em decadência. Isso ocorre devido às transformações sucedidas na indústria maranhense, provocadas pela implantação de projetos minerometalúrgicos, e pelo agronegócio da soja.

No ramo minerometalúrgico, os grandes destaques foram a instalação do Projeto Grande Carajás e ALUMAR, cujas empresas passaram a explorar riquezas como minério de ferro, níquel, manganês, alumina e alumínio, promovendo um aumento significativo nas taxas de crescimento industrial no estado.

Tabela 2.6 – PIB a preço de mercado corrente, percentual de participação no PIB do MA, população, PIB per capita, valores agregados a preços correntes 2012 (IMESC, 2014).

MARANHÃO		58.819.683	100%	6.714.314	1.277.736	7.789.169	8.619.371	35.584.552
Municípios	Nº	PIB mil R\$	% do PIB	População	PIB per capita R\$	VA Agro mil R\$	VA Indústria mil R\$	VA Serviços mil R\$
REGIÃO DA ILHA DO MARANHÃO	1º	25.814.646	43,89	1.345.368	36.086	105.551	4.360.119	16.358.561
Paço do Lumiar	17º	406.399	0,69	110.321	3.684	29.610	65.441	292.303
Raposa	68º	130.498	0,22	27.723	4.707	37.723	14.501	74.654
São José de Ribamar	9º	676.030	1,15	167.714	4.031	20.778	106.880	499.714
São Luís	1º	24.601.718	41,83	1.039.610	23.664	17.440	4.173.297	15.491.889
REGIÃO DO PERICUMÃ	10º	1.201.169	2,04	275.365	36.962	232.575	125.297	797.308
Alcântara	113º	89.893	0,15	21.605	4.161	23.130	17.314	43.541
REGIÃO DO BAIXO ITAPECURU	13º	933.775	1,59	199.397	27.887	242.030	105.476	550.716
Itapecuru Mirim	20º	331.991	0,56	63.907	5.195	56.705	41.051	215.764
Santa Rita	70º	128.562	0,22	33.843	3.799	11.002	26.574	82.943
REGIÃO DO BAIXO MUNIM	20º	704.481	1,2	132.126	39.671	132.067	141.982	385.595
Axixá	123º	80.315	0,14	11.599	6.924	41.911	4.336	33.026
Bacabeira	34º	204.383	0,35	15.591	13.109	10.327	86.575	75.173
Cachoeira Grande	204º	32.849	0,06	8.607	3.817	9.303	3.092	19.973
Icatu	99º	99.215	0,17	25.698	3.861	23.973	9.318	64.436
Morros	136º	69.083	0,12	18.265	3.782	11.520	7.190	48.619
Presidente Juscelino	175º	46.766	0,08	11.897	3.931	8.802	4.463	32.721
Rosário	42º	171.871	0,29	40.469	4.247	26.232	27.008	111.646

Nesta região metropolitana localiza-se a maior parte das indústrias que atuam no estado. Atualmente, no distrito industrial de São Luís, estão instaladas a fábrica de Alumina e Alumínio da ALUMAR (considerada uma das maiores do mundo), duas cervejarias (BRAHMA e ANTARCTICA) e aproximadamente 40 (quarenta) outras empresas que atuam nos setores Químicos, Têxtil, Gráfico, Imobiliário, Metalúrgico, Metal-mecânico, de Alimentos, Oleaginosas, Fertilizantes, Cerâmicas, Artefatos de Borracha, Cimento e outros.

Além das indústrias citadas acima, o Maranhão possui outras, tais como: indústria de refrigerantes, cervejas, construção civil, produção de ferro a aço, calçados, sabão e velas, material de transportes, papel, papelão, produtos farmacêuticos e de unidades produtoras de álcool etílico (<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAahUgAB/industria-no-maranhao-seu-desenvolvimento#>).

Nota-se, também, que as estruturas produtivas da aglomeração urbana de São Luís e das demais regiões do estado são bastante semelhantes, com predomínio das produtoras de bens intermediários, seguidas pelo setor de não duráveis e com ínfima participação dos bens de capital e de consumo duráveis.

Para a aglomeração de São Luís, a participação das médias indústrias no setor de não-duráveis supera a das demais regiões do estado, situação que se inverte no segmento de intermediários. As unidades de grande porte, por sua vez, localizam-se exclusivamente na região do município de São Luís (http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/industr_ma.pdf).

O PIB Industrial desta região metropolitana se expandiu entre os anos 2003 e 2012 acompanhando o crescimento estadual, cujo percentual de crescimento médio no período em tela, manteve-se acima de média nacional. Vale ressaltar que a indústria de produtos alimentícios foi o segmento industrial que mais ganhou participação, saltando de 9,1% em 2007 para 16% em 2011. Somando-se os números da indústria de alimentos, com os da indústria metalúrgica (33% do setor), e com os da extração de minerais metálicos (11,7% de participação), juntos estes segmentos representam 60,7% da indústria maranhense.

2.3.5.2 - Turismo

Localizado entre as regiões Norte e Nordeste, o Maranhão especialmente a região metropolitana de São Luís, tem o privilégio de possuir, devido à exuberante mistura de aspectos da geografia, a maior diversidade de ecossistemas de todo o País. Essa diversidade se mostra na presença da floresta Amazônica, dos cerrados, de mangues, de delta em mar aberto, do único deserto do mundo com milhares de lagoas de águas cristalinas, e dos 640 km de praias tropicais (segundo maior litoral do Brasil). São atrativos como: Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses; Delta do Parnaíba (75% pertencem a este estado, e os 25% ao Piauí); Baía de São Marcos, onde se situa a ilha de São Luís (MARANHÃO,

2000). Os municípios de Alcântara, Paço do Lumiar, Raposa, São José de Ribamar e a própria cidade de São Luís, que juntos constituem o Pólo de São Luís, segundo Moura (2006), o qual se encontra inserido dentro da área contemplada nesse projeto (<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/APS-B2367.pdf>).

A rede hoteleira de São Luís tinha, em 2012, mais de 8 mil leitos, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Hotéis Hotéis (ABIH-MA) (http://www.abihma.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=73%3Arede-hoteleira-de-sao-luis-tem-8-mil-leitos-afirma-sindicato&catid=1%3Anoticias&Itemid=99).

Com o objetivo de melhorar as condições de infraestrutura turística, foram desenvolvidas ações, a exemplo das obras do programa “Mais Saneamento”, onde um dos objetivos é despoluir os rios Pimenta e Claro, a Lagoa da Jansen, além de recuperar a balneabilidade das praias de São Luís. Convém frisar, que a execução de tal ação constitui um grande passo para a valorização do turismo no estado (<http://www.ma.gov.br/ocupacao-da-rede-hoteleira-de-sao-luis-chega-a-90-para-o-periodo-do-reveillon/>).

Na capital maranhense encontramos a maior parte dos valores históricos do estado. Com mais de 3 500 imóveis dos séculos XVIII e XIX, é referência no Brasil em termos de arquitetura colonial brasileira, principalmente nas fachadas das casas do Centro Histórico de São Luís. À uma hora de barco, saindo da capital, podemos encontrar Alcântara, outro ponto de referência histórico/arquitetônico do estado.

Principais municípios turísticos dentro da área abrangida por esse projeto:

São Luís - rica em manifestações culturais, como: bumba meu boi, tambor de crioula, caciú, dança portuguesa, quadrilhas juninas, *reggae* e outras. Possui o maior conjunto arquitetônico de azulejos portugueses da América Latina, além de vasta área de praias de água salgada. Culinária peculiar exibida no cuxá, arroz de cuxá, peixe frito e a famosa torta de camarão.

Alcântara - cidade histórica com muitos prédios em ruínas que foram tombados pelo Patrimônio Histórico Estadual. Como principal atração, tem a festa do Divino Espírito Santo no mês de maio. A base de lançamento de foguetes está localizada nesse município.

São José de Ribamar - um dos municípios da Ilha de São Luís é uma cidade balneária de águas salgadas. Possui, como atrações: a Procissão de São José no mês de setembro, o lava-pratos (o carnaval fora de época mais antigo do Brasil), que acontece no domingo seguinte do domingo de carnaval e o lava-boi que acontece no mês de julho.

Raposa – também, um dos municípios da Ilha de São Luís, com destaque para suas praias. Possui um comércio de rendas (toalhas, colchas, cobertores, etc.) feitas por mulheres de ascendência cearense. Ultimamente, o município tem se destacado nas pequenas dunas existentes, chamadas de franhas maranhenses, localizadas, principalmente, na Ilha

de Carimã. São oferecidos passeios de barcos, banhos em rios e passeio em trilhas.

Morros - município situado na região do Munim é conhecido pelo rio Una e o bumba meu boi com sotaque de orquestra. Recebe muitas visitas por causa de suas águas cristalinas e excelentes pousadas lá existentes. Possui um dos melhores carnavais e festas juninas da região (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Maranh%C3%A3o>).

2.3.5.3 - Cultura

A influência portuguesa é muito forte na capital maranhense, tanto pela arquitetura, quanto nos azulejos espalhados pelas construções antigas. As fachadas azulejadas, em especial, no Centro Histórico, transformaram a cidade na capital brasileira com maior número de casarões em estilo tradicional português e maior conjunto arquitetônico homogêneo da América Latina. Por suas riquezas, desde 1997, o Centro Histórico de São Luís é considerado Patrimônio Mundial da Humanidade, pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO (http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/06wr/Unica_Capital_Brasileira_Fundada_Por_Franceses).

Nas questões culturais, o Maranhão é conhecido pelas manifestações do bumba-meu-boi, cacuri, dança portuguesa, tambor-de-crioula, tambor-de-mina (patrimônio imaterial) e culinária de influência indígena e africana (Maranhão, 2000 - <http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/maranhao-o-estado-que-tem-titulo-de-pobreza/60672/>).

2.3.5.4 - Comércio e Serviços

O setor de Comércio e Serviços é o que mais absorve mão de obra e agrega o maior número de

empresas. Do pequeno ao grande varejo, passando pelo comércio de alimentos, vestuário, eletrodomésticos, áudio e vídeo, utilidades domésticas, além de serviços de manutenção, das áreas de turismo, educação, arquitetura, assistência médica e jurídica entre outros.

O ritmo de crescimento industrial tem ocasionado o surgimento de significativos investimentos no segmento. Destacam-se, assim, os serviços articulados pela construção civil acelerada pelas obras públicas e pela urbanização e o crescimento das redes de lojas de varejo e shopping centers. Estava previsto que até o final do ano de 2015, a capital, São Luís, contaria, no total, com oito shoppings centers (<http://www.seinc.ma.gov.br/areas-de-atuacao/comercio-e-servicos/>).

2.3.5.5 - Renda

Maior IDHM-Renda do país tem renda *per capita* de R\$ 2.043,74. Esse valor é 21 vezes maior que a renda *per capita* do mais baixo IDHM-Renda do país (R\$ 96,25).

Os valores, aproximados, entre: R\$ 180,00 e R\$ 333,00; R\$ 333,00 e R\$ 618,00; e R\$ 624,00 e R\$ 1.157,00, constituem, respectivamente, "Rendas *Per Capita*": Baixa, Média e Alta. Com base na Tabela 2.7, verifica-se que os municípios da área deste projeto apresentam valores de Renda *per capita* variando de média a baixa, de acordo com os valores acima mencionados dos. Somente a capital São Luís apresentava renda *per capita* alta (<http://territoriocidadao.blogspot.com.br/2012/09/pesquisa-do-ibge-mostra-que-os.html>). A mesma tabela mostra, ainda, as colocações desses municípios no contexto do *ranking* nacional.

Tabela 2.7 – Renda per capita dos municípios inseridos na área desse projeto, e suas colocações no ranking nacional (<http://territoriocidadao.blogspot.com.br/2012/09/pesquisa-do-ibge-mostra-que-os.html>).

Município	Renda per capita (R\$)	Ranking Brasil
São Luís	805,36	585°
Paço do Lumiar	444,50	2922°
São José de Ribamar	435,40	2987°
Raposa	274,00	4259°
Rosário	271,65	4290°
Bacabeira	257,40	4523°
Santa Rita	249,26	4625°
Axixá	223,51	5010°
Itapecuru Mirim	221,87	5031°
Alcântara	209,27	5190°
Morros	164,07	5493°
Icatu	154,09	5522°
Presidente Juscelino	133,03	5552°
Cachoeira Grande	110,65	5563°

2.4 - INFRAESTRUTURA

2.4.1 - Rodovias

O acesso à área, bem como o deslocamento dentro da mesma, é realizado, principalmente, pelas rodovias BR-135, BR-222, BR/MA-402, MA-106, MA-201, MA-110. A BR-135 é a rodovia mais importante dentro da área do projeto. Com extensão total de 2.446 km, liga São Luís (MA) a Belo Horizonte (MG). Por ser uma rodovia que passa por regiões pobres e pouco desenvolvidas do Brasil (norte de Minas e todo o sertão nordestino), por muitas vezes foi esquecida pelo Governo Federal, estando em péssimo estado de conservação, ou sem projeto de pavimentação, em vários trechos.

A infraestrutura rodoviária é de extrema importância para viabilizar o avanço econômico e reduzir os custos dos transportes. Pensando nisso, desde 2007, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) vem executando serviços de restauração e pavimentação na BR-135.

O projeto de melhoria da BR-135 contempla a duplicação da rodovia, a realocação da ferrovia Transnordestina na região do Campo de Perizes e a construção do viaduto de Bacabeira. Faz parte do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) do governo federal. Essa obra facilitará o deslocamento e o acesso aos municípios, além de aumentar a segurança viária, reduzindo acidentes, melhorando a trafegabilidade e a economia da região, permitirá reduzir o tempo de percurso e melhorar a qualidade de vida para a população que dela depende (08/08/2014 - <http://www.itti.org.br/portal/q-rodovias/677-br-135bamq.html>). Esta rodovia é vital para o Maranhão, pois se trata da única entrada para a Ilha de São Luís, capital do estado. A duplicação começou em setembro de 2012 e vem sofrendo vários atrasos no cronograma (<http://www.dnit.gov.br/noticias/dnit-retoma-obras-de-duplicacao-da-br-135-ma>).

A BR-222, rodovia federal que se estende, atualmente, de Fortaleza, (CE) a Marabá (PA) interliga os estados do Ceará, Piauí, Maranhão e Pará. Sua extensão atual é de 1.811,6 km. Passa por grandes centros urbanos, como Fortaleza, ligando regiões ricas economicamente, como sudeste do estado do Pará ao restante do Brasil (<https://pt.wikipedia.org/wiki/BR-222>).

A BR-402 constitui uma rodovia federal que deve interligar localidades próximas aos litorais dos estados do Maranhão, Piauí e Ceará. Alguns trechos ainda estão em implantação (<https://pt.wikipedia.org/wiki/BR-402>). Ela sai da BR 135 no município de Bacabeira, segue na direção leste, alcançando as cidades de Rosário e Morros, chegando até a cidade de Barreirinhas, pólo urbano da região dos Lençóis Maranhenses. Atualmente, encontra-se em construção o trecho que liga essa última cidade à de Tutóia, permitindo chegar ao Delta do Parnaíba. Ao todo, são 3.560 km com pavimentação simples; 28 km duplicados; 240 km implantados; e 540 km planejados (Dourado e Boclin, 2008).

2.4.2 - Ferrovias

O sistema ferroviário do Maranhão, o qual corta em parte a área do projeto conta com 1.365 km, dos quais 809 km são da Estrada de Ferro Carajás (EFC); 215 km da Ferrovia Norte-Sul (FNS); e 459 km da Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN).

Estrada de Ferro Carajás - A Companhia Vale do Rio Doce - CVRD iniciou, em meados dos anos 70, a implantação do Projeto Ferro Carajás, um sistema mina-ferrovia-porto. Com uma extensão total 1.076 km e bitola de 1,60 m, a Estrada de Ferro Carajás funciona em perfeitas condições operacionais atendendo aos requisitos para os quais foi projetada. Por seus trilhos, são transportados em média 120 milhões de toneladas de carga e 350 mil passageiros por ano.

A ferrovia leva o minério ao terminal marítimo de Ponta da Madeira em São Luís do Maranhão, onde podem aportar navios com capacidade para até 360 mil toneladas. Um trecho da EFC, de 514 km, entre Açailândia e Ponta da Madeira é utilizado no transporte dos grãos produzidos no sul do estado do Maranhão. Além de movimentar 2 milhões de toneladas entre grãos agrícolas, combustível, veículos e calcário, a ferrovia transporta, ainda, um total aproximado de cerca de 600 mil passageiros por ano (<http://www.vale.com/brasil/pt/initiatives/innovation/carajas-railway/paginas/default.aspx>).

Companhia Ferroviária do Nordeste - A Companhia Ferroviária do Nordeste opera a Malha Nordeste da Rede Ferroviária Federal S.A. - RFFSA, abrangendo as antigas SR-1 (Recife), SR-11 (Fortaleza) e SR-12 (São Luís), ferrovia localizada nos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. A concessionária iniciou suas operações em 01/01/98 (<http://www.geipot.gov.br/cadernos/2000/ma-2000.htm>).

Ferrovia Norte-Sul - Pertencente à VALEC-Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. e operada pela Estrada de Ferro Carajás, a Ferrovia Norte-Sul ligará Açailândia (MA) a Goiânia (GO). O primeiro trecho, Açailândia – Imperatriz (MA), de 95 km de extensão, encontra-se em operação regular para cargas e passageiros, mediante convênio com a Estrada de Ferro Carajás. Contemplada no Programa “Brasil em Ação” do Governo Federal, a construção do trecho entre Imperatriz e Estreito (MA), na divisa com Tocantins, com 120 km de extensão, foi concluída em 1999.

A atual extensão desta é de 1.199 km. Quando concluída, possuirá a extensão de 4.155 km e ligará Belém (PA) ao Rio Grande (RS).

A carga principal da Ferrovia Norte Sul é a soja, embarcada em Porto Franco (MA) e em Colinas do Tocantins (TO), também transporta celulose para a Suzano, bem como combustível de São Luís até o terminal em Porto Nacional, com previsão de transportar álcool do Tocantins para o porto de Itaqui (https://pt.wikipedia.org/wiki/Ferrovia_Norte-Sul).

2.4.3 - Aeroportos

2.4.3.1 - Aeroporto de São Luís

Em 1942, durante a 2ª Guerra Mundial, o Exército Brasileiro decidiu instalar uma Base Aérea em São Luís, com uma pista de grama, medindo 900 m. Um fator decisivo foi a localização geográfica estratégica da Ilha de São Luís, próxima à linha do Equador. Posteriormente, em 1943, instalou-se no aeródromo uma Base Aérea Americana para servir de apoio ao Exército e Marinha daquele país. Em 1974, a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) absorveu a jurisdição técnica, administrativa e operacional do aeroporto, que até então, estava sob a responsabilidade do Ministério da Aeronáutica. A internacionalização do mesmo ocorreu em 29.09.2004, através da Portaria Nº 1014 e em 26.09.2004, através do Ato Declaratório Nº 35, a Receita Federal do Brasil torna o Aeroporto Internacional Marechal Cunha Machado alfandegado (<http://www.infraero.com.br/index.php/br/aeroportos/maranhao/aeroporto-marechal-cunha-machado.html>).

No segundo semestre de 2014, foi iniciada uma nova reforma, orçada em R\$ 14,5 milhões, prevendo a ampliação da área do terminal, dos atuais 6,2 mil m² para 11,1 mil m²; construção de um espaço exclusivo para vôos internacionais; e instalação de quatro módulos operacionais, que serão anexados ao terminal (embarque, desembarque, check-in e check-out). A capacidade de passageiros aumentará de 3,4 milhões para 5,9 milhões de passageiros por ano, segundo previsões. No entanto, devido a atrasos, até junho de 2015, apenas 10% das obras previstas para o referido terminal estavam concluídas (https://pt.wikipedia.org/wiki/Aeroporto_Internacional_de_S%C3%A3o_Lu%C3%ADs).

2.4.3.2 - Aeroporto de Alcântara

O aeroporto de Alcântara constitui um aeródromo não comercial, pertencente ao Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). O aeroporto possui a maior pista do Maranhão, com superfície de asfalto e 2600 metros de extensão, podendo receber aviões tanto de médio, quanto de grande porte (https://pt.wikipedia.org/wiki/Aeroporto_de_Alc%C3%A2ntara).

2.4.4 - Portos

No momento, junto com os portos da VALE e da ALUMAR, o Porto de Itaqui compõe o segundo maior complexo portuário do Brasil em volume de cargas.

2.4.4.1 - Porto do Itaqui

O porto em tela, a partir do ano 2000, passou a ser administrado pela Empresa Maranhense de

Administração Portuária (EMAP), empresa pública, que na contramão da crise, segue a tendência de 2015, quando foram registrados recordes de operação e lucratividade no Porto do Itaqui, e mantém o crescimento movimentando aproximadamente R\$ 7,3 bilhões em mercadorias nos quatro primeiros meses do ano. No total foram movimentados cerca de R\$ 4,3 bilhões em exportações e R\$ 3 bilhões em importações.

A tendência é de crescimento, uma vez que o Porto do Itaqui vem se consolidando como o porto preferencial da região MATOPIBA (referência a uma região que abrange parte dos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), considerada a nova fronteira de produção agrícola e pecuária do Brasil, sendo responsável pela produção de 120 milhões de cabeças de gado, mais de 50% de toda a produção de gado nacional (<http://www.portodoitaqui.ma.gov.br/imprensa/noticia/exportacao-de-gado-pelo-itaqui-injeta-r-42-milhoes-na-economia-local>).

2.4.4.2 - Ponta da Madeira

O Terminal Marítimo de Ponta da Madeira é um porto privado pertencente à VALE S.A., adjacente ao Porto do Itaqui, próximo à cidade de São Luís e defronte à Baía de São Marcos, no Maranhão. Destina-se principalmente à exportação de minério de ferro trazido do projeto Serra dos Carajás, no Pará.

A escolha do local deveu-se à profundidade natural da baía de São Marcos, de mais de 26 m durante a maré baixa, que permitiria minimizar os custos com dragagem para a atracação de navios graneleiros de grande porte.

Ponta da Madeira juntamente, com o Europort de Roterdã (destino de boa parte dos navios carregados na Ponta da Madeira), constituem o único conjunto de portos capazes de lidar com navios de 23 m de calado (excetuando-se os terminais petroleiros de alto mar capazes de lidar com navios de até 30 m de calado).

Hoje, a VALE S.A. tem planos de diversificar as cargas embarcadas no terminal, em seguida à integração da Estrada de Ferro Carajás com a Ferrovia Norte-Sul. A empresa também negocia com siderúrgicas de diversos países a criação de um grande pólo siderúrgico, aproveitando o minério de ferro e a mão-de-obra barata (https://pt.wikipedia.org/wiki/Ponta_da_Madeira).

2.4.4.3 - Porto da ALUMAR

O terminal da ALUMAR está localizado na Baía de São Marcos confluência do Estreito dos Coqueiros com o Rio dos Cachorros, a oeste da Ilha de São Luís, tendo na margem oposta a Ilha de Tauá Mirim. Com um canal de acesso de 5,5 km - a partir do Porto do Itaqui - apresenta uma largura mínima de 120 m, sinalizado e balizado pela própria empresa.

Com capacidade para receber navios de até 50 mil toneladas e calado de 8 a 12 m, quando carregados. Apesar de ter sido projetado para operar em sua maior parte do tempo com descarregamento de matérias-primas, como bauxita, carvão, coque, piche, soda cáustica e carvão mineral, também foi concebido para operar com exportação. No momento atual, o principal produto a deixar o terminal é a alumina (<http://www.portosma.com.br/especial/alumar.php>).

2.4.4.4 - Porto de Cujupe

O porto do Cujupe acha-se localizado próximo às cidades de Bequimão e Alcântara (MA). O Cujupe é um terminal de *ferry-boat*, que recebe embarcações vindas do terminal de *ferry-boat* da Ponta da Madeira, em São Luís (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Cujupe>).

2.4.5 - Aspectos Energéticos

Situado na rota de interligação dos sistemas Norte-Nordeste, o Estado do Maranhão, no qual se insere o sistema energético da região em tela faz parte do SIN desde 1999, por meio da Interligação Norte-Sul. As Centrais Elétricas Brasileiras S.A.-Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletrobras-Eletronorte) implementaram, no estado, um sistema com 2.387 km de linhas de transmissão nas tensões de 230 kV e 500 kV, com capacidade de transporte de até 4.100 MW, com oito subestações e 6.157 MVA de transformação. A capacidade de transmissão e a qualidade da energia fornecida pela Eletrobras-Eletronorte possibilitaram a instalação de importantes empreendimentos na região da Grande São Luís. Entre eles está o complexo ALUMAR, que, com uma demanda média de consumo da ordem de 576 GWh/mês, constitui um dos maiores consumidores individuais de energia elétrica do País (<http://www.eletronorte.gov.br/opencms/opencms/pilares/transmissao/estados/maranhao/>).

Atualmente a Eletrobras-Eletronorte atende a 99% da demanda de energia elétrica do estado, a qual é fornecida principalmente pela Usina Hidrelétrica Tucuruí (PA). Outras fontes de suprimento são as usinas do sistema CHESF (Companhia Hidrelétrica do São Francisco) no Nordeste e as usinas da Região Sudeste além das usinas hidrelétricas situadas no Médio Tocantins (<http://www.eletronorte.gov.br/opencms/opencms/pilares/geracao/estados/maranhao/>).

Novos fatores deverão entrar em campo, alterando radicalmente a atratividade do subsetor no estado: petróleo, gás e energia elétrica de fontes hídras, térmicas e eólicas, deverão transformar a matriz energética do estado em questão, o que amplia fortemente a competitividade de vários segmentos industriais (IMESC, 2013).

A Tabela 2.8 exibe o consumo total de energia em MWh, por classe, segundo as regiões de planejamento e municípios do Maranhão, no ano de 2004 (Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, 2010).

2.4.6- Saúde

Segundo o Ministério da Saúde, grande parte dos habitantes do Maranhão não tem acesso a saneamento básico. Na área rural, apenas 15,4% da população conta com esgoto sanitário. Mesmo na capital, São Luís, o índice é de 50,5%, bem abaixo da média brasileira, a qual é de 63,9%.

De acordo com o levantamento do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), feito em 1999, este estado, incluindo a região metropolitana em questão, apresentava alto índice de desnutrição entre crianças de até 5 anos (http://www.portalbrasil.net/estados_ma.htm).

Os dados gerais da saúde para o Maranhão são: **Mortalidade infantil:** 37,9 por mil nascimentos em 2008; **Médicos:** 4,4 por 10 mil habitantes em 2005; e **Estabelecimentos de saúde:** para atender a toda a demanda do estado durante o ano de 2009 era de 2.621 unidades (http://www.portalbrasil.net/estados_ma.htm).

A Tabela 2.9 exibe o número de Estabelecimentos de Saúde, públicos e privados, existentes entre os anos de 2006 e 2008, para cada um dos municípios inseridos na área deste projeto.

Podemos observar nessa tabela, que entre os anos de 2006 e 2008, praticamente, não houve variação no total de Estabelecimentos Públicos de Saúde, ou seja, o investimento na construção desses estabelecimentos públicos foi muito baixo, quase nulo. No entanto, se observarmos os números apresentados, no mesmo período, para os estabelecimentos privados de saúde, notaremos que houve um acréscimo de 41,35%. Esse fato constatado é mero reflexo do que ocorre com a saúde pública no país. Outro fato que chama a atenção é que os municípios de Raposa, Alcântara, Axixá e Icatu perderam estabelecimentos públicos nesse período. Ainda, o município de São Luís, sozinho, responde por 53,09% e 97,16%, respectivamente, dos estabelecimentos públicos e privados de saúde, desta região metropolitana.

2.4.7- Saneamento Básico e Abastecimento

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS, apud GUIMARÃES, 2007), apud Guimarães (2007), "saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social."

A Organização das Nações Unidas (ONU) coloca o acesso à água potável e ao saneamento básico como um direito humano essencial (MASULLO; RIBEIRO; SANTOS, 2013).

Em 2007 foi criada a Lei do Saneamento Básico (Lei 11.445/2007), que prevê a universalização dos serviços de abastecimento de água, rede de esgoto e drenagem de águas pluviais, além da coleta de lixo para garantir a saúde da população (MASULLO; RIBEIRO; SANTOS, 2013).

Tabela 2.8 – Consumo total de energia em MWh, por classe, segundo as regiões de planejamento e municípios. Maranhão 2004 (Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, 2010).

Regiões de Planejamento e Municípios	Classe								Total
	Resid.	Industr.	Comerc.	Rural	Ilum. Pública	P. Público	S. Público	Próprio	
Região da Ilha do Maranhão	369.930	81.424	280.640	3.767	59.575	80.86	36.710	3.155	915.587
Paço do Lumiar	16.814	291	2.663	1.156	3.457	973	3.046	23	28.424
Raposa	2.238	500	692	77	829	492	464	-	5.292
São José de Ribamar	24.427	2.853	7.219	1.320	6.473	1.401	5.862	39	49.594
São Luís	326.450	77.780	270.066	1.213	48.816	77.521	27.338	3.093	832.278
Região do Pericumã	24.178	1.052	5.942	466	5.429	6.422	2.105	65	45.658
Alcântara	1.942	16	351	15	607	3.428	485	11	6.855
Região do Baixo Itapecuru	17.092	4.605	3.633	1.613	3.918	2.005	2.600	50	33.421
Itapecuru Mirim	7.887	4.392	1.956	846	1.880	1.107	956	40	19.064
Santa Rita	2.550	100	676	476	754	297	577	6	5.437
Região do Baixo Munim	9.317	17.960	2.361	319	2.101	1.482	48.037	39	81.615
Axixá	780	8	151	28	316	138	89	2	1.511
Bacabeira	1.215	15.873	403	141	152	260	46.731	-	64.775
Cachoeira Grande	245	3	13	-	73	37	-	-	372
Icatu	858	11	134	1	490	149	42	1	31.687
Morros	737	8	253	3	221	100	241	1	1.565
Pres. Juscelino	620	5	72	3	205	134	128	0	1.166
Rosário	4.862	2.052	1.335	142	645	664	805	35	10.540

Tabela 2.9 – Número de Estabelecimentos de Saúde, públicos e privados, existentes entre os anos de 2006 e 2008, para cada um dos municípios contemplados nesse projeto (Anuário Estatístico do Maranhão, IMESC, 2010).

Municípios	Estabelecimentos de Saúde					
	Públicos			Privados		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Paço do Lumiar	9	10	11	5	5	5
Raposa	8	7	7	2	2	2
São José de Ribamar	25	28	31	6	6	6
São Luís	118	117	120	383	478	548
Alcântara	26	15	18	-	-	-
Bacabeira	10	10	10	-	-	-
Rosário	6	6	6	2	3	3
Santa Rita	20	23	23	1	-	-
Total da Região Metropolitana	222	216	226	399	494	564
Axixá	9	8	8	-	-	-
Cachoeira Grande	2	2	2	-	-	-
Icatu	15	14	11	-	-	-
Itapecuru Mirim	33	35	36	5	5	4
Morros	6	6	6	1	1	1
Presidente Juscelino	4	4	4	-	-	-
Total dos municípios do entorno	69	69	67	6	6	5
TOTAL	291	285	293	405	500	569

Entre 2000 e 2010, de acordo com análise dos dados do IBGE houve uma evolução, em todo o Brasil, nesses aspectos do saneamento básico. Na Tabela 2.10, observa-se a ampliação dos domicílios atendidos por estes serviços (MASULLO; RIBEIRO; SANTOS, 2013).

Na tabela 2.10, nota-se que o Maranhão possui apenas 11,6% de seus domicílios com rede de esgoto e 15% com fossas sépticas, o que resulta em 73,4% da população maranhense utilizando outros meios para eliminar o esgoto gerado, seja através de lançamentos em rio, valas, mar ou até mesmo enterrando os dejetos.

Muitas capitais apresentam indicadores muito ruins de saneamento básico, conforme registra a Tabela 2.11 que contém os principais indicadores para as capitais brasileiras. Nela verificamos que São Luís fica está na 78ª posição dentre as 100 cidades melhores colocadas no ranking de saneamento – 2015.

Em relação ao esgoto coletado, apenas seis capitais têm índice acima de 80%, com destaque para Belo Horizonte (100%) e Curitiba (99,07%). Há capitais da Região Norte com atendimento abaixo de 10%: Manaus (8,85%), Belém (7,09%), Macapá (5,95%) e Porto Velho (2,72%).

Em relação ao tratamento, a situação é ainda mais dramática. A capital que tem melhor desempenho, de acordo com o Ministério das Cidades, é Curitiba (88,44%). Por outro lado, 19 capitais têm níveis de tratamento abaixo de 50%: ou seja, para cada 10 litros de esgoto que produzem apenas cinco são tratados.

A Tabela 2.12 mostra a série histórica para o atendimento em coleta de esgoto das Capitais, no período entre 2009 e 2013. Nela constatamos que São Luís avançou, apenas, 2,34% em termos de população atendida por coleta de esgoto, no período citado.

Tabela 2.10 - Porcentagem dos domicílios atendidos pelos serviços em 2000/2010 - IBGE, 2000/2010 (MASULLO; RIBEIRO; SANTOS, 2013).

SERVIÇOS	Brasil (%)		Nordeste (%)		Maranhão (%)	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010
Rede Geral de abastecimento de água	65,0	82,0	68,0	68,0	55,0	65,8
Poços ou nascentes na propriedade	16,0	10,0	16,0	8,0	30,0	16,0
Rede de esgoto	47,0	55,0	26,0	33,9	9,8	11,6
Fossas Sépticas	15,0	12,0	13,0	11,0	15,0	15,0
Coleta de Resíduos	70,0	87,0	68,0	62,0	35,9	55,0

Tabela 2.11 – Principais indicadores de saneamento básico para as capitais brasileiras (<http://www.tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2015>). Nota: Os valores dos investimentos foram atualizados a preços constantes de 2013.

Posição no Ranking	Município	UF	População	Água	Coleta	Tratamento	Perdas de Faturamento	Soma dos investimentos 2009-2013
5	Curitiba	PR	1.848.946	100,0	99,1	88,4	30,6	474.713.136
19	Belo Horizonte	MG	2.479.165	100,0	100,0	67,4	34,3	997.593.007
28	Goiânia	GO	1.393.575	99,6	79,5	63,5	34,2	557.128.228
32	Campo Grande	MS	832.352	98,4	69,8	51,7	36,2	414.140.678
34	São Paulo	SP	11.821.873	99,2	96,1	51,5	35,0	5.001.498.414
36	Brasília	DF	2.789.761	98,2	82,7	66,1	27,0	787.228.917
37	Salvador	BA	2.883.682	93,5	77,7	77,7	52,5	341.778.407
42	Vitória	ES	348.268	96,4	60,4	58,1	23,3	660.560.680
44	Porto Alegre	RS	1.467.816	100,0	89,4	15,5	47,6	824.109.548
49	Florianópolis	SC	453.285	100,0	55,1	46,6	24,6	217.793.033
53	Fortaleza	CE	2.551.806	91,0	48,5	48,5	34,0	694.088.581
54	Boa Vista	RR	308.996	97,7	39,1	39,1	56,9	326.713.893
56	Rio de Janeiro	RJ	6.429.923	91,4	81,0	47,2	54,5	890.603.436
64	João Pessoa	PB	769.607	95,3	49,0	49,0	43,0	119.649.898
66	Recife	PE	1.599.513	83,0	36,4	36,4	56,7	1.734.508.061
68	Aracaju	SE	614.577	99,2	33,7	33,7	48,4	417.920.225
70	Cuiabá	MT	569.830	93,0	35,3	28,0	64,5	296.417.945
76	Natal	RN	853.928	94,8	35,6	27,3	47,1	203.524.511
77	Maceió	AL	996.733	94,7	37,3	37,3	59,5	24.799.269
78	São Luís	MA	1.053.922	90,2	48,8	8,5	68,6	93.175.657
84	Rio Branco	AC	357.194	49,0	20,2	20,2	60,2	106.102.114
89	Teresina	PI	836.475	92,8	17,9	14,6	49,3	405.038.809
92	Manaus	AM	1.982.177	82,8	8,9	8,9	75,6	246.271.414
93	Belém	PA	1.425.922	73,3	7,1	1,9	45,7	325.167.363
96	Macapá	AP	437.256	38,8	6,0	6,0	73,9	41.067.504
100	Porto Velho	RO	484.992	30,8	2,7	0,0	68,9	100.221.594
-	Palmas	TO	257.904	90,0	43,5	32,4	27,5	119.740.147

Tabela 2.12 – Série histórica do atendimento em coleta de esgoto das capitais brasileiras (<http://www.tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2015>).

Município	População atendida por coleta de esgoto (%)					Evolução (p.p.)
	2009	2010	2011	2012	2013	
Curitiba	87,19	93,04	95,51	98,48	99,07	11,88
Belo Horizonte	100	100	100	100	100	0
Goiânia	81,21	76,64	76,42	79,8	79,48	-1,73
Campo Grande	59,35	60,26	61,28	68,42	69,75	10,4
Brasília	93,71	93,71	93,71	81,97	82,73	-10,98
São Paulo	90,67	96,12	96,13	96,13	96,13	5,46
Salvador	70,37	76,01	79,2	82,68	77,7	7,33
Porto Alegre	100	87,7	88	88,2	89,4	-10,6
Florianópolis	49,66	53,91	56,45	53,11	55,1	5,44
Vitória	58,8	60,36	62,78	59,64	60,37	1,57
Fortaleza	46,17	48,3	53,63	49,43	48,53	2,36
Rio de Janeiro	68,65	70,12	77,85	78,25	80,95	12,3
Boa Vista	18,88	18,7	29,31	39,08	39,08	20,2
João Pessoa	46,23	45,06	66,49	49,14	49,03	2,8
Recife	38,61	35,16	35,54	36,62	36,36	-2,25
Aracaju	34,58	33,62	35,89	33,49	33,74	-0,84
Cuiabá	39,4	39,9	39,9	38,36	35,32	-4,08
Maceió	31,54	34,37	35,36	38,75	37,3	5,76
São Luís	46,42	45,71	45,57	47,09	48,76	2,34
Natal	31,77	32,84	33,08	37,49	35,59	3,82
Rio Branco	20,33	20,24	19,87	23,79	20,17	-0,16
Teresina	14,78	15,22	16,02	16,33	17,87	3,09
Belém	6,68	7,7	8,05	7,19	7,09	0,41
Manaus	12,06	21,28	26,84	27,49	8,85	-3,21
Macapá	6,78	5,56	6,06	6,04	5,95	-0,83
Porto Velho	2,05	1,52	2,71	2,21	2,72	0,67
Palmas	48,6	49,19	47,73	50,99	43,52	-5,08

Quando se trata da série histórica para o tratamento de esgoto em relação à água consumida nas capitais, no mesmo período (2009 a 2013), a Tabela 2.13 mostra valor negativo para a cidade de São Luís (-8,75%) (<http://www.tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2015>).

Os serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário na cidade de São Luís, pólo central da RMSL, são realizados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA).

Quanto aos demais municípios integrantes desse projeto, não existem no momento, dados precisos. As Tabelas 2.14, 2.15 e 2.16 apresentam,

respectivamente, as Proporções de Moradores por Tipo de Abastecimento de Água, por Tipo de Instalação Sanitária, e por Tipo de Destino de Lixo, em 1991 e 2000, segundo os Censos do IBGE (IBGE/ Censos Demográficos).

A quase inexistência da rede de esgoto é clara, quando se observa que no período de 10 anos, a maior parte dos municípios continua com menos de 2% do percentual de seus domicílios com acesso à rede de esgoto. Portanto a utilização do esgotamento sanitário ainda é incipiente. O maior percentual de domicílios com rede de esgoto é registrado em São Luís com 40,6% no ano de 2000.

Tabela 2.13 - Série histórica do tratamento de esgoto em relação à água consumida

Município	Tratamento de esgoto em relação à água consumida (%)					Evolução (p.p.)
	2009	2010	2011	2012	2013	
Curitiba	82,95	86,28	87,18	88,26	88,44	5,49
Belo Horizonte	49,42	55,07	59,08	64,48	67,39	17,97
Goiânia	65,15	64,32	62,73	61,34	63,45	-1,7
Campo Grande	47,84	54,15	48,21	48,57	51,69	3,85
Brasília	70,92	64,36	65,57	66,42	66,13	-4,79
São Paulo	58,29	54,17	50,26	52,15	51,47	-6,82
Salvador	70,37	76,01	79,2	82,68	77,7	7,33
Porto Alegre	17,38	16,37	16,38	15,83	15,52	-1,86
Florianópolis	40,66	40,33	40,68	38,97	46,59	5,93
Vitória	45,27	40,77	39,72	45,67	58,09	12,82
Fortaleza	46,17	48,3	51,77	47,58	48,53	2,36
Rio de Janeiro	68,65	53,24	51,92	50,02	47,18	-21,47
Boa Vista	18,88	18,7	22,97	39,08	39,08	20,2
João Pessoa	0	45,06	55,78	49,14	49,03	3,97
Recife	38,61	35,16	35,54	36,62	36,36	-2,25
Aracaju	34,58	33,62	35,89	33,49	33,74	-0,84
Cuiabá	22,24	21,9	22,03	0	28,04	5,8
Maceió	31,54	34,37	35,36	38,75	37,3	5,76
São Luís	17,23	11,34	7,98	4,03	8,48	-8,75
Natal	0	16,93	33,08	26,86	27,34	10,41
Rio Branco	20,33	20,24	19,87	23,79	20,17	-0,16
Teresina	14,78	13,87	16,02	14,73	14,6	-0,18
Belém	1,53	1,84	1,56	2,24	1,87	0,34
Manaus	12,06	21,28	22,86	24,33	8,85	-3,21
Macapá	0	0	6,06	6,04	5,95	-0,11
Porto Velho	0	0	0	0	0	0
Palmas	35,02	35,77	35,47	32,64	32,38	-2,64

2.4.8- Comunicação

Tratando-se de comunicação, a Região Metropolitana de São Luís e os municípios do entorno, contemplados nesse projeto, contam com serviço postal, serviços de telefonia fixa (através da TELMAR S/A) e móvel (por meio de outras empresas do setor), serviços de radiodifusão, além de algumas emissoras locais.

Segundo levantamento feito pelo site G1, baseado em dados da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), a reportagem publicada em setembro de 2013, revela que 37% das cidades bra-

sileiras eram atendidas por uma única empresa de telefonia móvel. Piauí, Maranhão, Tocantins e Roraima são os estados com mais cidades atendidas por uma única companhia (<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2013/09/no-brasil-37-das-cidades-sao-atendidas-por-1-so-empresa-de-celular.html>). O Maranhão é o penúltimo no *ranking* de qualidade destes serviços. Dos 217 municípios maranhenses, 156 têm apenas uma operadora de telefonia móvel à disposição da população, equivalendo a mais de 71% dos municípios do estado. A deficiência no quesito telecomunicações no estado não é apenas nos serviços de telefonia móvel.

Tabela 2.14 - Proporção de Moradores por Tipo de Abastecimento de Água, segundo os Censos do IBGE (IBGE/Censos Demográficos).

Município	Proporção de Moradores por Tipo de Abastecimento de Água																											
	Alcântara		Aixá		Bacabeira		C. Grande		Icatu		Itap. Mirim		Morros		P. Lumiar		P. Juscelino		Raposa		Rosário		Santa Rita		S. J. Ribamar		São Luís	
	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000
Ano	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000
Rede geral	10,0	44,3	10,9	15,1	-	51,3	-	0,9	9,1	7,6	47,1	53,7	3,9	30,4	68,8	61,8	11,4	31,1	-	73,5	41,2	67,2	23,5	46,2	48,8	70,6	83,9	79,4
Poço ou nascente (na propriedade)	73,1	45,2	14,3	36,9	-	33,4	-	35,9	24,8	31,6	19,4	31,9	4,5	38,1	16,8	13,1	0,6	35,1	-	11,1	16,3	20,1	36,1	31,1	24,4	13,8	8,0	8,1
Outra forma	16,9	10,5	74,8	48,0	-	15,3	-	63,2	66,1	60,8	33,5	14,4	91,6	31,5	14,4	25,1	88,0	33,8	-	15,4	42,4	12,7	40,4	22,7	26,8	15,6	8,0	12,5

Tabela 2.15 - Proporção de Moradores por Tipo de Instalação Sanitária, segundo os Censos do IBGE (IBGE/Censos Demográficos).

Município	Proporção de Moradores por tipo de Instalação Sanitária																												
	Alcântara		Aixá		Bacabeira		C. Grande		Icatu		Itap. Mirim		Morros		P. Lumiar		P. Juscelino		Raposa		Rosário		Santa Rita		S. J. Ribamar		São Luís		
	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	
Ano	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	
Rede geral de esgoto ou pluvial	-	0,3	-	-	-	0,2	-	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	-	0,1	42,0	37,0	-	0,1	-	0,3	-	0,5	-	0,0	-	-	8,4	41,2	40,6
Fossa séptica	3,3	12,4	4,1	5,0	-	8,9	-	2,5	0,0	1,1	15,1	26,5	14	0,3	6,4	16,2	3,7	0,9	-	7,5	13,1	3,9	7,5	0,4	9,3	31,6	11,8	11,0	
Fossa rudimentar	38,5	47,5	16,3	27,7	-	12,8	-	2,5	7,1	23,2	34,3	22,7	10,6	24,2	32,6	26,3	5,0	14,1	-	32,2	30,3	60,8	36,4	31,6	74,0	37,5	29,2	25,8	
Vala	2,2	2,0	0,1	7,7	-	0,8	-	0,2	0,8	4,8	0,0	3,3	0,0	7,3	3,8	3,5	-	15,1	-	6,4	8,6	10,3	0,5	7,4	19	13	6,1	5,0	
Rio, lago ou mar	-	0,5	-	0,9	-	-	-	0,0	0,0	1,6	0,0	0,2	-	-	-	0,1	-	0,1	-	8,4	-	0,6	-	-	-	0,8	-	2,0	
Outro escoadouro	0,1	0,7	3,3	4,9	-	0,2	-	1,7	410	22,6	0,0	0,5	-	0,5	0,6	0,3	0,0	1,1	-	8,9	2,4	0,6	4,2	0,4	1,6	0,6	1,6	0,9	
Não sabe o tipo de escoadouro	-	-	0,3	-	-	-	-	-	0,2	0,0	0,0	0,0	-	-	0,0	-	0,0	-	-	-	0,1	-	-	-	0,0	-	0,1	-	
Não tem instalação sanitária	55,9	36,6	75,9	53,8	-	77,1	-	93,0	510	46,5	50,5	46,7	87,9	67,6	14,5	16,6	91,3	68,6	-	36,4	45,4	23,3	51,4	60,1	13,3	19,7	9,9	14,7	

Tabela 2.16 - Proporção de Moradores por Tipo de Destino de Lixo, segundo os Censos do IBGE (IBGE/Censos Demográficos).

Município	Proporção de Moradores por Tipo de Destino de Lixo																											
	Aicântara		Aixá		Bacabeira		C. Grande		Icatu		Itap. Mirim		Morros		P. Lumiar		P. Juscelino		Raposas		Rosário		Santa Rita		S. J. Ribamar		São Luís	
	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000
Coletado	5,5	16,9	0,1	0,4	-	0,4	-	0,2	0,0	4,9	12	23,2	-	0,3	45,0	30,3	-	3,4	-	13,4	2,4	32,1	0,4	5,9	18,9	29,7	56,2	73,1
Queimado (na propriedade)	5,2	29,8	7,1	50,6	-	52,7	-	44,6	9,4	38,1	26,4	43,4	10,0	28,5	30,2	40,1	11,3	23,0	-	46,4	37,5	36,3	40,7	64,9	41,9	48,3	14,6	11,2
Enterrado (na propriedade)	0,1	2,0	0,5	3,7	-	1,4	-	4,3	0,8	6,4	2,8	2,6	4,6	17,2	5,7	3,9	0,6	6,7	-	18,3	6,4	5,8	2,3	3,2	11,5	3,9	2,3	1,2
Jogado	76,8	50,7	15,4	42,6	-	45,4	-	45,7	30,5	48,3	35,6	28,9	83,0	50,1	18,4	23,9	8,5	66,7	-	21,0	51,0	24,8	30,8	23,7	21,3	16,9	25,7	13,7
Outro destino	12,4	0,6	76,8	2,7	-	0,1	-	5,2	59,4	2,4	33,9	1,9	2,4	3,9	0,6	1,8	79,5	0,2	-	0,9	2,7	1,0	25,8	2,3	6,4	1,2	0,9	

Em maio de 2014, um estudo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revelou que o Maranhão é o último colocado no quesito inclusão digital (<http://www.maranhaodagente.com.br/maranhao-apresenta-um-dos-maiores-indices-de-monopolio-para-os-servicos-de-telefoniamovel/>).

Em pesquisa feita, em 2012 e divulgada em 2013, pelo IBGE, a conexão de internet, via *Wi-Fi*, era fornecida por apenas 14,3%, ou seja, 795 das prefeituras das cidades brasileiras. Além de ser ofertado por um grupo reduzido de municípios, o serviço também era restrito a algumas localidades dentro da própria cidade.

2.4.9 - Educação

Apesar dos avanços obtidos nos últimos anos conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) publicados em 2009, o Maranhão possui o maior número de crianças, entre oito e nove anos de idade, analfabetas no país. Quase 40% das crianças maranhenses nessa faixa etária não sabem ler e escrever, enquanto que a média nacional é de 11,% (http://www.portalbrasil.net/estados_ma.htm).

No entanto, o grau de escolaridade médio da população ocupada no Maranhão registrou significativos avanços na última década convergindo para a média nacional segundo Holanda e Anchieta Junior (2012), (<http://www.coreconpr.org.br/wp-content/uploads/2015/10/c2.pdf>).

Ultimamente, gestões estadual e municipal promoveram medidas para melhora dos índices educacionais e garantia de qualidade do ensino. No ensino estadual, uma das propostas é a associação do ensino médio à educação profissionalizante. É prevista a criação de cinco institutos profissionalizantes.

Atualmente, em São Luís, ao menos 20 obras estão em pleno andamento nos prédios da rede estadual de ensino, sendo 14 escolas e seis bibliotecas faróis da educação, cujas obras são financiadas pelo BNDES e estavam paralisadas desde a gestão passada, aguardando aprovação do banco para liberação do recurso.

O desenvolvimento da Política de Educação Integral preconizado pelo governo estadual, também contempla a capital maranhense (Programa Escola digna). O Governo do Maranhão, por meio da Secretaria de Estado da Educação (SEDUC), prevê implantar no ano de 2016, dois Centros de Educação Integral de Ensino Médio na área desta região metropolitana (<http://www.ma.gov.br/educacao-e-qualificacao-profissional-entre-as-prioridades-do-governo-do-ma-para-sao-luis/>).

No momento a capital maranhense possui uma grande quantidade de escolas públicas e particulares, além de universidades, faculdades e institutos federais. Dados de 2008 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram que a cidade

de de São Luís possuía, naquele ano, 474 escolas de primeiro e segundo grau de, 400 escolas pré-escolas além de 133 instituições de ensino profissionalizante. Atualmente, as principais instituições de ensino sediadas em São Luís são a Universidade Federal do Maranhão, a Universidade Estadual do Maranhão, a Universidade Virtual do Maranhão e o Instituto Federal do Maranhão, além de importantes instituições particulares de ensino superior, como o Centro Universitário do Maranhão, a Faculdade São Luís, a Faculdade Atenas Maranhense (FAMA), a Faculdade Santa Terezinha (CEST), a Faculdade do Maranhão (FACAM), o Instituto de Estudos Superiores do Maranhão (IESEMA), a Universidade Vale do Acaraú (UVA-IDEM), o Centro Universitário UNISEB COC e a Fundação Getúlio Vargas (FGV).

2.5 - DÉFICIT HABITACIONAL DESTA REGIÃO METROPOLITANA

As informações mais recentes sobre as necessidades habitacionais no país, ou seja, o estudo mais atualizado sobre o “Déficit Habitacional no Brasil” é o de 2008. Obtido de acordo com a metodologia da Fundação João Pinheiro (FJP) em parceria com a Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD).

Em 2007, de acordo com um estudo realizado pela Fundação Getúlio Vargas, o Maranhão era o estado com o maior déficit habitacional relativo do país. O Maranhão apresentava um índice de 38,1%, ou seja, a média do déficit maranhense era quase três vezes maior do que a nacional, de 14,6%, enquanto a da região Metropolitana de São Luís era de 12,6%.

O déficit habitacional acumulado do estado é estimado em 544 mil moradias, em 2010, indicando a necessidade de construção de novas residências. Destaque-se que o déficit habitacional na área rural é de 284,5 mil moradias, superando, em termos absolutos, o déficit habitacional urbano cujo montante é de 259,5 mil moradias.

A análise da situação socioeconômica da população de São Luís mostra um crescimento populacional que não é acompanhado das condições de vida digna às pessoas em decorrência de problemas estruturais como: grande contingente populacional vivendo em situação de pobreza; alto índice de famílias sem renda fixa e qualificação profissional; e o grande déficit habitacional ocasionando ocupações desordenadas em áreas de riscos pessoais e sociais, situações que geram demandas para o serviço da Assistência Social no município, exigindo adoção de estratégias para enfretamento e condições para os atendimentos. Segundo o IBGE a região metropolitana de São Luís no Maranhão é a 3ª com maior proporção de habitantes vivendo em áreas ocupadas irregularmente e com serviços ou urbanização precários.

2.6 - PRINCIPAIS PROJETOS DE INFRAESTRUTURA PREVISTOS PARA A RMSL

Com a Criação do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, uma série de projetos de investimentos da área de infraestrutura foi aprovada, para os municípios abrangidos nesse projeto, os mesmos contando os mesmos, com volumes financeiros consideráveis, que certamente irão demandar quantidades expressivas de matérias-primas minerais para construção civil nos próximos anos.

De um total de 356 obras previstas para serem executadas por este programa (Tabela 2.17), os municípios da RMSL (taxados em rosa) respondem por 78,65%, enquanto os municípios do entorno (taxados em verde) por 21,35%, respectivamente. Com aproximadamente 166 obras, a capital São Luís responde sozinha por 46,63% do total de obras do PAC apresentadas para todos os municípios desse projeto.

Devido à dimensão das obras do PAC listadas para os municípios inseridos na área deste projeto, fica clara a necessidade de materiais de construção civil para a execução das obras nesta região metropolitana.

Entre as principais obras do PAC para os municípios da área em apreço, podemos citar: PAC Rio Anil; duplicação da BR 135, vital para o Maranhão,

pois se trata da única entrada para a Ilha de São Luís, capital do estado; reforma concluída, de dois prédios do Centro Histórico inseridos no PAC das Cidades Históricas; Grande Anel e Corredor Metropolitano - São Luís; e Terminal de Grãos do Maranhão (TEGRAM) no Porto Organizado do Itaqui, em São Luís, já concluído.

São Luís já recebeu 77 km de nova pavimentação com o Programa Mais Asfalto, criado pelo governo estadual, recentemente, por meio de parceria entre as Prefeituras e a Secretaria de Estado de Infraestrutura (SINFRA).

Já foram executados em São Luís, a pavimentação de 52% da área prevista no edital (<http://www.sinfra.ma.gov.br/2016/06/06/sao-luis-ja-recebeu-77-km-de-nova-pavimentacao-com-o-mais-asfalto/>).

Em 2010, a produção mineral do Maranhão se resumia, praticamente, à extração de areia, argilas, água mineral, calcário, caulim, gipsita, rochas britadas e cascalho (O Estado do Maranhão – http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=111694). Em contrapartida, os grandes empreendimentos como Carajás, ALUMAR, Porto do Itaqui, pólo gusa, construção civil, entre outros, têm o mérito de apontarem para o futuro que se aproxima, com um possível novo surto de crescimento econômico para o Estado do Maranhão (DOURADO; BOCLIM, 2008).

Tabela 2.17 - Obras do PAC nos municípios da RMSL (taxados em rosa) e municípios do entorno (taxados em verde) (<http://www.pac.gov.br/estado/ma>).

UF	Área do PAC	Tipo de Obra	São Luís	São José de Ribamar	Paço do Lumiar	Raposa	Alcântara	Bacabeira	Rosário	Santa Rita	Axixá	Cachoeira Grande	Icatu	Itapecuru Mirim	Morros	Presidente Juscelino	Total/obras
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Saneamento	Saneamento, Abastecimento de água, SAA e SES	10	1	1	0	5	0	0	1	0	2	2	12	1	1	36
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Unidade de Pronto Atendimento	Unidade de Pronto Atendimento - UPA	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Unidade Básica de Saúde	Unidade Básica de Saúde - UBS	0	15	11	3	0	2	7	7	2	3	3	9	10	1	73
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Creches e Pré-escolas	Creches e Pré-escolas	27	7	6	2	1	0	2	2	1	0	0	4	1	1	54
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Quadras Esportivas nas Escolas	Quadras Esportivas nas Escolas	31	5	14	4	2	0	3	2	2	2	3	7	1	2	78
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Centro de Iniciação ao Esporte - CIE	Centro de Iniciação ao Esporte - CIE	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
MA	Infraestrutura Energética - Transmissão de Energia Elétrica	Transmissão de Energia Elétrica	1	1*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Mobilidade Urbana	VLT, BRT, corredor de ônibus	14	1*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
MA	Infraestrutura Logística	Aeroporto	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
várias	Infraestrutura Logística	Porto	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
várias	Infraestrutura Logística	Porto	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Pavimentação	Pavimentação	3	1	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	11
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Prevenção de Áreas de Risco	Drenagem	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Infraestrutura Turística	Sinalização turística	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Urbanização de Assentamentos Precários	Urbanização e Habitação	7	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	13
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Centro de Artes e Esportes Unificados	Praça Modelo 7.000m ²	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MA	Infraestrutura Social e Urbana - PAC Cidades Históricas	Restauração	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Cidades Digitais	Cidade Digital	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
MA	Infraestrutura Social e Urbana - Programa Mulher Viver sem Violência	Casa da Mulher Brasileira	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
várias		Bacia Sedimentar	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
várias		Levantamentos Geológicos e Hidrogeológicos	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Total			166	29	37	10	8	3	13	14	6	7	8	33	15	7	356

3 – CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 - COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA

A Região Metropolitana de São Luís (RMSL) e Entorno, no Estado do Maranhão, localiza-se na porção norte da Plataforma Sul-Americana (ALMEIDA et al., 2000) e está incluída, principalmente, na Província Parnaíba (ALMEIDA; HASUI; BRITO NEVES, 1976;

HASUI et al.,1984). Na área contemplada por esse projeto, três dos quatro domínios tectônicos considerados no Mapa Geológico do Estado do Maranhão (KLEIN; SOUSA, 2012) se fazem presentes. São eles: Fragmento Cratônico São Luís, Bacias Sedimentares Fanerozoicas e Coberturas Superficiais Cenozoicas - não estando representado na área desse projeto, somente, o Cinturão Gurupi (Figura. 3.1).

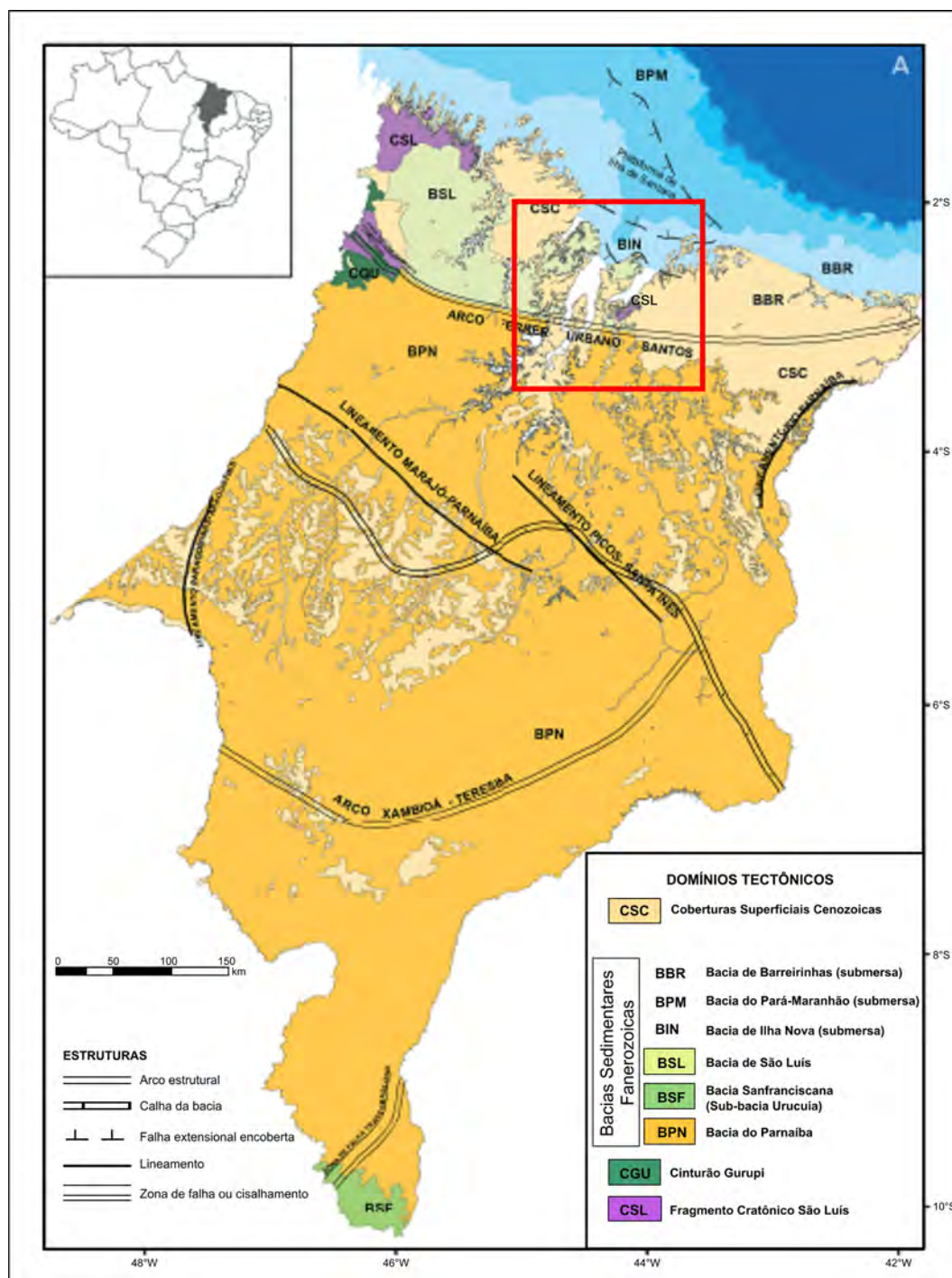


Figura 3.1 – Mapa de Domínios Tectônicos do Estado do Maranhão, com a área do projeto (em vermelho). Adaptado de Klein; Sousa (2012).

Nessa figura, observamos que a sul da capital São Luís, em meio à cobertura sedimentar fanerozoica, afloram, como janelas tectônicas e erosivas, rochas pré-cambrianas relacionadas ao Fragmento Cratônico de São Luís. Os terrenos pré-cambrianos são, entretanto, bastante limitados em termos de distribuição espacial, pois a área representada por essas rochas não passa de 1% da área total desse projeto. Enquanto isso, a área, constituída pelas bacias e coberturas sedimentares fanerozoicas, chega a 99% da área do projeto em questão.

3.1.1 - Fragmento Cratônico São Luís

Interpretado como parte constituinte de um orógeno maior com evolução no Riáciano, cuja maior porção encontra-se, hoje, no Cráton Oeste-Africano, representa, portanto, um fragmento deste orógeno, que permaneceu no continente sul-americano após a América do Sul e África se separarem no Mesozoico (KLEIN; MOURA, 2008 e suas referências). Composto por rochas metavulcanosedimentares e rochas vulcânicas, que constituem as bacias de arcos de ilha e/ou magmáticos, e por conjuntos de granitoides que se distribuem nas suítes plutônicas pré, sin e pós-colisionais.

Provavelmente, os granitoides da Suíte Intrusiva Rosário, que ocorrem como plútons isolados ao sul da capital São Luís, pertençam à associação formada por tonalitos, granodioritos e granitos de idade entre 2168 e 2147 Ma, pré-colisionais. Essa associação é interpretada como uma série cálcico-alcálica juvenil formada em ambiente de arcos de ilhas intraoceânicos (KLEIN; MOURA, 2001; KLEIN et al., 2005b, 2008b).

3.1.2 - Bacias Sedimentares Fanerozoicas

Os diferentes estágios de evolução da Plataforma Sul-Americana foram responsáveis pela tectônica de formação, pelo preenchimento, eventos magmáticos associados e pelas reativações tectônicas atuantes nas bacias fanerozoicas. A evolução dessas bacias iniciou-se após a consolidação de uma plataforma pós-orogênica do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, no limite Neoproterozoico-Cambriano. Formaram-se neste período *rifts* intracontinentais, sucedidos pela formação de grandes sinéclises intracratônicas paleozoicas, com transgressões e regressões marinhas (final do Ordoviciano até o final do Permiano), marcando o Estágio de Estabilização da Plataforma Sul-Americana. Seguiu-se, então, período de calma tectônica. Quando da abertura do Oceano Atlântico, no Mesocenozoico, iniciou-se o Estágio de Reativação, com pulsos de magmatismo básico do Neotriássico ao Eocretáceo, formação de *rifts* abortados e recobrimento das sinéclises paleozoicas. A partir do Neocretáceo, são formadas bacias divergentes na margem continental atlântica, com magmatismo

toleítico e alcalino associado (ALMEIDA et al., 2000; MILANI; TOMAZ FILHO, 2000; BRITO NEVES, 2002; ALMEIDA; CARNEIRO, 2004; ZALÁN, 2004).

No norte do Brasil temos como bacias fanerozoicas, as bacias do Acre, Solimões, Amazonas, Alto Tapajós, Tacutu, Foz do Amazonas e Marajó, na região amazônica e na porção centro norte, as bacias do Parnaíba/Grajaú, Bragança-Viseu, São Luís, Ilha Nova, Pará-Maranhão e Barreirinhas. Na área desse projeto ocorrem a Bacia do Parnaíba (bacia intracratônica) e as bacias de São Luís e Ilha Nova (bacias de *rifts* costeiros).

3.1.2.1 - Bacias Intracratônicas

Das grandes bacias paleozoicas interiores da Plataforma Sul-Americana formadas no Estágio de Estabilização (ALMEIDA, 1967; ALMEIDA; NEVES; CARNEIRO, 2000), somente a Bacia do Parnaíba ocorre no Maranhão e na área do projeto. Sua evolução como uma sinéclise, deu-se durante o Paleozoico. Contudo, sua história se estendeu ao Mesozoico (Triássico-Cretáceo), estando registrada pela presença de sedimentos e magmatismo.

3.1.2.1.1 - Bacia do Parnaíba

Apesar de apresentar uma grande extensão areal, por ocupar uma área aproximada de 600.000 km² na região Nordeste, a Bacia do Parnaíba é a menos conhecida entre as três bacias paleozoicas brasileiras. Segundo VAZ et al. (2007) atinge, em seu depocentro, espessura total de aproximadamente 3.500 m.

A estruturação e os eixos deposicionais até o Eocarbonífero foram controlados por fraturas e falhas herdadas do embasamento. Dentre as grandes feições flexurais observadas na área do presente estudo destaca-se o Arco Ferrer-Urbano Santos, o qual constitui uma feição flexural positiva relacionada com a abertura, no Mesozóico, do Oceano Atlântico Equatorial e define o limite norte da Bacia do Parnaíba (VAZ et al., 2007). Essa bacia limita-se ainda, ao Sul, com a Bacia do São Francisco, pelo arco de São Francisco; e a Noroeste, com o *rift* mesozoico do Marajó, pelo arco de Tocantins (Figura 3.1).

No preenchimento da Bacia do Parnaíba, cinco sequências deposicionais são reconhecidas, as quais são separadas por discordâncias regionais e correlacionáveis a eventos tectônicos de natureza global (SOARES et al., 1978; GÓES et al., 1993 e GÓES; & FEIJÓ, 1994). Para Góes; Feijó (1994), as Sequências Siluriana, Devoniana, Carbonífero-Triássica, Jurássica e Cretácea equivalem, respectivamente, aos grupos, Serra Grande (formações Ipu, Tianguá e Jaicós); Canindé (formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti); Balsas (formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba, onde esse grupo marca mudanças estruturais e am-

bientais profundas na bacia); e Mearim (formações Pastos Bons e Corda, com distribuição e espessuras bastante reduzidas, apresentando condições de deposição exclusivamente continentais na bacia).

A Sequência Cretácea corresponde às formações Grajaú, Codó e Itapecuru (Grupo Itapecuru: Unidade Indiferenciada, formações Alcântara e Cajupe, segundo Rossetti e Truckenbrodt, 1997), formações essas que afloram na área concernente ao projeto em tela, à excessão da Formação Grajaú. Essa sequência caracteriza-se por uma nova subsidência da Bacia do Parnaíba, propiciando um novo ciclo de sedimentação marinha, resultante de rápida transgressão, seguida da retirada definitiva do mar, culminando com uma sedimentação continental e o encerramento do ciclo sedimentar. Esta sedimentação é consequência direta dos esforços de ruptura da margem equatorial brasileira no Neocomiano (GÓES; FEIJÓ, 1994).

Cabe observar, que Vaz et al. (2007) em revisão mais recente, agruparam as sequências posicionais da Bacia do Parnaíba em: Sequência Siluriana (Grupo Serra Grande), Mesodevonianiana-Eocarbonífera (Grupo Canindé), Neocarbonífera-Eotriássica (Grupo Balsas), Jurássica (Formação Pastos Bons) e Cretácea (formações Itapecuru, Grajaú, Corda e Codó), reinterpretando a posição estratigráfica da Formação Corda, que passa a fazer parte da Sequência Cretácea (Figura 3.2).

3.1.2.2 - Bacias Costeiras da Margem Atlântica Equatorial

A evolução das bacias costeiras de margem atlântica está relacionada a diferentes etapas de abertura do Oceano Atlântico e da separação dos continentes americano e africano, entre o Cretáceo e o Neógeno. Ao longo da costa sul-americana há segmentos divergentes com predomínio de tectônica extensional relacionada ao estiramento litosférico, e segmentos, como da margem equatorial, com predomínio de tectônica transcorrente relacionada às zonas de falhas transformantes que cortam as cadeias meso-oceânicas (AZEVEDO, 1986; SZATMARI et al., 1987; MATOS, 1999; CAINELI; MOHRIAK, 1999; MILANI; THOMAZ FILHO, 2000; MOHRIAK, 2003).

São distinguidas, na evolução tectono-sedimentar das bacias de margem continental atlântica, sequências que precederam a formação dos *riffts* (pré-*rifft*); sequências continentais da etapa precoce à implantação dos *riffts* (sin-*rifft*); sequências que marcam uma transição marinha (transicionais); e sequências que se depositaram depois da formação dos *riffts* (pós-*rifft* ou *drifft*), durante a deriva continental (CAINELI; MOHRIAK, 1999; MOHRIAK, 2003).

A evolução dos *riffts* abortados da margem atlântica equatorial brasileira está relacionada à abertura do Oceano Atlântico Central iniciada no limite Triássico-Jurássico com um evento distensi-

vo que desencadeou a formação dos *riffts* do Marajó, Bragança-Viseu, São Luís, Ilha Nova e Ceará na metade do Eocretáceo (SOARES JUNIOR; COSTA; HASUI, 2008). Na área do projeto, estão presentes, apenas, litologias relacionadas às bacias de São Luís e Ilha Nova (Bacias de *riffts* abortados).

3.1.2.2.1 - Bacias de *Riffts* Abortados

No Maranhão os *riffts* costeiros estão representados pelas bacias de São Luís e Ilha Nova. Seus limites são: a leste, o Fragmento Cratônico São Luís e o Cinturão Gurupi; a sul, o Arco Ferrer-Urbano-Santos (limitando as duas bacias com a Bacia do Parnaíba); e ao norte, o alto da Plataforma Ilha de Santana (separando as bacias de São Luís e Ilha Nova das bacias marginais Barreirinhas e Pará-Maranhão). As bacias de São Luís e Ilha Nova encontram-se separadas por um pequeno alto (Alto de Curupu) e falhas.

3.1.2.2.1.1 - Bacias de São Luís e Ilha Nova

As bacias de São Luís e Ilha Nova se formaram a partir de sistemas de grabens instalados durante a metade final do Eocretáceo. Foram afetadas, devido à expansão do fundo oceânico e à migração e rotação das placas sul-americana e africana no Neocretáceo, por uma tectônica transformante, compartimentando as falhas normais que controlaram a formação destas bacias, (AZEVEDO, 1986; SZATMARI et al., 1987; ARANHA et al., 1990; GÓES; ROSSETI, 2001).

São bacias com até 5.000 m de espessura de preenchimento sedimentar, mas com as sequências cretáceas perfazendo no máximo 3.000 m.

A sequência de *rifft* (Grupo Itapecuru) é mais espessa, atinge 2.000 m na Bacia de São Luís, enquanto a sedimentação plataformal costeira relacionada com a deriva continental (grupos Caju e Humberto de Campos) é mais expressiva na Bacia de Ilha Nova. No Mioceno se depositou nessas bacias a sequência plataformal marinha transgressiva da Formação Pirabas (ARANHA et al., 1990; LIMA; ARANHA; FEIJÓ, 1994; ZALÁN, 2007).

Sob as sequências cretáceas das bacias de São Luís e Ilha Nova ocorrem remanescentes de *riffts* precursores identificados por sondagens, gravimetria e sísmica (ARANHA et al., 1990). Estes *riffts* de orientação WNW-ESE ocorrem a mais de 2.000 m de profundidade e foram preenchidos por sedimentos lacustres, fluviais e aluviais.

3.1.3 - Coberturas Superficiais Cenozoicas

Na área desse projeto, ocorrem coberturas cenozoicas plataformais (Grupo Barreiras, além de depósitos originados no Quaternário, representados por depósitos eólicos continentais antigos, litorrâneos, fluvio-lagunares, de mangues e pântanos),

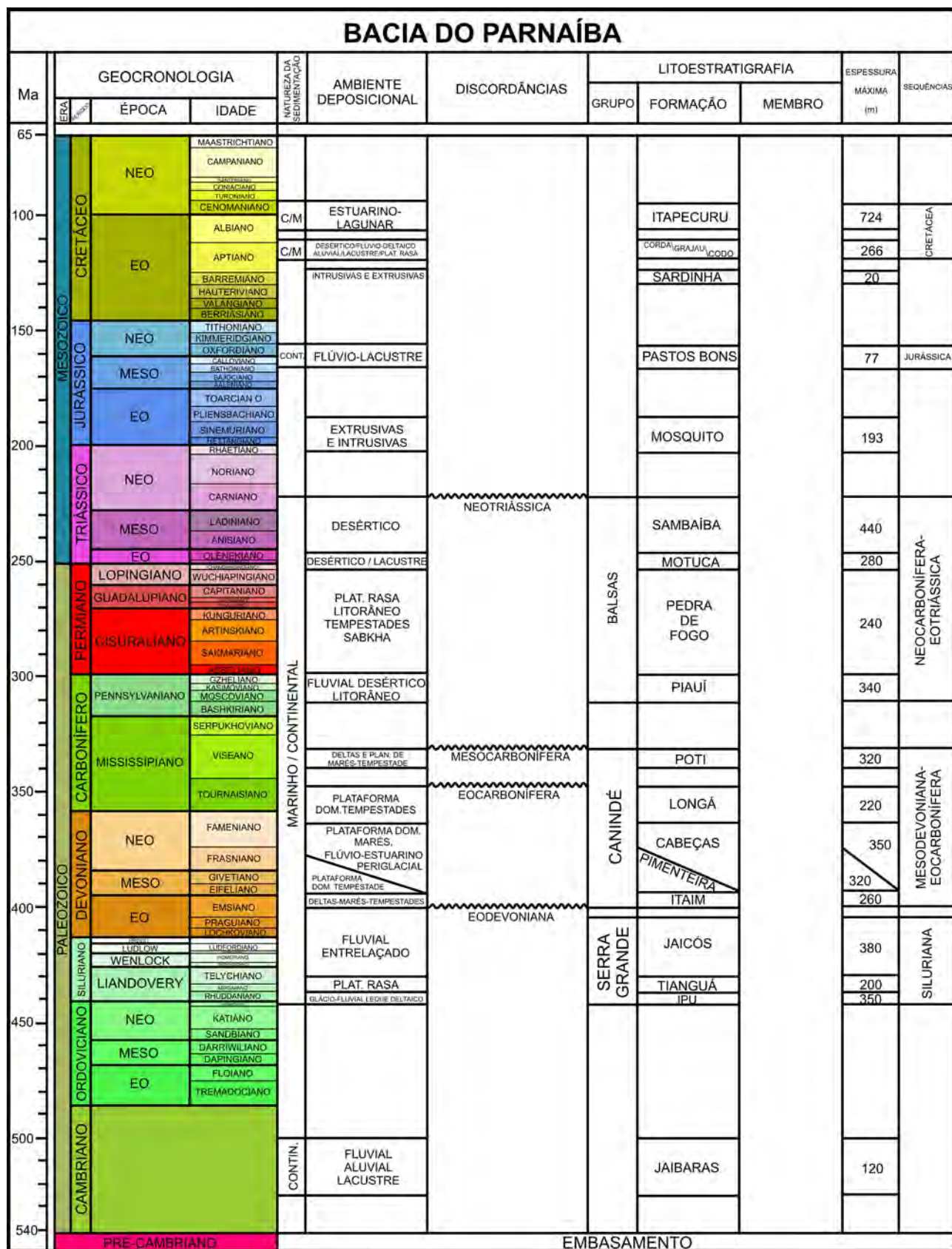


Figura 3.2 – Coluna estratigráfica da Bacia do Parnaíba segundo Vaz et al. (2007).

além de detríticas cenozoicas depositadas no Quaternário (depósitos aluvionares).

3.2 - UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

O Anexo V exibe o Mapa Geológico Integrado da área desse projeto, com Quadro das Unidades Litoestratigráficas já mapeadas na área do presente estudo e a descrição dessas Unidades Litoestratigráficas.

3.2.1 - Fragmento Cratônico São Luís

O embasamento cristalino que aflora ao norte da Bacia do Parnaíba foi denominado por Almeida (1967) de Cráton de São Luís. Na área estudada, estas rochas constituem uma “janela” do embasamento.

3.2.1.1 - Suíte Intrusiva Rosário (PP2_{yr})

Essa suíte foi definida por Rodrigues et al. (1994a), referindo-se ao conjunto de granitoides aflorantes próximo à cidade de Rosário (MA), numa pequena janela do Fragmento Cratônico São Luís. Descrita por Gorayeb et al. (1999) como sendo composta por múltiplos plútons, de composições variadas. São rochas de granulação grossa, coloração rósea e cinza, e textura ígnea original, parcialmente preservada (Foto 3.1). Petrograficamente representadas por quartzo dioritos, tonalitos, granodioritos e andesitos, com predominância dos termos tonalíticos e granodioríticos (GORAYEB et al., 1999). As rochas foram afetadas por cisalhamento de natureza transcorrente que imprimiu uma trama tectônica



Foto 3.1 - Afloramento LL 049 - Granitoide fanerítico, inequigranular, leucocrático, granulação média, pertencente à Suíte Intrusiva Rosário. O granitoide apresenta uma composição tonalítica. Localmente, observam-se veios de quartzo. A rocha apresenta-se pouco fraturada.

às mesmas (Fotos 3.2 e 3.3), e metamorfismo hidrotermal compatível com a fácies xisto verde. Segundo Veiga Jr. (2000), os litótipos desta suíte encontram-se deformados, exibindo foliação evidenciada principalmente pela orientação dos minerais máficos, com trend N40-55W e mergulho de 45-85 para SW. Ocorrem tipos texturais isotrópicos que podem representar corpos tardi a pós-tectônicos. Presença de sulfetos (Foto 3.4).

3.2.2 - Bacia do Parnaíba

Na área desse projeto a sequência cretácica da bacia em tela, acha-se representada pela Formação Codó e o Grupo Itapecuru Indiviso.



Foto 3.2 - Afloramento LL 021 - Granitoide fanerítico, equigranular, mesocrático, pertencente à Suíte Intrusiva Rosário. Algumas fraturas são observadas no local por possível influência de zonas de cisalhamento.



Foto 3.3 - Afloramento LL 026 - Granitoide fanerítico, inequigranular, leucocrático, granulação média, pertencente à Suíte Intrusiva Rosário. Apresenta baixo teor de quartzo. O granitoide apresenta composição tonalítica. Localmente, observam-se enclaves de diorito, veios de quartzo e de pegmatitos. Alguns veios de quartzo apresentam-se boudinados. A rocha mostra-se fraturada.



Foto 3.4 - Afloramento LL 024 - Granitoide fanerítico, equigranular, leucocrático, pertencente à Suite Intrusiva Rosário. O granitoide apresenta uma variação composicional na porcentagem de feldspato potássico. Localmente, observam-se veios de quartzo e de pegmatitos. A rocha apresenta-se bastante fraturada, sendo observada, também certa orientação evidenciada pelos piroxênios e/ou anfibólios.

3.2.2.1 - Sequência Cretácea

Durante o Cretáceo ocorreu o deslocamento da região central para as proximidades do extremo norte e noroeste, dos depocentros da bacia, devido à abertura do Atlântico. No caso dos depósitos marinhos, diferentemente das sequências anteriores, as transgressões e regressões provieram desse oceano, então no estágio inicial de seu desenvolvimento dispendo-se discordantemente sobre as rochas de sequências mais antigas.

3.2.2.1.1 - Formação Codó (K1c)

Os folhelhos betuminosos associados a calcários que ocorrem no vale do Rio Itapecuru, na região de Codó (MA), foram denominados de “Folhelhos Codó” pela primeira vez, por Lisboa (1914, apud KLEIN e SOUSA, 2012). Posteriormente, essa unidade foi elevada à categoria de formação por Mesner e Wooldridge (1964). Compõe-se de siltitos, gipsita/anidrita e arenito, com frequentes níveis de sílex e estromatolito (VAZ et al., 2007). Recobre discordantemente as unidades mais antigas, marcando o início de uma transgressão marinha na bacia. Seu contato com o Grupo Itapecuru é concordante, podendo ser discordante localmente. As Formações Grajaú e Codó, segundo Rossetti et al. (2001b), ambas do Neaptiano-Eoalbio foram depositadas em ambientes marinho raso, lacustre e fluvio-deltaico. Interdigitação ou equivalência cronoestratigráfica entre essas duas formações é assegurada, também, por Lima e Leite (1978). Mendes e Borghi (2005), Santos e Carvalho (2009) e Costa Neto et al. (2012) consideram idade Aptiano/Albiano para a Formação Codó.

Essa Unidade Estratigráfica ocorre no extremo sudeste da área do projeto, porém, fora do polígono que delimita os municípios estudados, como se observa no Mapa Geológico (Anexo V).

3.2.2.1.2 - Grupo Itapecuru (K12it)

Inicialmente, Lisboa (1914), denominou os arenitos aflorantes entre os rios Itapecuru e Alpercatas, de “Camadas Itapecuru”. Posteriormente, Campbell (1949) chamou de Formação Itapecuru, os arenitos com siltitos e folhelhos intercalados, que recobrem concordantemente a Formação Codó. Rossetti e Truckenbrodt (1997) elevaram a Formação Itapecuru à categoria de Grupo, baseados em descrições detalhadas de depósitos de idade Cretácea-Paleógena, presentes na região de Alcântara (MA), Bacia de São Luís, sendo formado da base para o topo pela “Unidade Indiferenciada” (Albiano), “Formação Alcântara” (Albiano-Cenomaniano) e “Formação Cujupe” (Cretáceo Superior?/ Paleógeno).

Assim sendo, adotou-se aqui, a denominação de Grupo Itapecuru, dividido em Unidade Indiferenciada (não aflorante), Formação Alcântara e Formação Cujupe para a Bacia de São Luís, e na área equivalente à Bacia do Parnaíba, de Grupo Itapecuru Indiviso, conforme adotado por Klein e Sousa (2012).

O Grupo Itapecuru é composto por arenitos, argilitos, siltitos (Fotos 3.5 e 3.6) e conglomerados, oriundos de deposição em diversos ambientes, como fluvial, deltaico e lagunar (LEITE, 1978; CARVALHO, 1996; ANAISSE JUNIOR, 1999). Os depósitos mostram natureza transgressiva, e o litotipo mais frequente é formado de arenitos variegados, finos, friáveis, com estruturas diversas, tais como, estratificações cruzadas, *swaley*, *hummocky*, acanalada, tabular, *mud couplets* e escorregamento de massa. Pelitos e arenitos conglomeráticos ocorrem, mas



Foto 3.5 – Afloramento LL 094 - Argila cinza, relativamente esbranquiçada, pouco arenosa (areia muito fina), intercalando-se com níveis de argilas avermelhadas.



Foto 3.6 – Afloramento LL 097 – Camadas e lâminas plano-paralelas, com intercalações de argilitos avermelhado/esbranquiçado. Níveis pouco espessos de arenito muito fino.

subordinadamente (ANAISSE JUNIOR et al., 2001). As deformações presentes nessas rochas são atribuídas a sismos (ROSSETTI, 2001b).

Correspondem a seis ciclos deposicionais atribuídos a sistemas de vales estuarinos incisivos, segundo Rossetti et al. (2001). Sistema fluvio-lacustres, em clima semiárido, preponderando um sistema estuarino-lagunar episodicamente atingido por ondas de grande escala, no qual foram observados os seguintes ambientes: canal fluvial, lagunar, canal de maré e litorâneo. É a unidade com maior distribuição espacial na área do projeto (praticamente, 40% a 50% da área continental). Sobreposição, discordantemente, às unidades jurássicas, triássicas, paleozoicas e pré-cambrianas. Possui Idade: Mesoalbio-Neocretáceo, segundo Rossetti et al. (2001b).

3.2.3 - Bacias de São Luís e Ilha Nova

As bacias de São Luís e Ilha Nova localizam-se no litoral noroeste do Estado do Maranhão e se formaram a partir de sistemas de grabens instalados sobre o Fragmento Cratônico São Luís. São separadas, a norte, das bacias do Pará-Maranhão e Barreirinhas pela Plataforma de Ilha de Santana; limitando-se a sul da Bacia do Parnaíba, pelo Arco Ferrer-Urbano Santos. A Bacia de São Luís ocupa a parte central de um *rift* alongado, conhecido como “Bragança-Viseu, São Luís e Ilha Nova”, que se estende desde o litoral nordeste do Estado do Pará até a vizinha Bacia de Barreirinhas. O conjunto das 3 bacias ocupa uma área de cerca de 30.000 km², dos quais aproximadamente 20.000 km² cabem à Bacia de São Luís. A cidade de São Luís, capital do Estado do Maranhão, situa-se dentro desse conjunto de bacias. Segundo dados de modelagem gravimétrica fornecidos em 2002, pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

(ANP), a espessura máxima de sedimentos pode ser estimada em torno de 5.000 m (<http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round4/round4/bacias/saoLuís/>), dos quais aproximadamente 2.500 m são de idade cretácica e o restante do Cenozóico. O embasamento dessas bacias é constituído principalmente por unidades do Fragmento Cratônico São Luís. Também compõe esse substrato uma sequência cambro-ordoviciana que corresponde à Formação Bequimão (ZALÁN, 2007). Exibem configuração estratigráfica dividida em sequências: *Pré-Rift* (aptiana) composta pelas formações Bragança, Grajaú e Codó (LIMA; ARANHA; FEIJÓ, 1994); *Rift* (duas idades deposicionais, uma no Albiano Inferior e outra no Albiano Médio-Superior) corresponde ao Grupo Itapecuru; e *Drift* representada pelas formações Peria (Grupo Caju), Areinhas e Pirabas (ZALÁN, 2007). A sequência *Drift* é praticamente ausente na Bacia de São Luís, e na Bacia de Ilha Nova localiza-se próxima do seu limite com a Bacia de Barreirinhas. O Grupo Itapecuru, apresenta duas idades deposicionais, uma no Albiano Inferior e outra no Albiano Médio-Superior, sendo que as formações Cujupe e Alcântara (Bacia de São Luís) afloram no noroeste do Maranhão (ROSSETTI; TRUCKENBRODT, 1997; ROSSETTI, 1998). Essas formações ocorrem na cidade de Alcântara e a sudoeste desta (Anexo V).

3.2.3.1 - Formação Alcântara (Kal)

Cunha (1968) propôs o termo “Formação provisória Alcântara” para nominar depósitos cenomanianos (Cretáceo Superior) presentes na cidade de Alcântara, constituídos por folhelhos sílticos com leitos de calcário esbranquiçado. Tais depósitos já foram considerados como fácies (KLEIN; FERREIRA, 1979; PETRI; FÚLFARO, 1983) ou como membro (RODRIGUES et al., 1994a) da Formação Itapecuru. Em revisão estratigráfica da Bacia de São Luís, posteriormente, Rossetti e Trukenbrodt (1997) os enquadraram na categoria de formação, propondo o termo Formação Alcântara, para se referir aos mesmos, cuja seção tipo está situada na Ilha de Livramento, em Alcântara. Compõem essa formação, arenitos, pelitos, subordinadamente, calcários e conglomerados. Aflora principalmente em falésias costeiras localizadas nos municípios de Alcântara e São Luís, onde os arenitos apresentam granulometria fina a média, mostram-se bem litificados, comumente cimentados por calcita. Esses arenitos apresentam vários tipos de estratificação, como estratificações cruzadas do tipo *swaley* e *hummocky*, tabular, de grande porte e baixo ângulo, além de laminações paralelas ondulantes (ROSSETTI, 1997). Os pelitos podem ser maciços, com laminação plano-paralela ou com acamamento deformado. Os calcários intercalam-se aos pelitos e variam de coloração branca a cinza. Segundo Amorim; Angélica (2011), as rochas são compostas mineralogicamente por quartzo,

palygorskita, dolomita, clorita, esmectita, illita, caulinita, calcita e traços de feldspatos. As rochas da Formação Alcântara foram originadas por processos de tempestade e, subordinadamente, correntes de maré, em ambientes de *shoreface/foreshore*, canal de maré e lagunar/*washover* (ROSSETTI, 1997), caracterizando assim, sistemas de ilhas barreira, associados a vales incisivos (ROSSETTI, 2001, 2003). Essas rochas foram submetidas a processos de lateritização, tendo desenvolvido um perfil pouco evoluído, apresentando processos de ferruginização e caulinição (VEIGA JR., 2000).

3.2.3.2 - Formação Cujupe (K2E1c)

O termo Formação Cujupe foi proposto por Rossetti; Trukenbrodt (1997). Apresenta aproximadamente 25 m de espessura. Sobrepõe, discordantemente, a Formação Alcântara. Ocorre sotoposta ao Grupo Barreiras, em contato também, discordante, marcado por paleossolo laterítico. Recoberta, através de pequena discordância angular, pelo pacote pelítico-carbonático da Formação Alcântara. Segundo Rossetti (2001), a unidade é composta litologicamente por arenitos intercalados a argilitos (Foto 3.7) e, subordinadamente, por conglomerados. Os arenitos são caulínicos, com granulometria fina a muito fina, bem selecionados, de coloração branca ou rósea a amarelada. Os argilitos possuem coloração branca, cinza a roxa e os conglomerados são do tipo intraformacional, com clastos de argila e matriz arenosa. Estão presentes estruturas sedimentares oriundas da ação de correntes de maré, como estratificação cruzada sigmoidal, acamamento heterolítico (lenticular, *flaser* e *wavy*), acamamento maciço ou deformado, laminação plano-paralela e microlaminação cruzada. Segundo Rossetti (1998) e Lima; Rossetti (2001), essa unidade é composta por depósitos estuários formados em paleovale localizado no leste da



Foto 3.7 – Afloramento LL 012 – Alternância de camadas de siltitos laminados, arroxeados/arenitos creme-alaranjados rosados.

Bacia de São Luís. Suas rochas foram afetadas por processos de lateritização. Por não possuir registro fóssil, Santos; Carvalho (2009) consideraram que a deposição da Formação Cujupe ocorreu em um tempo incerto entre o Turoniano (eocretáceo) e o Paleógeno. No mapa geológico do projeto (Anexo V), essa unidade está presente a sudoeste do município de Alcântara (MA), nas adjacências da cidade de Pinheiro, e ao longo das rodovias Pinheiro-Porto de Cujupe.

3.2.4 - Coberturas Superficiais Cenozoicas

Na área desse projeto, ocorrem coberturas cenozoicas plataformais e detríticas. As coberturas plataformais ocorrem no litoral maranhense e adentram por sobre a Sequência Cretácea Bacia de São Luís. Esta associação consiste em sequências carbonáticas e clásticas depositadas em ambiente transicional entre o Mioceno e o Plioceno (Grupo Barreiras). Também fazem parte deste conjunto, depósitos gerados no Quaternário, a saber, depósitos eólicos continentais antigos, litorâneos, fluvio-lagunares, e de mangues e pântanos. As coberturas detríticas depositadas no Quaternário são representadas, pelos depósitos aluvionares dos rios que drenam as bacias sedimentares fanerozoicas e o embasamento pré-cambriano.

3.2.4.1 - Grupo Barreiras (N12b)

Bigarella e Andrade (1964, apud KLEIN; SOUSA, 2012) apresentaram o primeiro estudo sistemático, onde propõem a denominação de Grupo Barreiras para as rochas presentes no litoral do Estado de Pernambuco. Segundo os autores Arai (2006), e Ferraz; Valadão (2005), a unidade deve ser considerada como grupo, pois há no mínimo duas sequências bem distintas designadas “Barreiras Inferior” e “Barreiras Superior”. Neste estudo considerou-se o conceito adotado por Klein; Sousa (2012), como Grupo Barreiras, para designar a sucessão de estratos oligo-miocênicos geneticamente relacionados, que abrange as unidades litoestratigráficas conhecidas como “Formação Pirabas” e as “Formações Barreiras Inferior” e “Barreiras Superior”, sendo que essas duas últimas não foram individualizadas; levando assim, à utilização do termo “Barreiras Indiviso”. A Formação Pirabas aflora apenas em falésias e está representada no mapa geológico (Anexo V) a noroeste da área estudada, recobrendo, discordeantemente, rochas do Grupo Itapecuru.

3.2.4.1.1 - Grupo Barreiras Indiviso (N12b)

Litologicamente, é composto por arenitos mal selecionados, finos a grossos, variegados (Foto 3.8), em geral argilosos, com intercalações de folhe-

lhos (AGUIAR, 1971), além de fácies conglomeráticas (GÓES, 1981). A influência marinha na unidade é comprovada por trabalhos realizados nos estados do Pará e Maranhão (ARAI et al., 1988, 1994; ROSSETTI; GÓES; TRUCKENBRODT, 1990).

A sedimentação do grupo ocorreu no Oligo-Mioceno, em sistemas de vales estuarinos encaixados em zonas de falhas (ROSSETTI; GÓES, 2004; ROSSETTI, 2006). Sua evolução deu-se a partir de sistema transgressivo no Eomioceno. Uma nova transgressão ocorrida no Neomioceno, cujo sistema de mar alto deu-se no Zancleano (Eoplioceno), resultou na sucessão sedimentar de fácies continental, transicional e marinha, que compõe a Formação Barreiras Superior. Klein; Sousa (2012) consideraram que a sedimentação desse Grupo ocorreu no intervalo entre o Mioceno Inferior e o Plioceno.



Foto 3.8 – Afloramento LL 081 – Camadas plano-paralelas de arenitos alaranjados a avermelhados, friáveis, de granulometria fina a grossa.

3.2.4.1.2 - Formação Pirabas (ENp)

Ferreira Penna (1876 apud TÁVORA; SANTOS; ARAÚJO, 2010) foi o primeiro a mencionar os calcários fossilíferos da Formação Pirabas, no litoral do Estado do Pará. No entanto, o termo Formação Pirabas foi proposto, formalmente, por Maury (1925, apud KLEIN; SOUSA, 2012) ao estudar, detalhadamente, seu conteúdo fossilífero. A Formação Pirabas, no Maranhão, desenvolveu-se por toda a Bacia de Barreirinhas, capeando as rochas cretáceas e adelgaçando-se em direção aos flancos (PAMPLONA, 1969, apud KLEIN; SOUSA, 2012). Seus calcários afloram em falésias na Baía de São Marcos. No Estado do Maranhão é composta por calcário amarelo pálido, margoso, passando a argilito azulado, laminado e recoberto por calcário fossilífero (da base para o topo). Em direção ao topo, segue camada delgada de argilito cinza-azulado, lamina-

do. Sobreposta a essa, encontramos camada de calcário amarelado e cinza, maciço, com foraminíferos orbitoides (FERREIRA; GONZÁLES; FRANCISCO, 1973). Idade Oligo-Miocênica é admitida para essa formação (FERREIRA, 1982; PETRI, 1957; FERNANDES, 1982; e FERREIRA; MACEDO; VICALVI, 1984). Na área do projeto esta unidade ocorre no município de Alcântara com área de exposição bastante subordinada, como representada no Mapa Geológico (Anexo V).

3.2.4.2 - Depósitos Eólicos Continentais Antigos (N34e)

Os Depósitos Eólicos Continentais Antigos dizem respeito a depósitos de dunas fixas, inativas, vegetadas, caracterizando paleodunas, localizados a sul do campo de dunas livres que constituem os Lençóis Maranhenses. Esses depósitos recobrem, aproximadamente, 20% da área continental do projeto. Feições eólicas mais comuns nestes depósitos são dunas parabólicas, cadeias de dunas parabólicas e dunas transversais de crista reta e sinuosa, apresentando grande porte, com dimensões na ordem de centenas de metros e alturas médias de 10 m (GONÇALVES et al., 2003). Os depósitos são constituídos por areias esbranquiçadas (Foto 3.9), granulometria fina a média, bem selecionadas, maduras com estratificações cruzadas de baixo ângulo (VEIGA JÚNIOR, 2000). São recobertos por vegetação esparsa, rasteira ou arbustiva. A gênese desta unidade está relacionada a diferentes estágios de deposição de campos de dunas, desde o Pleistoceno Médio até os dias atuais, e a fixação dessas dunas ocorreu a partir do desenvolvimento da cobertura vegetal durante os períodos úmidos (SANTOS; SILVA, 2009; e GASTÃO; MAIA; SIQUEIRA, 2009). Idades pleistocênicas foram obtidas por Santos, Silva (2009).



Foto 3.9 – Afloramento LL 051 - Areia fina a média, esbranquiçada. Grãos de quartzo subangulosos a arredondados.

3.2.4.3 - Depósitos Fluvio-Lagunares (Qfl)

Localizados no extremo norte do Estado do Maranhão, na região do Golfão Maranhense, esse termo foi utilizado para designar a área rebaixada e alagada dos estuários afogados dos rios Pindaré, Mearim, Itapecuru e Munim (BARBOSA; PINTO, 1973). São depósitos encontrados em áreas rebaixadas e alagadas dos estuários afogados dos rios citados, localizando-se acima da cota de preamar. Caracterizados por apresentarem numerosas lagoas fluviais, áreas colmatadas, extensas várzeas inundadas e/ou sujeitas a inundações sazonais. São depósitos constituídos por argilas adensadas com areia fina disseminada, maciças, de coloração cinza (Foto 3.10), apresentando plasticidade (RODRIGUES et al., 1994a). Para estes autores, os depósitos fluvio-lagunares estão associados ao assoreamento do sistema de golfo (por decantação de carga suspensa), a partir de um evento transgressivo que ocorreu no final do Pleistoceno, provocando o afogamento dos baixos cursos dos rios da região.



Foto 3.10 – Afloramento LL 067 – Extensa área plana, composta por argila e areia fina, com cor cinza-esbranquiçada, na superfície. Área inundada e/ou sujeita a inundações sazonais.

3.2.4.4 - Depósitos de Pântanos e Mangues (Q2pm)

Esses depósitos são mais expressivos no litoral noroeste do Maranhão, que integra o Litoral Amazônico Oriental (VILLWOCK et al., 2005) ou a Costa de Manguezais de Macromarés da Amazônia (SOUZA FILHO, 2005). São caracterizados pela presença de muitos estuários, com ilhas, baías e canais controlados pelas macromarés, que atingem amplitude de até 7,5 m na Baía de São Marcos, no Maranhão (DHN, 2004), localizada dentro da área desse projeto.

Os depósitos de mangue constituem extensas planícies lamosas, e situam-se entre os limites de maré alta e baixa, sendo assim inundados regu-

larmente pela maré. São constituídos predominantemente por sedimentos lamosos (argila e silte) de coloração cinza (Foto 3.11), plásticos, não adensados, maciços e bioturbados (RODRIGUES et al., 1994a). Na área estudada por este projeto, esses depósitos ocorrem bordejando a linha de costa.



Foto 3.11 – Afloramento LL 003 - Área plana, composta por sedimentos lamosos (argila e silte), com cor cinza-escura, apresentando plasticidade e bioturbação. A foto foi tirada no período de maré baixa.

3.2.4.5 - Depósitos Litorâneos (Q2l)

Estão englobados nessa unidade, os depósitos holocênicos de dunas costeiras, praias, planície arenosa e cordões litorâneos antigos, presentes em toda a costa maranhense (KLEIN; SOUSA, 2012). Na área contemplada nesse projeto, constituem faixas delgadas, paralelas à linha de costa, no município de Raposa (norte da Ilha de São Luís), e a norte dos depósitos eólicos continentais antigos (N34e) que recobrem os municípios de Icatu, Morros e Cachoeira Grande.

Os depósitos de dunas costeiras estão dispostos na zona pós-praia e podem atingir até 10 m de altura. Incluem as dunas fixas e móveis. São constituídos por areias quartzosas de granulometria muito fina, podendo ocorrer estratificação cruzada (KLEIN et al., 2008b).

Os depósitos de praia ocorrem em amplas zonas arenosas diretamente submetidas à ação das macromarés, expostas durante a maré baixa. São compostos por areias quartzosas, esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulometria fina a muito fina (Foto 3.12).

Depósitos de planície arenosa estão presentes nas porções mais distais da zona de intermaré, paralelamente à linha de costa, bordejando os depósitos de mangues e de praias, parcialmente expostos durante a maré baixa, sendo constituídos por areias quartzosas cinza-esbranquiçadas, finas a médias e bem selecionadas.

Os depósitos de cordões litorâneos antigos são observados em diversas ilhas ao longo da costa maranhense. Representam conjuntos de extensos cordões arenosos subparalelos com morfologia linear ou encurvada, localizados em porções interiores dos depósitos de mangue. Apresentam-se recobertos por vegetação esparsa, rasteira ou arbustiva, separados entre si por estreitas faixas de lama, recobertas por vegetação herbácea. Interpretados por Klein et al. (2008b) como depósitos antigos de praias e dunas.



Foto 3.12 – Foto tirada na saída da balsa que faz o trajeto São Luís – Alcântara. Observam-se, em segundo plano, depósitos de praia, constituídos por areias finas a muito finas.

3.2.4.6 - Depósitos Aluvionares (Q2a)

Estes sedimentos são constituídos por depósitos arenosos e argilosos, com raros níveis de cascalho e matéria orgânica, inconsolidados, holocênicos, relacionados às planícies aluvionares atuais de rios maiores (como os rios Itapecuru e Mearim, na área desse projeto - Foto 3.13), e de igarapés de pequeno porte. Constituem depósitos de canais (barras em pontal, barras de canais e barras laterais) e de extensas planícies de inundação de origem estritamente fluvial (KLEIN; SOUZA, 2012).



Foto 3.13 – Afloramento LL 056 – Vista do Rio Itapecuru, onde em uma de suas curvas, observamos depósito aluvial constituído por areias esbranquiçadas.

4 – INSUMOS MINERAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

4.1 - INTRODUÇÃO

Dentre os diversos bens minerais empregados pela indústria da construção civil na Região Metropolitana de São Luís e no seu entorno, destacam-se a areia (Foto 4.1), argila para confecção de cerâmica vermelha (Foto 4.2), pedra britada (Foto 4.3), material de empréstimo (Foto 4.4), laterita (Foto 4.5), saibro (Foto 4.6) e cascalho (Foto 4.7).

Tais insumos são, em sua grande maioria, minerados no entorno das áreas urbanizadas, e devido ao crescimento da mancha urbana e à inexistência de um ordenamento territorial elaborado com base nos conhecimentos de geologia, tem ocorrido uma série de conflitos entre a atividade mineral e o avanço da urbanização.



Foto 4.3 – Pedra britada (granito britado).



Foto 4.1 – Areia média a grossa.



Foto 4.4 – Extração de material de empréstimo no Afloramento LL 015.



Foto 4.2 – Argila com cores variegadas, cinza, vermelha, amarela a esbranquiçada.



Foto 4.5 – Blocos pequenos a médios de laterita, utilizados para cascalhar estradas.



Foto 4.6 - Extração de saibro no Afloramento LL 015.



Foto 4.7 – Cascalho.

Como estes bens minerais são imprescindíveis para desenvolvimento econômico e social das regiões onde eles ocorrem e devido ao seu baixo valor agregado, eles não suportam o frete a grandes distâncias. Torna-se, portanto necessária a adoção, por parte das autoridades estaduais e municipais, de políticas públicas que propiciem a coexistência saudável entre a produção de insumos minerais e o avanço da urbanização. Essa deve ocorrer de forma responsável, respeitando os parâmetros geológicos, de forma a evitar o surgimento de questões relativas ao risco geológico, o qual pode ocasionar, inclusive, risco à integridade das populações.

Tal fato constitui um fator de preocupação, quanto ao suprimento futuro destes insumos de forma sustentável, devido ao significado social e econômico de que sua exploração se reveste. Atualmente, devido aos conceitos de produção limpa, a lavra destas substâncias não pode fugir destes princípios e deve ser efetuada de maneira responsável de forma a não colocar em risco a qualidade de vida das populações que habitam no seu entorno. Deve, portanto, operar de forma saudável e integrada, com as diferentes formas de ocupação do solo.

4.2 - CONCEITUAÇÃO

Das diversas substâncias minerais de uso corrente na construção civil, os denominados agregados correspondem aos materiais granulares, tais como areia e brita, que são de suma importância, e situam-se entre os bens minerais mais abundantes na natureza. São empregados largamente na confecção de artefatos de cimento, produção de concreto, argamassa, pavimentação asfáltica de ruas e estradas, ainda como filtros, enrocamentos e como lastro em ferrovias.

Em geral os agregados são classificados, tanto em função da sua origem, quanto à densidade, dimensões, forma e arredondamento dos fragmentos. Em relação à sua origem Frazão e Paraguassu (1998) classificaram os agregados como artificiais e naturais. São considerados naturais quando encontrados na natureza e empregados sem ter recebido nenhum beneficiamento posterior à extração, tais como areia e cascalho, presentes em sedimentos aluvionares. Os considerados artificiais constituem os agregados provenientes do processo de fragmentação mecânica, exemplificados pelas pedras britadas, rejeitos de construção civil e as chamadas areias de britagem ou areias artificiais. Neste item inserem-se também as argilas expandidas e as escórias de alto forno.

Com relação às dimensões e densidade dos fragmentos a sua classificação é feita com base nas normas NBR 7225 e NBR 7211 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que os classifica da seguinte forma: Granulado Graúdo (brita e o pedregulho muito grosso a médio, com dimensões entre 100 mm e 4,8mm) e Agregado Miúdo (pedregulho fino, pedrisco grosso a fino e areia grossa a fina, com dimensões entre 4,8 mm a 0,075 mm).

Com relação à densidade são classificados em agregados pesados (barita, magnetita, ilmenita), agregados normais (pedra britada e pedregulho), além do agregado leve (argilas expandidas, vermiculita e etc.).

As denominadas argilas vermelhas são muito empregadas na construção civil, entrando na confecção da cerâmica vermelha, representada por tijolos, telhas, manilhas e blocos estruturais. Estas argilas são bastante comuns em sedimentos de várzeas aluvionares, datados do Quaternário, e em formações sedimentares existentes nas bacias sedimentares fanerozoicas do território brasileiro. Podem também resultar do intemperismo *in situ* de rochas cristalinas, tais como granitos e gnaisses, resultando em espessos pacotes autóctones de argilas de cor vermelha intensa.

No geral estas argilas mostram-se bastante plásticas e apresentam teor entre 1 e 8% de Fe_2O_3 , com temperatura de queima em torno de $950^{\circ}C$. Na área objeto do presente estudo, estas argilas são atualmente extraídas em bolsões associados aos

sedimentos de várzeas aluvionares. Ocorrem também em formações sedimentares de idade cretácica, sob a forma de lentes intercaladas nos sedimentos areno-argilosos do Grupo Itapecuru Indiviso.

Os depósitos de cascalho detectados durante o presente trabalho inserem-se tanto nas várzeas aluvionares, quanto associados aos sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras, onde ocorrem intercalados nos horizontes arenosos mal selecionados, mas predominantemente grossos.

No que concerne aos materiais de empréstimo e saibro, os mesmos associam-se aos sedimentos do Grupo Barreiras, estando os primeiros relacionados aos horizontes lateríticos, enquanto o denominado saibro acha-se inserido nos níveis argilo-arenosos desta unidade estratigráfica.

4.3 - OS INSUMOS MINERAIS E A URBANIZAÇÃO

Atualmente o desordenado crescimento do processo de urbanização, tem afetado a sociedade brasileira como um todo e contribuído para uma piora na qualidade de vida das populações ditas urbanas, notadamente nas últimas décadas. Tal fato tem ocasionado uma série de problemas às nossas regiões metropolitanas, tais como carência de um eficiente sistema de drenagem para águas pluviais, sistema de esgoto sanitário e abastecimento d'água insuficiente para atender à demanda da população e, principalmente, à notória deficiência de transporte coletivo e vias públicas.

Estes fatos, aliados à carência de estudos de cunho geológico, quando da elaboração dos planos diretores municipais, têm ampliado o problema, especialmente na época das estações chuvosas, com a incidência de alagamentos e deslocamento de encostas decorrentes da falta de um planejamento sério quando do avanço da mancha urbana.

Além dos problemas ora referenciados, o processo de expansão urbana vem ocasionando conflitos com as áreas de preservação ambiental, de produção agropecuária e, principalmente, com as frentes de extração de insumos minerais, ao avançar por sobre as áreas de influência destes depósitos. Criar-se-á, assim, empecilhos à exploração destas substâncias,

o que impossibilitará em futuro próximo a utilização destes insumos pela sociedade. Este problema é agravado pela falta de um ordenamento territorial do espaço disponível, o qual inclua o planejamento do uso do solo; combata o crescimento desordenado da mancha urbana; e possibilite a compatibilização entre a atividade mineira (Foto 4.8) e os outros usos do espaço territorial.



Foto 4.8 – Mostra as cicatrizes do terreno deixadas pela atividade mineral, quando elaborada sem um planejamento responsável. Município de Paço do Luniar).

Convém salientar, que na região Metropolitana de São Luís e entorno, assim como em outros grandes centros urbanos, o cenário não é diferente constituindo uma problemática de ordem nacional. Devido estes fatores, a disponibilidade, qualidade e volume dos insumos minerais disponíveis para emprego na construção civil vêm declinando, especialmente, aqueles situados dentro ou no entorno dos grandes centros urbanos, exemplificado pelo objeto do estudo em tela. Este fato tende a se agravar, tanto devido às questões ambientais, quanto pelo restritivo uso do solo, o qual é feito sem levar em consideração o contexto geológico da área, os recursos minerais existentes e as demandas básicas da sociedade urbana.

5 – TIPOLOGIA DOS JAZIMENTOS

5.1 - POTENCIALIDADES MINERAIS

5.1.1 - Introdução

A identificação do potencial em minerais utilizados pela indústria da construção civil na região Metropolitana de São Luís e entorno, teve como suporte inicial os dados obtidos a partir da compilação bibliográfica, consulta ao banco de dados da CPRM – GEOBANK, seguida da pesquisa de dados técnicos do DNPM, incluindo a listagem dos títulos minerários, com a identificação da situação atual de cada processo. Procurou-se ainda, através da análise de trabalhos técnicos, verificar as relações de cunho geológico, entre as ocorrências minerais e as unidades estratigráficas mapeadas.

Com o objetivo de tornar o texto em tela mais informativo, o Anexo VI exibe o Mapa de Potencialidades Minerais e Zonas de Preservação de forma simplificada, no qual se acham registradas as ocorrências detectadas e as áreas potenciais para a pesquisa de novos jazimentos destes insumos. Na referida ilustração acham-se também representadas as unidades geológicas mapeadas na região em tela e representadas pela Suíte Intrusiva Rosário, de idade paleoproterozoica, pelos sedimentos cretácicos do Grupo Itapecuru Indiviso, pelos sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras Indiviso, e pelos sedimentos quaternários relacionados a ambientes eólicos, fluvio-lagunares, de pântanos e mangues, litorâneos e aluvionares.

A avaliação e posterior seleção de áreas potenciais foram elaboradas a partir da análise dos elementos obtidos durante os trabalhos de campo, com o cruzamento das informações contidas nos relatórios compilados, seguida da associação destes parâmetros com as informações complementares de geologia, insumos minerais, dados sobre reservas e de produção.

Com base nesta sistemática de trabalho foram selecionados dois principais grupos de minerais: os *in natura* ou com processo de beneficiamento simples, tais como a areia, saibro, cascalho, laterita (esses três últimos, usados comumente como material de empréstimo) e pedra britada; e os bens minerais que somente são utilizados após sofrerem processo de transformação, beneficiamento e por vezes misturados com outras substâncias, representados na área em tela pelas argilas.

5.1.2 - Identificação de Áreas Potenciais

Com base na avaliação, integração e interpretação dos parâmetros obtidos em campo, juntamente com os elementos reunidos a partir dos trabalhos de compilação bibliográfica, e de consul-

ta no SIGMINE (Banco de Dados do DNPM), foram identificadas para a região metropolitana de São Luís e entorno, um total de 10 áreas potencialmente favoráveis à exploração de brita, areias e argilas para cerâmica vermelha e industrial.

As áreas em questão acham-se representadas no Mapa de Potencialidades Minerais e Zonas de Preservação de forma simplificada (Anexo VI), onde de forma simplificada, além da sua representação gráfica, têm-se tabela explicativa mostrando a relação entre as substâncias cadastradas das áreas em questão e a tipologia dos depósitos das mesmas.

A Tabela 5.1 exibe as áreas potenciais selecionadas, as substâncias a elas relacionadas incluindo a descrição sucinta da tipologia dos jazimentos, seguida do ambiente geotectônico, ao qual se acham associadas as mineralizações.

O Mapa de Recursos Minerais referente à área em tela (Anexo VII) foi executado a partir de uma base geológica simplificada, onde foram plotadas todas as ocorrências cadastradas, seguidas do seu número de ordem e sigla de identificação.

5.2 - SUBSTÂNCIAS CADASTRADAS

5.2.1 - Areias

Constitui uma massa sedimentar, inconsolidada, resultante da desagregação natural de rochas pré-existent. São em geral formadas por quartzo como componente principal, contendo, ainda, feldspatos, micas, argilas e minerais denominados ferromagnesianos em proporções variáveis. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) esta substância situa-se em uma faixa granulométrica entre 0,075 mm a 2 mm, e nestes extremos são classificadas como areia muito fina e areia muito grossa, respectivamente.

A areia pode ser classificada como natural e artificial. Na forma natural provém de aluviões (antigos ou atuais), depósitos residuais, solos de alteração, dunas, entre outros. Na forma artificial representa o subproduto resultante da lavra de pedreira e da unidade de britagem, sendo utilizada como matéria-prima para a produção de concreto betuminoso e pré-moldado. Este material quando devidamente processado, pode substituir a areia natural. No Brasil, esta prática representa 5 a 10% do mercado de areia, com previsão de crescimento para os próximos anos.

As areias apresentam um vasto campo de aplicação, pois além de largamente empregada na construção civil são, também, bastante consumidas em diversos setores industriais, tais como vidraria, cerâmica, cimento, siderurgia, metalurgia, fundição, tintas, filtração, vernizes, abrasivos e outros.

Tabela 5.1 – Exibe as áreas potenciais, substâncias a elas associadas e tipologia dos jazimentos.

Área	Insumo Mineral	Tipo de Depósito	Características Físicas do Depósito	Unidade Estratigráfica
I	Areia	Aluvionar I	Areia quartzosa, mal selecionada, granulometria média a grossa e cor creme a cinza-clara	Depósitos Aluvionares Quaternários
II	Areia	Aluvionar II	Bolsões de areia cinza-clara, inconsolidada, granulometria grossa na base e média a fina na parte superior	Depósitos Aluvionares Quaternários
III	Areia	Formacional/Sedimentar	Arenitos arcoseanos estratificados, com granulometria grossa a conglomerática e coloração cinza-clara	Grupo Itapecuru Indiviso
IV	Areia	Formacional/Sedimentar	Areias ricas em quartzo, mal selecionadas, com granulometria grossa a média, coloração cinza-clara e associadas a sedimentos areno-argilosos	Grupo Barreiras
V	Areia	Cobertura Arenosa	Areia quartzosa, inconsolidada, bem selecionada, fina a média, grãos arredondados e coloração cinza-clara.	Depósitos Eólicos Continentais
VI	Brita	Magmático/Plutônico	Granitóides com composição variando de granítica, tonalítica a granodiorítica e leucogranitos cálcio-alcálinos.	Suite Intrusiva Rosário
VII	Argila	Aluvionar II	Bolsões de argila bastante plástica, com dimensões variáveis e coloração marrom com porções cinza-claras a creme.	Depósitos Aluvionares Quaternários
VIII	Argila	Formacional/Sedimentar	Bolsões lenticulares e/ou camadas de argila bastante plástica de cor creme a cinza-clara, associados a sedimentos arenosos.	Grupo Itapecuru Indiviso
IX	Argila	Formacional/Sedimentar	Bolsões de argila intercalados em arenitos argilosos grossos, de coloração avermelhada.	Grupo Barreiras
X	Argila	Material de Empréstimo	Sedimentos areno-argilosos intemperizados, mal selecionados de coloração amarelo-avermelhada.	Grupos Barreiras e Itapecuru Indiviso

Na indústria da construção que constitui o setor que mais demanda a utilização de areia, a mesma é aplicada nos seguintes setores:

- Preparo de concreto hidráulico ou concreto de cimento Portland;
- Pavimento de estradas;
- Revestimento betuminoso e de concreto cimento;
- No preparo de argamassas de assentamento e revestimento;
- Permeabilização de vias e pátios; e
- Preparação de meio filtrante.

De forma geral, as aplicações da areia são quem definem as suas especificações, incluindo um maior ou menor grau de rigidez. Atualmente, quando utilizada na construção civil, as especificações mais rígidas da areia são para emprego na confecção de concreto de cimento Portland e argamassas para revestimento cerâmico; em contrapartida, as menos rígidas são as utilizadas no preparo de argamassas para assentamento e revestimento de paredes.

Nas especificações de areia são levados em conta vários aspectos, tais como: o grau de arredondamento e a seleção dos grãos, além da composição mineralógica dos grãos, textura, forma, granulometria, seguida das suas propriedades físicas exemplificadas pela resistência mecânica e desgaste, composição química, resultados de caracterização tecnológica e a presença de substâncias consideradas nocivas, como os sais solúveis, argila em torrões e matéria orgânica. Convém frisar, que as especificações de areia para uso industrial notadamente na vidraçaria são bastante rígidas, cuja falha na simples avaliação ou interpretação dos resultados analíticos da substância a ser empregada no processo produtivo pode inviabilizar toda uma linha de produção.

5.2.1.1 - Depósitos Minerais Cadastrados na Região Metropolitana de São Luís e Entorno

Os depósitos de areia detectados na região Metropolitana de São Luís e entorno, ocorrem associados a vários domínios geológicos. Os domínios mais importantes, do ponto de vista econômico, são os inseridos nos sedimentos aluvionares, tanto nas suas várzeas, quanto no leito ativo dos rios que drenam a região (também conhecidos como depósitos de canal). Têm-se ainda explorações de areias associadas aos sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras, às litologias pelítico-psamíticas do Grupo Itapecuru Indiviso e aos sedimentos Eólicos Continentais. Durante o transcorrer deste estudo, no que se refere à areia associada às tipologias acima mencionadas, foram cadastrados e estudados um total de 51 afloramentos, onde 39 desses pontos estão inseridos em áreas requeridas junto ao DNPM, e os 12 restantes, são considerados meras ocorrências ou garimpos. Desses 51

pontos cadastrados, em 48 deles a areia constitui-se na substância principal, e nos 3 restantes, é substância secundária, ocorre associada à argila, à laterita e ao saibro. Na Tabela 5.2 acham-se relacionadas todas as ocorrências, depósitos e lavras de areia cadastrados durante o presente estudo, contendo ainda sua localização, modo de ocorrência, unidade estratigráfica e situação legal do jazimento.

5.2.1.2 - Depósitos Aluvionares

Os depósitos de natureza aluvionar detectados na região em tela compreendem os denominados de canal ou de leito ativo (Depósito Aluvionar I), e os de planície de inundação ou de várzeas (Depósito Aluvionar II). Os associados ao primeiro tipo apresentam largura e extensão consideráveis, dispostos ao longo dos rios e riachos que drenam a região em epígrafe. Em geral, estas areias mostram-se mal selecionadas, constituindo grãos médios a grossos. Apresentam coloração creme a cinza-clara, sendo destituídas de diagênese e compostas principalmente de quartzo, contendo ainda feldspatos e ocasionalmente micas. Os principais depósitos e frentes de lavra associados a esta tipologia situam-se no leito dos rios Munim (municípios de Presidente Juscelino/Cachoeira Grande e Axixá/Morros - Foto 5.1) e Itapecuru (município de Rosário).



Foto 5.1 - Extração de areia localizada no leito do Rio Munim (Afloramento LL 056).

No que concerne aos depósitos de várzeas, os mesmos constituem extensos bolsões de areia inconsolidada, dispostos ao longo dos sedimentos areno-argilosos de planície de inundação. São constituídos por uma areia quartzosa grossa na base, seguida de areia quartzosa média a fina na parte superior. No geral apresentam melhor selecionamento e grau de arredondamento, que os associados ao leito ativo, e por vezes apresentam um pequeno nível areno-argiloso de coloração cinza a cinza-escura. Por vezes é comum a presença de seixos esparsos de quartzo na base do depósito. Os principais depósitos associados a esta tipologia foram detectados na região

Tabela 5.2 – Ocorrências, depósitos e lavras de areias cadastradas pelo projeto e o seu condicionamento geológico.

Nº de Ocorrências	Nº do Afloramento	Toponímia	Município	Substância	Modo de Ocorrência	Unidade Estratigráfica	Situação Legal do Jazimento
1	KA 001	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
2	KA 002	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
3	KA 003	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Conseção de Lavra
4	KA 004	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Fora de área do DNP/M-Garimpo
5	KA 005	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Requerimento de Licenciamento
6	KA 006	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
7	KA 007	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Conseção de Lavra
8	KA 008	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
9	LL 001	Vila da Maresia	Raposa	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Fora de área do DNP/M-Ocorrência
10	LL 002	Jussara	Raposa	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos de Pântanos e Mangues	Fora de área do DNP/M-Garimpo
11	LL 003	Jussara	Raposa	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos de Pântanos e Mangues	Fora de área do DNP/M-Garimpo
12	LL 004	Porto Grande	Paço do Lumiar	Areia/Saibro/Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu	Licenciamento
13	LL 005	Porto Grande	Paço do Lumiar	Areia/Saibro/Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu	Licenciamento
14	LL 006	Porto Grande	Paço do Lumiar	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Fora de área do DNP/M-Garimpo
15	LL 007	Jazida Mocajituba	Paço do Lumiar	Areia/Saibro/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu	Licenciamento
16	LL 008	Tendal	Paço do Lumiar	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Autorização de Pesquisa
17	LL 009	Próximo ao Conjunto Habitacional	São José de Ribamar	Argila/Areia	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu	Licenciamento
18	LL 010	Rod. MA 106, próximo à Churrascaria Marisco	Alcântara	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Disponibilidade
19	LL 012	Rod. MA 106, sentido Bequimão, após trevo de Sta. Teresa	Alcântara	Argila/Areia	Formação Sedimentar	Formação Cujupe (?)	Disponibilidade
20	LL 013	Rod. MA 106, entre Novo Belém e São Benedito	Alcântara	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Disponibilidade
21	LL 015	Cocal	São José de Ribamar	Saibro/Laterita/Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
22	LL 018	Cidade Olímpica	São José de Ribamar	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
23	LL 019	Quebra Pote	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Fora de área do DNP/M-Garimpo
24	LL 032	A SE da Granja Sapucaia	Rosário	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Licenciamento
25	LL 033	Estrada de Salvater	Rosário	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
26	LL 035	Barreiras	Rosário	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa

Nº de Ocorrências	Nº do Afloramento	Toponímia	Município	Substância	Modo de Ocorrência	Unidade Estratigráfica	Situação Legal do Jazimento
27	LL 036	Barreiras	Rosário	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
28	LL 037	A N de São Simão	Rosário	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
29	LL 044	A N de Bom Jesus, entre Bom Tempo e Bom Jesus	Axixá	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
30	LL 045	Estrada a N de Munim-Munim	Axixá	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
31	LL 051	A NNE do Cemitério de Axixá	Axixá	Areia	Paleodunas	Depósitos Eólicos Continentais Antigos	Autorização de Pesquisa
32	LL 052	Próximo ao trevo de Axixá e Morros	Axixá	Areia	Paleodunas	Depósitos Eólicos Continentais Antigos	Fora de área do DNPM-Garimpo
33	LL 054	A W de Munhanço	Axixá	Areia	Paleodunas	Depósitos Eólicos Continentais Antigos	Autorização de Pesquisa
34	LL 056	Povoado de Taboca	Presidente Juscelino	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Licenciamento
35	LL 057	Morros	Morros	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Requerimento de Licenciamento
36	LL 058	Porto da Casca	Presidente Juscelino	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Licenciamento
37	LL 060	Zona urbana de Cachoeira Grande, na margem do rio Munim	Cachoeira Grande	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
38	LL 062	Próximo à ponte que une Axixá e Morros	Axixá	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
39	LL 067	Amarra Tripa	Bacabeira	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Fluvio-lagunares	Autorização de Pesquisa
40	LL 070	Povoado de Tremendal	Santa Rita	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Licenciamento
41	LL 072	Areias	Santa Rita	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Requerimento de Licenciamento
42	LL 073	A S de Timboatiba, às margens de afluente do rio Itapecuru	Santa Rita	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Requerimento de Pesquisa
43	LL 074	Timboatiba	Santa Rita	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
44	LL 075	Vale Quem Tem	Santa Rita	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Licenciamento
45	LL 078	Pedrinhas	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Requerimento de Licenciamento
46	LL 079	Rio dos Cachorros	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
47	LL 080	Entre Fndoba e Porto Grande, a N do Rio dos Cachorros	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa
48	LL 081	Pedrinhas	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
49	LL 085	Entre Itapera e Maracujá	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa
50	LL 100	A WSW de Itapecuru Mirim, às margens do rio Itapecuru	Itapecuru Mirim	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Fora de área do DNPM-Garimpo
51	LL 101	A WSW de Itapecuru Mirim, às margens do rio Itapecuru	Itapecuru Mirim	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Fora de área do DNPM-Garimpo

metropolitana em tela, notadamente nos municípios de São Luís, Rosário e Santa Rita, mais precisamente, nesses dois últimos municípios, nas várzeas do Rio Itapecuru (Foto 5.2).



Foto 5.2 - Extração de areia localizada na várzea do Rio Itapecuru (Afloramento LL 032).

5.2.1.3 - Depósitos Associados ao Grupo Itapecuru Indiviso

São os depósitos relacionados ao Grupo em apreço, o qual possui idade cretácica e acha-se inserido na Bacia do Parnaíba. Apresentam-se sob a forma de espessos depósitos de sedimentos areno-argilosos de coloração creme a avermelhada (Foto 5.3), constituído, principalmente, por grãos de quartzo. Em geral, constituem-se de arenitos arco-seanos, estratificados, com granulometria variando de grossa a conglomerática, com níveis pelíticos. Ocorrem ainda porções com granulometria média a grossa. A sua exploração inicia-se com o desmonte da encosta, seguida da lavagem, peneiramento, culminando com a separação e posterior estocagem da porção arenosa. Na medida em que se aprofundam as operações de lavra, têm-se o corte do nível freático com a consequente invasão da frente de lavra pelas águas. Na área objeto do presente estudo os principais depósitos relacionados a esta tipologia ocorrem nos municípios de São José de Ribamar, Alcântara e Paço do Lumiar, onde ocorrem importan-



Foto 5.3 - Depósitos de sedimentos areno-argilosos de coloração creme a avermelhada (Afloramento LL 005).

tes exposições destes arenitos argilosos formando amplos tabuleiros alongados de amplitude regional.

5.2.1.4 - Depósitos Associados ao Grupo Barreiras

Os jazimentos de areia associados a esta unidade estratigráfica, constituem uma importante fonte de suprimento desta substância na região metropolitana em questão (Foto 5.4). No geral relacionam-se a sedimentos areno-argilosos pouco consistentes, o que facilita os trabalhos de exploração. São ricos em quartzo e mostram-se mal selecionados, com granulometria variando de grossa a média, e de média a fina. Inicialmente o material é extraído com auxílio de pá carregadeira e posteriormente, é retirado, lavado e, através de hidrociclones, separado, com o descarte de seixos conglomeráticos e do material fino representado por silte e argila. Dentre os depósitos relacionados a esta unidade estratigráfica destacam-se os situados na região abrangida pelo município de São Luís, notadamente na porção sudeste da ilha de mesmo nome.



Foto 5.4 - Frente de extração de areia em sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras (Afloramento KA 005).

5.2.1.5 - Depósitos Associados a Sedimentos Eólicos Continentais

Os depósitos associados aos sedimentos eólicos constituem, também, uma fonte de fornecimento de areia à região metropolitana em apreço. No geral, são sedimentos constituídos por areia quartzosa inconsolidada, de granulometria fina a média. Mostram-se bem selecionados, com alto grau de pureza e ricos em grãos de quartzo arredondados. Atualmente, estes depósitos constituem uma fonte de fornecimento pouco utilizada devido às restrições de ordem ambiental.

Normalmente a retirada do material é feita com apoio de retroescavadeira e pá-carregadeira. Em seguida, o material extraído é estocado, e em seguida é providenciada a sua distribuição através de caminhões. A principal frente de extração relacionada a estas tipologias ocorre na área do município de Axixá (Foto 5.5).



Foto 5.5 - Frente de extração de areia quartzosa inconsolidada de granulometria fina a média (Afloramento 051).

5.2.1.6 - Recursos Estimados

Tomando por base as dimensões volumétricas das ocorrências cadastradas e relacionando-as com a continuidade das áreas de influências destes depósitos, pode-se admitir uma reserva potencial estimada superior a 200 Mt (duzentos milhões de toneladas) desta substância, as quais com base nos atuais quantitativos de consumo são mais que suficientes para abastecer a demanda regional pelas próximas quatro décadas.

5.2.1.7 - Avaliação das Características Tecnológicas das Areias

Durante o transcorrer dos trabalhos de campo foram coletadas amostras de areias em diversos afloramentos. Dessas, foram selecionadas e enviadas para o Laboratório da CPRM em Teresina, um total de 16 (Tabela 5.3). As fichas das análises de cada uma dessas amostras encontram-se nos anexos desse Informe. Neste laboratório foram executadas análises granulométricas do material enviado, as quais revelaram tratar-se de areias bem selecionadas, com 10 (dez) amostras apresentando granulometria fina, 2 (duas) granulometria muito fina, e as demais granulometria média. Tal resultado nos permite supor que estas substâncias podem ser aplicadas com sucesso na construção civil, incluindo a confecção de argamassas. Em função desta granulometria, e por tratar-se de areias ricas em quartzo, sugere-se a realização, futuramente, de ensaios de caracterizações mineralógica, tecnológicas e químicas destas substâncias, principalmente para identificar o seu grau de pureza e teor em SiO_2 , com o objetivo de verificar a possibilidade do seu uso na indústria de vidros ou produção do silício metálico.

5.2.2 - Pedra Britada

As denominadas britas ou pedra de brita constituem todo material proveniente de fragmentação

Tabela 5.3 – Granulometria das areias coletadas em diferentes locais.

Nº da amostra	Resultado
KA 003	Areia fina
KA 003-B	Areia fina
KA 005	Areia média
KA 005-B	Areia média
KA 008-A	Areia média
LL 001	Areia fina
LL 004	Areia fina
LL 005	Areia fina
LL 006	Areia fina
LL 007-A	Areia fina
LL 009-A	Areia muito fina
LL 010-A	Areia fina
LL 012-A	Areia fina
LL 018-A	Areia fina
LL 018-B	Areia muito fina
LL 019	Areia média

mecânica das rochas. Segundo Frazão (2007) as mesmas são denominadas graduadas, quando estão presentes em uma sequência contínua de dimensões, e enumeradas quando os seus fragmentos se encontram divididos pela abertura de duas peneiras consecutivas. O intervalo de disposição das dimensões é o máximo de 100 mm com a mínima de 4,8mm.

De acordo com o tamanho dos grãos retidos nas aberturas das peneiras de malha quadrada, as britas são produzidas na categoria de 1 a 5, além da denominada brita 0. Em geral estas classes compreendem as seguintes dimensões:

- Brita 0 – Mínima de 4,8 mm e máxima de 9,5 mm
- Brita 1 – mínima de 9,5 mm e máxima de 19 mm;
- Brita 2 – mínima de 19 mm e máxima de 25 mm;
- Brita 3 – mínima de 25 mm e máxima de 50 mm;
- Brita 4 – mínima de 50 mm e máxima de 76 mm; e
- Brita 5 – mínima de 76 mm e máxima de 100 mm.

A Foto 5.6 exhibe amostras de brita 0, 1, 2, 3 e brita graduada simples (BGS).

Além das dimensões acima descritas têm-se ainda outro resíduo da britagem, o qual é denominado pó de pedra ou areia de brita, que é produzido em frações mais finas, com dimensão máxima inferior a 0,075 mm. Quando este resíduo é produzido na faixa entre 0,075 mm a 2 mm, o mesmo pode ser negociado como areia industrial ou de brita.



Foto 5.6 – Da esquerda para a direita, amostras de britas 3, 2, 1, 0 e BGS (britas 1 + 0 + pó), conforme denominações utilizadas pelas empresas de mineração na região de Rosário e Bacabeira (MA) – Afloramento LL 025.

As principais rochas cristalinas utilizadas para a confecção de britas são os granitos, granodioritos, gnaisses, ortognaisses, migmatitos e quartzo dioritos. As quais apresentam alta resistência à flexão, ao impacto e à abrasão, além de alta compatibilidade e dureza, ressaltada pela presença de minerais de dureza média a alta, tais como o feldspato e o quartzo. Em certas regiões, para a obtenção deste produto, em função da pouca disponibilidade das rochas acima mencionadas pode-se utilizar também os basaltos e o calcário cristalino que, em geral apresentam propriedades físico-mecânicas que se assemelham às dos litotipos anteriormente referenciados.

Convém salientar que a composição mineralógica da rocha a ser britada, sua textura, forma de seus constituintes minerais, incluindo a presença de minerais friáveis ou alteráveis, associadas ou não à existência de microfissuramentos, constituem fatores determinantes na qualidade da brita a ser produzida, incluindo a possibilidade de a mesma ser susceptível a sofrer reação álcali agregados.

Atualmente, na indústria da construção civil a rocha britada é empregada como agregado graúdo quando no preparo de: concreto hidráulico, concreto betuminoso, pavimentação de estradas, lastro de ferrovias (onde os fragmentos são disponibilizados em tamanhos progressivos de cima para abaixo). São empregadas também como filtros de barragens, com a finalidade de criar um meio poroso para garantir a interceptação de fluxos preferenciais de águas.

Na construção civil, para o emprego de brita no concreto, deve-se proceder à elaboração de uma série de ensaios de caracterização tecnológica que são regidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Essas normas devem ser adotadas para atender à qualificação dos agregados graúdos, onde se inclui a pedra britada. Os principais ensaios exigidos acham-se regidos pelas seguintes normas:

- NBR 7225 – materiais de pedras e agregados naturais;
- NBR 7389 - análises petrográficas;
- NBR 6458 e NBR 9937 – densidade, porosidade e absorção;
- NBR 12583, NBR 12696 e NBR 12697 – alterabilidade;
- NBR 7251 e NBR 7810 – massa unitária;
- NBR 6954 e NBR 7809 – forma dos grãos;
- NBR 9938 – resistência ao esmagamento
- NBR NM 51 – resistência ao desgaste;
- NBR 6465 – resistência à abrasão; e
- NBR 6953 – resistência à compressão uniaxial.

Outros ensaios e especificações recomendados são os ensaios de compressão, impacto treton e sanidade com sulfato de sódio ou magnésio. No caso do uso da brita em concreto, são necessários os ensaios de abrasão Los Angeles – máximo de 50%; esmagamento - máximo de 30%; índice de forma – máximo de 3 %; material pulverulento – máximo de 1%; torrões de argila – máximo de 3%; fragmentos macios e friáveis – máximo de 3%; além da insubstituível análise petrográfica. Atualmente, em função de alguns acidentes na construção de edificações públicas e privadas, um dos ensaios mais recomendados é o de reações álcali agregados. Esse ensaio indica a possibilidade da brita, que será empregada, vir a apresentar essas reações tão prejudiciais ao concreto.

Na Região Metropolitana de São Luís e seu entorno, as principais frentes de produção de brita acham-se relacionadas às áreas de exposição dos plutonitos da Suíte Intrusiva Rosário. Localmente constituída por tonalitos, granitos, granodioritos, quartzo–dioritos, monzonitos e leucogranitos cálcio-alcalinos gerados em ambientes de arco magmático. No geral, estes plutonitos apresentam idade paleoproterozoica, dispostas no intervalo entre 2079 a 2130 Ma. Em termos tectônicos ocorrem inclusas no denominado Cráton de São Luís, o qual constitui uma janela do embasamento Arqueano aflorante na área concernente a esta região metropolitana. Durante a execução dos trabalhos de campo foram cadastrados 18 jazimentos e ocorrências de rochas para emprego na confecção de brita (Tabela 5.4).

Em certos locais observam-se que os plutonitos mostram-se foliados e estirados, resultado da ação mecânica ocasionada por falhas transcorrentes que afetaram a região e imprimiram sua feição e modelado estrutural em partes das litologias constituintes desta suíte.

5.2.2.1 - Principais Frentes de Produção

Durante o transcorrer dos trabalhos de campo foram cadastrados 18 afloramentos, entre ocorrências, depósitos e pedreiras em funcionamento, frentes

Tabela 5.4 – Ocorrências, depósitos e lavras de rochas utilizadas para a confecção de brita.

Número da Ocorrência	Nº do Afloramento	Toponímia	Município	Substância	Modo de Ocorrência	Unidade Estratigráfica	Situação Legal do Jazimento
1	LL 021	Peri de Baixo	Bacabeira	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Concessão de Lavra
2	LL 022	Peri de Baixo	Bacabeira	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Concessão de Lavra
3	LL 023	Peri de Baixo	Bacabeira	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Concessão de Lavra
4	LL 024	Peri de Baixo	Bacabeira	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Licenciamento
5	LL 025	Itamirim	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Concessão de Lavra
6	LL 026	Itamirim de Cima	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Concessão de Lavra
7	LL 031	Boa Vista	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Licenciamento
8	LL 038	Providência	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Autorização de Pesquisa
9	LL 039	Povoado Miranda	Rosário	Granitoide	Laje de granitoide	Suite Rosário	Autorização de Pesquisa
10	LL 040	Povoado Miranda	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Licenciamento
11	LL 041	A N de Nambuaçu de Baixo e a NW de Bom Tempo	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Licenciamento
12	LL 042	A N de Lago Grande	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Fora de área do DNPM-Ocorrência
13	LL 046	A montante do Igarapé Ribeirão	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Autorização de Pesquisa
14	LL 047	Povoado de Perijuçara	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Autorização de Pesquisa
15	LL 049	Povoado de Burgos	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Fora de área do DNPM-Ocorrência
16	LL 050	Povoado Vila Glória	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Requerimento de Licenciamento
17	LL 055	Munhanuçu, próximo do Igarapé do Encontro	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Autorização de Pesquisa
18	LL 059	Porto da Casca	Cachoeira Grande	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Fora de área do DNPM-Ocorrência

de lavras paralisadas e áreas objeto de requerimentos de pesquisa e de licenciamento para a futura produção de tal substância. No geral, localizam-se nos municípios de Bacabeira, Rosário e Axixá parcialmente, sendo constituídos notadamente de leucotonalitos de granulção média a grossa, localmente afetados pela Zona de Cisalhamento Arco Ferrer-Urbano Santos.

A lavra ocorre sob a forma de bancadas altas, com algumas pedreiras apresentando mais de dois níveis de bancadas altas. A exploração é feita com o auxílio de marteletes, compressores, além do uso de pá carregadeira, tratores e caminhões do tipo camba (Foto 5.7).



Foto 5.7 — Frente de Lavra em atividade (Afloramento LL 022).

No geral, os plutonitos pertencem à Suíte Intrusiva Rosário, constituindo amplos afloramentos sob a forma de maciços de composição variando de leucotonalitos a granodioritos e tonalitos. Mostram-se em certos pontos capeados por espessa cobertura eluvial areno-argilosa. Na Tabela 5.4 são apresentadas as ocorrências e locais de extração cadastrados durante a execução do estudo em tela, incluindo os locais de exploração atualmente em atividade, frentes de lavra paralisadas e das áreas objeto de requerimento de pesquisa.

5.2.2.2 - Recursos Estimados

As ocorrências de rocha para a confecção de brita inserem-se ao longo da área de exposição da Suíte Intrusiva Rosário, onde os plutonitos constituintes formam corpos de amplitude regional. Com base nas reservas obtidas junto às empresas mineradoras atuantes na região, aliadas à interpretação da continuidade destes granitoides ao longo da área objeto do estudo em foco, pode-se estimar uma reserva potencial superior a mais de 600 Mt (seiscentos milhões de toneladas) de rochas, passíveis de serem usadas como brita. Tal quantitativo nos permite admitir que as mesmas possam suprir a demanda regional desta matéria-prima por pelo menos 40 anos.

Convém frisar, entretanto, a necessidade da realização de serviços de ordenamento territorial com a finalidade de disciplinar o avanço da mancha urbana e garantir a inviolabilidade destas reservas.

5.2.2.3 - Caracterização Tecnológica das Britas

Durante a execução do projeto, foram enviadas 3 (três) amostras para elaboração de ensaios tecnológicos para brita, as quais foram remetidas para o Laboratório do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), fornecendo os resultados exibidos na Tabela 5.5:

- A distribuição granulométrica indica um diâmetro médio de 12,5 mm com uma presença de finos nas frações areia e argila, de aproximadamente 0,08%;
- A densidade aparente do material britado é de 1,450 t/m³, sendo compatível com a média esperada para estes materiais, com um empolamento estimado em torno de 50%;
- No que concerne ao índice de forma, o material britado apresentou um valor médio de 2,17% indicando que o mesmo poderá atender às especificações para uso em concreto, já que o parâmetro máximo considerado é de 3%;
- No que concerne aos índices físicos dos materiais analisados, os valores aparentes obtidos para absorção variam entre 0,180 e 0,207%, enquanto o de porosidade aparente é de 0,514%, indicando uma boa coesão do material rochoso, o qual deverá possuir boa resistência à flexão e a compressão;
- Quanto ao desgaste abrasivo Los Angeles, os resultados mostraram-se satisfatórios, pois o valor de 11% apresentado para a faixa B atende perfeitamente aos limites para a aplicação em concreto;
- Em termos de índice de forma os resultados obtidos mostraram, em 80% das amostras, uma forma predominantemente cúbica, tendo-se encontrado também formas lamelares em 7,5% da matéria; alongada em 10%; e alongada-lamelar em apenas 2,5% das amostras.
- No que diz respeito às reações denominadas álcali agregados, a amostra LL-R-024 apresentou resultados que foram considerados inócuos para desenvolvimento destas reações. Tal assertiva nos permite frisar, que as britas resultantes do local onde foi coletada a referida amostra constituem um produto de excelente qualidade, podendo ser aplicada para uso em concreto e nos mais diversos campos da indústria da construção civil. Os resultados das análises podem ser observados nos anexos desse Informe.

5.2.3 - Argilas para Cerâmica Vermelha e Industrial

Conceitualmente, argila constitui um material de textura terrosa, granulção fina, que geralmen-

Tabela 5.5 – Resultados dos ensaios tecnológicos para brita.

Amostra	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Seca (g/cm ³)	Massa Específica Saturada (g/cm ³)	Porosidade (%)	Absorção (%)	Densidade Aparente Seca (t/m ³)	Diâmetro Médio (D50)	Índice de Forma		
								Relações (médias)		Classificação
								a/b	b/c	
LL-R-024	-	2,777 ± 0,017	2,785 ± 0,018	1,008 ± 0,296	0,365 ± 0,109	-	-	0,83	0,75	Cúbica
LL-R-025	0,192	2,789 ± 0,051	2,794 ± 0,050	0,495 ± 0,169	0,192 ± 0,074	1,456 ± 0,006	12,5 mm	0,76	0,59	Cúbica
LL-R-031	0,207	2,856 ± 0,043	2,862 ± 0,044	0,514 ± 0,276	0,180 ± 0,095	1,450 ± 0,011	12,5 mm	0,71	0,69	Cúbica

te adquire, quando umedecida em água, certo grau de plasticidade. Segundo Santos (1975), as argilas são formadas por partículas de fração granulométrica de dimensões iguais ou inferiores a 2 µm, contendo um número restrito de minerais chamados argilominerais.

Normalmente esta substância pode ser composta apenas por um ou uma mistura de dois ou mais argilominerais. Em termos químicos constitui um silicato de alumínio hidratado, geralmente contendo outros elementos, tais como: ferro, magnésio, cálcio, potássio, lítio e etc. Os principais grupos das argilas são a caulinita, illita, smectita, e montmorilonita. Têm-se ainda o grupo formado pelas cloritas, vermiculita e saponita/poligorsquita.

As argilas possuem uma ampla variedade de aplicações industriais, sendo utilizadas, principalmente, na construção civil e na indústria cerâmica, onde constituem parte da composição ou total das massas empregadas na cerâmica vermelha, precisamente na confecção de tijolos, telhas, manilhas, blocos estruturais, lajotas, e de elementos vazados.

Na denominada cerâmica branca a argila pode ser utilizada na produção de louça sanitária, porcelana de mesa, porcelana elétrica, porcelana técnica ou de laboratório e na confecção de porcelanato, azulejos, ladrilhos e pastilhas. Outros setores industriais, que utilizam a argila em seu processo produtivo, são de: materiais refratários; em produtos sílico-aluminosos e aluminosos; isolantes térmicos para refratários; isolantes e fibras cerâmicas; indústria de cimento Portland; pozzolana; vidro; abrasivo; agregado leve; papel; borracha e plástico; tintas; fluido de perfuração; e outras.

A classificação de uma argila visando o seu emprego industrial é feita através de um variado número de análises e caracterizações tecnológicas. Inicialmente, a principal análise a ser pleiteada é a identificação dos argilominerais constituintes; seguida da sua química de óxidos, que auxilia a definir o grupo das argilas e a determinar as percentagens das respectivas impurezas presentes, tais como: o quartzo, feldspato, mica, óxido e hidróxido de ferro e alumínio e a presença de matéria orgânica que constituem informações importantes e de grande validade para o processo industrial.

De saída, o teor em óxido de ferro permite a classificação da argila para seu uso em cerâmica vermelha ou não, pois quando este teor situa-se no intervalo entre 1 e 8 % de Fe_2O_3 , a substância situa-se no grupo das denominadas argilas vermelhas. No caso dos ensaios para fins cerâmicos, os denominados testes preliminares ou de queima, os quais segundo Santos (1975) são efetuados em três etapas, com o seguinte procedimento:

Inicialmente a classificação das argilas em três grupos cerâmicos pela cor da queima apresentada pelos corpos de prova após secagem a 110 °C e, posteriormente, após cor da queima a três temperaturas: até 950 °C cerâmica vermelha, até 1250 °C cerâmica branca, e após 1450 °C cerâmica refratária. Em

seguida tem-se ainda a classificação das argilas em subgrupos, pelas suas propriedades físico-mecânicas ou propriedades cerâmicas, que propiciam a classificação da argila para um dos tipos industriais. Para outros fins são utilizados outros ensaios.

5.2.3.1 - Principais Depósitos Minerais

Na Região Metropolitana de São Luís e entorno os depósitos de argila e as atuais frentes de produção são de origem sedimentar e acham-se associados aos terraços aluvionares de várzeas, datados do Quaternário. Têm-se ainda as frentes de produção de argila resultantes da lavra de bolsões e camadas de argila associados aos arenitos argilosos do Grupo Itapecuru Indiviso inserido na Bacia do Parnaíba e aos bolsões pelíticos relacionados a sedimentos arenosos do Grupo Barreiras. Durante a execução do estudo em tela, foram avaliadas 42 ocorrências de argila. Destas, 40 servem para emprego na indústria de cerâmica vermelha, enquanto as outras 2 restantes foram cadastradas como argila industrial devido ao seu emprego mais nobre (Tabela 5.6). Dos 42 pontos cadastrados, em 36 deles, a argila constitui-se na substância principal, e nos 6 restantes, na substância secundária, ocorrendo associada a areia, saibro e cascalho.

5.2.3.2 - Argilas Associadas aos Sedimentos de Aluvião

Os principais depósitos de natureza aluvionar associam-se às várzeas do Rio Itapecuru, notadamente no município de Itapecuru Mirim. Neste local a argila extraída mostra-se bastante plástica, de coloração amarronzada, com variações cinza-clara a creme, além de serem destituídas de matéria orgânica. Normalmente estes jazimentos ocupam áreas com extensões e larguras consideráveis. As operações de lavra são feitas em bancadas com alturas variando entre 1,0 e 4,0 m, onde o material é extraído, com o apoio de retroescavadeira e posteriormente transportado em caminhões tipo caçamba para os pátios de estocagem, onde então, é distribuído para as cerâmicas da região.

5.2.3.3 - Argilas Relacionadas ao Grupo Itapecuru Indiviso

As principais frentes de extração de argila nesta região metropolitana acham-se associados aos sedimentos do Grupo Itapecuru Indiviso, onde ocorrem formando camadas e bolsões lenticulares intercalados nos sedimentos arenoso-argilosos de amplitude regional, pertencentes ao Grupo Itapecuru Indiviso (Foto 5.8).

Nestes locais extraem-se argilas bastante plásticas de coloração cinza-clara a marrom-avermelhada. Parcialmente, observam-se porções silti-

Tabela 5.6 – Mostra as ocorrências de argila cadastradas pelo projeto.

Número da Ocorrência	Nº do Afloramento	Toponímia	Município	Substância	Modo de Ocorrência	Unidade Estratigráfica	Situação Legal do Jazimento
1	KA 008	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
2	LL 007	Jazida Mocajituba	Paço do Lumiar	Areia/Sabro/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
3	LL 009	Próximo ao Conjunto Habitacional	São José de Ribamar	Argila/Areia	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
4	LL 010	Rod. MA 106, próximo à Churrascaria Marisco	Alcântara	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Disponibilidade
5	LL 012	Rod. MA 106, sentido Bequimão, após trevo de Sta. Teresa	Alcântara	Argila/Areia	Formação Sedimentar	Formação Cuijube (?)	Disponibilidade
6	LL 013	Rod. MA 106, entre Novo Belém e São Benedito	Alcântara	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Disponibilidade
7	LL 018	Cidade Olímpica	São José de Ribamar	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
8	LL 020	Quebra Pote	São Luís	Cascalho/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Fora de área do DNFM-Garimpo
9	LL 027	Boa Vista	Rosário	Argila	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Licenciamento
10	LL 028	Barreiras	Rosário	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
11	LL 029	Barreiras	Rosário	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
12	LL 030	Barreiras	Rosário	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
13	LL 034	Alto Castelo	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Autorização de Pesquisa
14	LL 043	Nambuaçu de Cima	Rosário	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Disponibilidade
15	LL 048	A montante do Igarapé Perijucara, a N de Axixá	Axixá	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa
16	LL 053	2 km a SSE do trevo de Axixá e Morros	Axixá	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa
17	LL 063	Povoado de São Pedro	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Autorização de Pesquisa
18	LL 064	Povoado de São Pedro	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
19	LL 065	Povoado de São Pedro	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Autorização de Pesquisa
20	LL 066	Povoado de São Pedro	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
21	LL 068	Ilha Grande	Bacabeira	Argila	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Fluvio-lagunares	Autorização de Pesquisa
22	LL 071	São Francisco	Santa Rita	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
23	LL 076	Zona rural de Bacabeira	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
24	LL 077	Zona rural de Bacabeira	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Autorização de Pesquisa
25	LL 082	A NW de Estiva e S de Juçara	São Luís	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa
26	LL 083	Juçara, a S de Coqueiro	São Luís	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Requerimento de Licenciamento
27	LL 084	Entre Estiva e Cajueiro	São Luís	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa
28	LL 086	Próximo ao Igarapé Itapeturuzinho	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
29	LL 087	Entre a Fazenda Boa Esperança e Bonag, a N de Poço do Campo	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
30	LL 088	Mina do Galpão	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
31	LL 089	Próximo à Fazenda Boa Esperança	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
32	LL 090	A S da Fazenda Santa Sé	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Fora de área do DNFM-Garimpo
33	LL 091	A NW da Fazenda Santa Sé, entre essa e a Fazenda Campos Novos	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
34	LL 092	Itapeturu Mirim, próximo à Caixa d'água	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
35	LL 093	A SE de Itapeturu Mirim, a N da Fazenda Santa Sé	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Requerimento de Licenciamento
36	LL 094	A SE de Itapeturu Mirim, a NE da Fazenda Santa Sé	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Requerimento de Licenciamento
37	LL 095	A SE de Itapeturu Mirim, a S do Alto da Antena	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
38	LL 096	Campo da Cruz	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
39	LL 097	A ESE de Itapeturu Mirim, próximo ao Igarapé Pcadinha	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
40	LL 098	A ESE de Itapeturu Mirim, próximo ao Igarapé Pcadinha	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
41	LL 099	A SE de Cova	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento
42	LL 102	A ESE da Localidade de Cova	Itapeturu Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapeturu (Indiviso)	Licenciamento



Foto 5.8 – Argilas bastante plásticas de coloração cinza-clara a marrom-avermelhada (Afloramento LL 087).

co-argilosas menos plásticas. Sua exploração é feita através de bancadas altas, onde o material extraído com o auxílio de retroescavadeira e apoio de caminhões tipo caçamba é, então, transportado para o pátio de estocagem e posteriormente distribuído, para as cerâmicas da região abrangida pelos municípios de Itapecuru Mirim e Rosário. Notadamente para Itapecuru Mirim, que constitui o principal polo cerâmico desta região metropolitana. A principal cerâmica associada a esta tipologia é a Cerâmica Cerita, situada no município de Itapecuru Mirim, a qual produz tijolos e telhas.

5.2.3.4 - Depósitos de Argila Associados ao Grupo Barreiras

As frentes de produção de argila vermelha de natureza sedimentar, associadas ao Grupo Barreiras, ocorrem principalmente na região abrangida pela área do município de São Luís (Foto 5.9). Nesta tipologia, a argila ocorre sob a forma de bolsões intercalados nos arenitos argilosos, de cor variegada, e mal selecionados desta unidade geológica. Nestes



Foto 5.9 - Argila ocorrendo sob a forma de bolsões intercalados nos arenitos argilosos (Afloramento KA 008).

jazimentos a argila extraída mostra-se bastante plástica, apresentando cores cinza-clara a marrom-avermelhada, exibindo, porém, maior teor em quartzo que as argilas associadas ao Grupo Itapecuru Indiviso, isto é, evidenciam um maior grau de impurezas.

A exploração também é feita a partir de bancadas altas, com o uso de pás-carregadeira e auxílio de caminhões tipo caçamba, onde o material extraído é transportado para o pátio de estocagem e posteriormente distribuído para as indústrias de cerâmica vermelha da região em tela. A principal frente de extração relacionada a esta tipologia situa-se na localidade de Cidade Olímpica, município de São José de Ribamar e trata-se da Mina do Reginaldo, ou simplesmente, Piçarreira do Reginaldo. Toda a argila aí extraída, apesar de constituir-se em substância secundária desse depósito, é negociada com as cerâmicas da região.

5.2.3.5 - Recursos Estimados

Tomando por base os elementos compilados junto às empresas cadastradas, associados aos parâmetros observados em campo, com as continuidades das ocorrências cadastradas e a relação das mesmas, com as tipologias e os seus condicionantes geológicos permitem estimar uma reserva potencial em torno de 120 Mt (cento e vinte milhões de toneladas) de argilas para uso na cerâmica vermelha e em certos casos para outras aplicações industriais. Convém frisar, que a reserva acima estimada engloba tanto as ocorrências associadas aos sedimentos aluvionares, quanto às formações sedimentares relacionados aos grupos Itapecuru Indiviso e Barreiras.

5.2.3.6 - Caracterização Tecnológica das Argilas

Durante o transcorrer dos trabalhos foram enviadas 16 amostras de argilas diversas a serem submetidas a ensaios de caracterização tecnológica (Tabela 5.7). As amostras em tela foram coletadas em locais representativos das tipologias descritas para os depósitos cadastrados e no geral revelaram resultados bastante condizentes para o seu emprego na indústria de cerâmica vermelha.

No que tange aos testes de queima, as mesmas com exceção da amostra LL-R-018D queimaram entre as temperaturas de 850 e 950 OC nas cores rosa e vermelha, no que concerne aos índices de plasticidade, aproximadamente, 07 amostras apresentaram plasticidade alta, 04 mostraram plasticidade baixa e o restante índice de plasticidade mediano.

Os índices de absorção d'água variam no intervalo de $8,49 \pm 0,24$ a $32,25 \pm 1,02$, enquanto os de porosidade situam-se no intervalo de $18,01 \pm 0,40$ a $49,40 \pm 1,36$. No que concerne aos valores de unidade de conformação e retração linear, os mesmos variaram entre os extremos de $8,65 \pm 0,60$

Tabela 5.7 – Resultados dos ensaios realizados em amostras de argilas coletadas pelo projeto.

Amostra	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TFC (Mpa)	IP (%)	Característica (IP)
KA 008B	850	Rosa	10,96 ± 0,21	0,96 ± 0,03	18,93 ± 0,34	33,33 ± 0,41	1,76 ± 0,01	2,98 ± 1,67	7,38	Medianamente Plástica
	900	Rosa	10,66 ± 0,15	1,27 ± 0,06	18,67 ± 0,72	33,12 ± 0,95	1,77 ± 0,02	3,83 ± 0,80		
	950	Rosa	10,23 ± 0,17	1,98 ± 0,04	18,63 ± 0,22	33,64 ± 0,26	1,81 ± 0,01	4,52 ± 0,43		
LL 007B	850	Vermelho-claro	10,86 ± 0,36	0,43 ± 0,08	17,38 ± 0,33	32,02 ± 0,41	1,84 ± 0,01	1,18 ± 0,32	4,67	Fracamente Plástica
	900	Vermelho-claro	10,80 ± 0,13	0,60 ± 0,12	17,68 ± 0,14	32,69 ± 0,27	1,85 ± 0,01	1,50 ± 0,37		
	950	Vermelho-claro	9,82 ± 0,18	0,97 ± 0,04	17,77 ± 0,26	33,15 ± 0,33	1,87 ± 0,01	1,47 ± 0,64		
LL 012B	850	Rosa	11,15 ± 0,40	0,40 ± 0,20	17,23 ± 0,34	31,18 ± 0,42	1,81 ± 0,01	2,71 ± 1,53	-	Não Plástica
	900	Rosa	11,19 ± 0,13	0,88 ± 0,11	17,37 ± 0,60	31,60 ± 0,84	1,82 ± 0,02	4,83 ± 0,83		
	950	Rosa	10,79 ± 0,11	1,33 ± 0,09	17,46 ± 0,20	32,10 ± 0,27	1,84 ± 0,01	5,66 ± 0,37		
LL 018D	850	Creme-claro	11,11 ± 0,16	1,28 ± 0,21	27,90 ± 1,74	45,66 ± 2,17	1,64 ± 0,02	2,52 ± 1,76	16,91	Altamente Plástica
	900	Creme-claro	8,95 ± 3,25	0,65 ± 0,39	31,38 ± 0,32	48,98 ± 1,06	1,56 ± 0,02	6,79 ± 2,72		
	950	Creme-esverdeado	8,73 ± 0,73	(0,04) ± 0,22	32,75 ± 1,02	49,41 ± 1,36	1,51 ± 0,02	6,27 ± 0,56		
LL 018E	850	Vermelho	12,36 ± 0,15	0,34 ± 0,14	14,30 ± 0,07	29,44 ± 0,16	2,06 ± 0,00	3,96 ± 0,43	3,48	Fracamente Plástica
	900	Vermelho	11,95 ± 0,11	0,69 ± 0,05	14,60 ± 0,09	30,12 ± 0,13	2,06 ± 0,00	3,85 ± 0,22		
	950	Vermelho	10,81 ± 0,24	0,92 ± 0,04	14,32 ± 0,09	29,65 ± 0,14	2,07 ± 0,00	3,81 ± 0,16		
LL 027	850	Laranja-claro	10,33 ± 0,13	(0,32) ± 0,09	11,49 ± 0,10	23,49 ± 0,19	2,04 ± 0,00	4,89 ± 0,39	8,00	Medianamente Plástica
	900	Laranja-claro	9,80 ± 0,11	(0,18) ± 0,03	11,90 ± 0,07	24,24 ± 0,10	2,04 ± 0,00	5,37 ± 0,51		
	950	Laranja-claro	8,65 ± 0,10	0,01 ± 0,06	11,87 ± 0,03	24,20 ± 0,05	2,04 ± 0,00	5,69 ± 0,25		
LL 029	850	Vermelho	11,05 ± 0,30	0,45 ± 0,13	11,14 ± 0,20	22,93 ± 0,33	2,06 ± 0,01	12,96 ± 1,65	7,56	Medianamente Plástica
	900	Vermelho	10,50 ± 0,19	1,10 ± 0,08	10,77 ± 0,10	22,37 ± 0,19	2,08 ± 0,00	14,96 ± 0,98		
	950	Vermelho	9,02 ± 0,47	1,61 ± 0,07	10,09 ± 0,11	21,19 ± 0,11	2,10 ± 0,01	16,38 ± 1,76		
LL 030	850	Laranja-claro	10,82 ± 0,09	(0,38) ± 0,03	11,91 ± 1,28	22,90 ± 0,17	2,00 ± 0,05	7,96 ± 0,44	4,46	Fracamente Plástica
	900	Laranja-claro	10,14 ± 0,14	(0,23) ± 0,07	11,57 ± 0,07	23,29 ± 0,10	2,01 ± 0,00	7,86 ± 0,56		
	950	Laranja-claro	8,82 ± 0,94	(0,04) ± 0,09	11,39 ± 0,09	22,90 ± 0,14	2,03 ± 0,02	8,01 ± 0,74		
LL 064	850	Laranja-claro	11,28 ± 0,35	(0,42) ± 0,05	12,42 ± 0,10	24,65 ± 0,16	1,98 ± 0,00	5,69 ± 0,71	10,65	Medianamente Plástica
	900	Laranja-claro	11,00 ± 0,22	(0,46) ± 0,08	12,74 ± 0,10	25,18 ± 0,16	1,98 ± 0,00	6,13 ± 0,29		
	950	Laranja-claro	9,57 ± 0,38	(0,25) ± 0,14	12,65 ± 0,09	25,02 ± 0,14	1,98 ± 0,00	6,37 ± 0,87		
LL 065	850	Creme	10,51 ± 0,33	(0,12) ± 0,05	14,97 ± 0,25	28,63 ± 0,35	1,91 ± 0,01	6,18 ± 0,62	9,69	Medianamente Plástica
	900	Creme	10,49 ± 0,12	0,15 ± 0,07	15,55 ± 0,27	29,67 ± 0,36	1,91 ± 0,01	6,73 ± 0,71		
	950	Creme	9,62 ± 0,11	0,26 ± 0,03	15,74 ± 0,21	29,97 ± 0,28	1,90 ± 0,01	7,45 ± 0,90		
LL 088	850	Vermelho	10,89 ± 0,64	(0,02) ± 0,15	12,61 ± 0,08	25,33 ± 0,14	2,01 ± 0,00	13,07 ± 1,17	15,63	Altamente Plástica
	900	Vermelho	11,59 ± 0,09	0,11 ± 0,13	13,10 ± 0,13	26,34 ± 0,20	2,01 ± 0,00	11,84 ± 1,88		
	950	Vermelho	11,38 ± 0,68	0,37 ± 0,13	12,21 ± 0,37	24,73 ± 0,57	2,03 ± 0,02	10,88 ± 0,71		
LL 091	850	Creme-escuro	11,46 ± 1,04	(0,07) ± 0,05	13,22 ± 0,14	25,97 ± 0,23	1,96 ± 0,00	7,50 ± 0,92	18,82	Altamente Plástica
	900	Creme-escuro	10,73 ± 0,75	0,36 ± 0,18	13,34 ± 0,59	26,41 ± 0,87	1,98 ± 0,02	9,05 ± 0,74		
	950	Creme-escuro	11,11 ± 0,19	0,56 ± 0,05	13,01 ± 0,09	25,73 ± 0,13	1,98 ± 0,00	8,27 ± 0,42		
LL 094	850	Creme-escuro	10,80 ± 0,69	0,18 ± 0,16	9,62 ± 0,35	19,93 ± 0,62	2,07 ± 0,01	12,63 ± 0,18	16,03	Altamente Plástica
	900	Creme-escuro	11,78 ± 0,10	0,43 ± 0,25	10,33 ± 0,42	21,34 ± 0,87	2,06 ± 0,00	11,50 ± 1,70		
	950	Creme-escuro	11,73 ± 0,11	0,71 ± 0,05	8,49 ± 0,24	17,79 ± 0,45	2,10 ± 0,01	15,67 ± 0,69		
LL 096A	850	Creme-claro	10,23 ± 0,35	(0,33) ± 0,04	12,52 ± 0,30	25,51 ± 1,81	2,04 ± 0,15	5,23 ± 0,35	4,37	Fracamente Plástica
	900	Creme-claro	10,58 ± 0,22	(0,23) ± 0,09	13,01 ± 0,11	25,65 ± 0,17	1,97 ± 0,00	4,81 ± 0,62		
	950	Creme-claro	10,36 ± 0,16	(0,19) ± 0,02	12,54 ± 0,11	24,78 ± 0,18	1,98 ± 0,00	4,92 ± 0,12		
LL 096B	850	Laranja	12,20 ± 0,20	0,18 ± 0,15	10,02 ± 0,57	20,47 ± 1,21	2,00 ± 0,10	13,57 ± 1,28	18,25	Altamente Plástica
	900	Laranja	12,82 ± 0,15	0,52 ± 0,12	10,40 ± 0,43	21,52 ± 0,72	2,07 ± 0,02	13,02 ± 1,56		
	950	Laranja	12,64 ± 0,18	1,06 ± 0,18	8,63 ± 0,21	18,01 ± 0,40	2,09 ± 0,01	12,32 ± 1,54		
LL 098	850	Creme-escuro	12,28 ± 0,37	(0,05) ± 0,12	13,00 ± 0,07	25,67 ± 0,11	1,98 ± 0,00	9,83 ± 1,13	15,35	Altamente Plástica
	900	Creme-escuro	12,51 ± 0,23	0,28 ± 0,12	13,36 ± 0,10	26,44 ± 0,17	1,98 ± 0,00	9,96 ± 1,14		
	950	Creme-escuro	14,45 ± 0,26	0,40 ± 0,11	12,59 ± 0,48	25,04 ± 0,83	1,99 ± 0,00	9,53 ± 0,90		

a $14,45 \pm 0,26$ para a unidade de conformação, enquanto a retração variou entre $0,01 \pm 1,04$ e $1,98 \pm 0,04$.

No que diz respeito aos parâmetros de massa específica aparente e de tensão de ruptura à flexão (Trf) os valores se posicionaram como compatíveis ao seu uso como cerâmica vermelha; o mesmo pode ser afirmado para os seus índices de plasticidade. Portanto, com base nos resultados apresentados na Tabela 5.7, observa-se que as mesmas podem ser aplicadas com bom desempenho na cerâmica vermelha, tanto na produção de tijolos, quanto na confecção de telhas, manilhas e blocos estruturais.

5.2.4 - Material de Empréstimo

As principais frentes de fornecimento de material dito de empréstimo, localizadas nesta região metropolitana e entorno, são os níveis lateríticos associados aos arenitos argilosos do Grupo Barreiras. Esta unidade estratigráfica compreende uma sequência litológica bastante heterogênea constituída por sedimentos areno-argilosos e siltico-argilosos, intemperizados, contendo níveis conglomeráticos, de coloração avermelhada com porções roxa e amarela-avermelhada. Mas para o interior se observam nesta sequência porções areno-argilosas a silticas, com níveis arcoseanos, mal selecionados, onde se nota a presença de pequenas discordâncias locais de erosão marcadas por níveis de seixos de quartzo. Existem, também, frentes de extração de material de empréstimo relacionado aos sedimentos areno-argilosos do Grupo Itapecuru Indiviso.

Na região em apreço as porções mais lateríticas são as aproveitadas em frentes de extração deste material (Foto 5.10). No geral formam camadas cuja espessura chega a atingir dezenas de metros de sedimentos mal selecionados, destituídos de estratificação, com composição areno-argilosa, lateritizados, e com cores variegadas.



Foto 5.10 - Lateritas oriundas de frente de extração que são aproveitadas como material de empréstimo (Afloramento LL 043).

As operações de lavra compreendem uma ação conjunta que se inicia com o desmonte e carregamento deste material por meio de pá carregadeira, seguido do seu transporte, através de caminhões, até as obras de construção civil, onde são empregados. Em boa parte dos casos o desmonte do material é feito de forma bastante artesanal e rudimentar.

Em virtude do baixo preço desta substância e do conseqüente custo do frete, este bem mineral não suporta grandes distâncias devendo ser empregado basicamente em obras situadas próximas aos locais de extração. Em função deste aspecto econômico do seu emprego é notória a clandestinidade desta atividade, cujo desenvolvimento se dá de forma irregular, predatória, geralmente, com ausência de planejamento operacional e responsável técnico, constituindo um franco estímulo à informalidade. Em geral, a execução das ações de lavra recai sobre a responsabilidade de pessoas físicas, muitas das quais são proprietárias do solo.

As principais frentes de extração desta substância na região em tela situam-se no município de Alcântara, seguido dos municípios de São José de Ribamar, Paço do Lumiar e São Luís. Convém frisar que, como resultado desta ação irregular, é grande o número de frentes abandonadas, com imensas cicatrizes no relevo, sem nenhuma demanda de serviços de recuperação. Geralmente estas frentes são reativadas sempre que surgem obras civis de grande porte, normalmente decorrentes da ação governamental. Na Tabela 5.8 tem-se a relação das frentes de extração visitadas durante a execução do estudo em tela, tendo sido cadastrados 7 afloramentos, onde o saibro constitui-se na substância principal em 3 deles, e nos 4 restantes, ocorre como substância secundária.

Salienta-se que a demanda deste material nunca deixa de crescer, em virtude do surgimento de obras de infraestrutura de grande porte, as quais são de extrema necessidade devido à vocação turística desta região metropolitana. Outro fator indutor do crescente aumento no consumo do material em tela é o seu vasto campo de aplicação, constituindo um material essencial em preparação de bases de obras de pavimentação de ruas, rodovias; execução de rodovias pavimentadas; em aterros; revestimento de estradas não pavimentadas; em obras de aterros de mangues; e em pátios de obras diversas, onde é exigido sempre grande volume desta matéria-prima

Outro tipo de substância de origem mineral tida como material de empréstimo é o denominado saibro, também presente na região em estudo, o qual constitui um litotipo siltico-argiloso de cor rosa-clara a amarelada. O mesmo ocorre sob a forma de bolsões ou massas lenticulares, com espessuras, por vezes, de até 10 m, intercalados nos sedimentos do Grupo Barreiras. No geral, o saibro trata-se de material considerado mais nobre, com um maior valor de mercado que o anterior. Atualmente, é bastante utilizado na mistura de cimento, areia e saibro, empregado como reboco de paredes internas

Tabela 5.8 – Ocorrências, depósitos e lavras de materiais de empréstimo cadastrados pelo projeto.

Número da Ocorrência	Nº do Afloramento	Toponímia	Município	Substância	Modo de Ocorrência	Unidade Estratigráfica	Situação Legal do Jazimento
1	LL 004	Porto Grande	Paço do Lumiar	Areia/Saibro/Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
2	LL 005	Porto Grande	Paço do Lumiar	Areia/Saibro/Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
3	LL 007	Jazida Mocajituba	Paço do Lumiar	Areia/Saibro/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
4	LL 011	Rod. MA 106	Alcântara	Cascalho	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Disponibilidade
5	LL 014	Localidade de Peru	Alcântara	Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Registro de Extração
6	LL 015	Cocal	São José de Ribamar	Saibro/Laterita/Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
7	LL 016	Cava ao lado da Igreja Assembleia de Deus	São José de Ribamar	Saibro/Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Fora de área do DNPM-Garimpo
8	LL 017	A NW de Santana	São José de Ribamar	Saibro/Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Fora de área do DNPM-Garimpo
9	LL 020	Quebra Pote	São Luís	Cascalho/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Fora de área do DNPM-Garimpo

e externas de edificações populares, além de seu uso na preparação de terrenos para jardinagem etc.

5.2.4.1 - Recursos Estimados

Estas substâncias formam abundantes reservas na região metropolitana em tela, estendendo-se por praticamente todos os seus municípios componentes. No geral, as reservas são superiores a algumas centenas de milhões de toneladas, sendo capazes para atender as necessidades de consumo desta região por pelo menos mais 30 anos. O cuidado a ser tomado deve ser com a questão do impacto visual que a atividade provoca, e com a necessidade da execução de ordenamento territorial, que proteja as áreas de influência destes jazimentos do crescente avanço da mancha urbana.

5.2.5 - Cascalhos

Constituem sedimento de certa granulometria, situada na faixa de 4 mm a 4,75 mm, sendo formado por fragmentos de rochas e minerais, principalmente, de quartzo. Normalmente ocorrem associados aos sedimentos aluvionares de várzeas

dispondo-se em função do maior peso na base destas sequências predominantemente psamíticas.

Formam-se em função do intemperismo físico, do consequente quebraamento das rochas e do constante atrito sofrido pelos seus fragmentos durante o seu transporte pelas águas fluviais. A tendência é apresentar formas arredondadas, subarredondadas a subangulosas, sendo geralmente compostos por seixos de quartzo lavado, depositados tanto nos leitos ativos dos rios, quanto nas suas planícies de várzea. É possível encontrar-se material semelhante nos níveis conglomeráticos ricos em seixos de quartzo, associados tanto aos sedimentos areno-argilosos do Grupo Itapecuru Indiviso, quanto aos níveis psamíticos do Grupo Barreiras.

Atualmente, as principais frentes de lavra deste insumo na região são resultantes da exploração dos depósitos aluvionares de várzea, notadamente os situados nas planícies de inundação dos rios, que drenam as regiões de São Luís e Alcântara, mais precisamente na localidade de Pena Forte. Na Tabela 5.8, observamos que em 2 pontos cadastrados, o cascalho constitui-se na substância principal. A sistemática de extração utilizada é feita com o auxílio de pá carregadeira e caminhões tipo caçamba.

6 – LAVRA E BENEFICIAMENTO

A totalidade dos recursos minerais para emprego imediato na construção civil na Região Metropolitana de São Luís e Entorno é extraída através de diferentes métodos de lavra, sempre a céu aberto, as quais são descritas de forma genérica neste informe. Destacam-se entre os recursos minerais explorados, as rochas para britagem, areias e argilas para cerâmica vermelha, além do denominado material de empréstimo.

Convém salientar, que o método de lavra a ser aplicado na exploração de qualquer bem mineral, depende, de diversos elementos, tais como: condições geológicas do depósito, feições topográficas, além das condições ambientais e sociais do local a ser trabalhado.

Dentro da moderna ótica dos conceitos de produção limpa, as viabilidades técnica e econômica dos trabalhos de exploração acham-se também relacionadas ao aproveitamento racional de recursos não renováveis e à redução de impactos ambientais. Parâmetros estes, que são fundamentais no trabalho de planejamento dos serviços de exploração.

Atualmente, é imprescindível a avaliação da convivência entre a mineração e a expansão da mancha urbana, juntamente com os serviços referentes a ela, a serem instalados, tais como os sistemas viários e as áreas residenciais, industriais e de preservação. Dentro do atual conceito de qualidade ambiental, o modelo de extração a ser adotado deve contemplar a futura recuperação da área degradada e seu reaproveitamento social e ambiental, após o encerramento das operações de mineração, conforme versam as soluções técnicas exigidas pelos gestores da política ambiental vigente.

6.1 - ROCHA BRITADA

A brita é amplamente utilizada na construção civil com aplicações na fabricação de concreto, pavimentação de rodovias, lastros de ferrovias, revestimento de leito de estradas de terra, barramentos, enrocamentos, filtros e outras destinações.

As pedreiras localizadas nos municípios de Rosário, Bacabeira e Axixá parcialmente, utilizam rochas granitoides na produção de brita. Essas rochas ocorrem ao sul da capital São Luís, e se apresentam na forma de plútons isolados, formados basicamente por tonalitos, granodioritos, granitos e granitos gnaissificados.

6.1.1 - Lavra

As operações de lavra são realizadas através de bancadas. As frentes de extração, geralmente, mos-

tram-se capeadas por cobertura de solos de pequena espessura, seguida do regolito (rocha alterada), passando para rocha sã, propriamente dita. De modo geral, no Brasil as lavras em pedreiras são desenvolvidas em encostas, como podemos observar na Foto 6.1, e poucas são configuradas na forma de cavas. O método de bancadas constitui a sistemática mais comum para desmontes com a utilização de explosivos.



Foto 6.1 - Frente de lavra em bancadas escalonadas (Afloramento LL 024).

A organização dos furos paralelamente às faces livres, permite uma fácil fragmentação do maciço rochoso tornando, dessa forma, o método de bancadas em um dos métodos mais eficientes e econômicos de desmonte, principalmente quando o planejamento de fogo adotado for bem elaborado e programado para aproveitar as estruturas pré-existentes da rocha.

A lavra se inicia com o decapeamento através da remoção da camada de solo orgânico e cobertura de estéril. São utilizados tratores de esteira, pás carregadeiras, escavadeiras e caminhões. O material estéril, proveniente do decapeamento, poderá ser utilizado na construção dos acessos, manutenção da praça de trabalho e recuperação das áreas degradadas pela lavra.

Todas as áreas produtoras operam em lavra a céu aberto (*open pit*). Após a retirada do estéril e limpeza do maciço rochoso, é iniciada a execução do plano de fogo para o desmonte primário, ou seja, perfuração e detonação por explosivos. Segue-se o desmonte secundário, fogacho e/ou rompedores hidráulicos, que podem ou não ser necessários. Posteriormente têm-se o carregamento e transporte dos fragmentos de rocha até às instalações de britagem, denominadas praças de alimentação, para armazenagem temporária e alimentação dos britadores.

Os principais equipamentos utilizados nas operações de lavra são: perfuratrizes de carreta rotopneumáticas, perfuratrizes de carreta hidráulicas, marteletes manuais, pás carregadeiras, retroescavadeiras, rompedor hidráulico, *drop ball*, caminhões basculantes fora de estrada, caminhões basculantes comuns, trator de esteiras com lâminas, compressores de ar estacionários elétricos e compressores móveis a diesel.

A utilização de explosivos requer um bom planejamento do desmonte primário, sendo influenciado por diversos fatores, os quais necessitam de um bom controle técnico para que os objetivos do desmonte sejam alcançados. A escolha do método e dos equipamentos de perfuração, bem como da distribuição, diâmetro, profundidade dos furos, tipo de explosivo a ser utilizado, e a qualificação da equipe de desmonte são fatores relevantes para o sucesso do mesmo. Somando-se a essas observações, deve-se, também, levar em conta as condições geológicas que têm papel fundamental e devem, sempre, ser levadas em consideração no projeto.

O desmonte secundário se faz necessário quando, após o desmonte primário, ainda restam blocos com dimensões superiores à abertura do britador primário, ou quando a detonação foi insuficiente no pé da bancada, resultando numa parte do maciço que não foi desmontada, o que causará problemas nos desmontes subsequentes. Poderá ser realizado com a utilização de fogacho, que constitui um fogo secundário, onde os blocos de rocha são perfurados com o emprego de martelete pneumático e os furos são carregados com pequena quantidade de explosivo para serem detonados com o objetivo de se obter o tamanho desejado de bloco. Pode-se efetuar também, o desmonte mecânico com a utilização de rompedor hidráulico (Foto 6.2), o qual é usado acoplado a uma escavadeira que quebrará o bloco de rocha em pedaços menores e/ou *drop ball*, consistindo em uma esfera de aço de peso elevado içada por uma escavadeira e lançada por sobre o bloco de rocha fragmentando-o em pedaços menores.



Foto 6.2 – Atuação do rompedor hidráulico quebrando blocos de rocha (Afloramento LL 021).

6.1.2 - Carregamento e transporte

Após os desmontes primário e secundário, quando necessário, a rocha desmontada deve ser transportada para o britador primário. O carregamento é feito utilizando-se retroescavadeiras (Foto 6.3).



Foto 6.3 – Retroescavadeira abastecendo caminhão basculante fora de estrada (Afloramento LL 021).

O transporte do material para o britador primário é realizado através de caminhões basculantes fora de estrada (*off road*), como observado na Foto 6.4, ou através de caminhões basculantes comuns.



Foto 6.4 – Caminhão basculante fora de estrada carregado, dirigindo-se para a praça de alimentação (Afloramento LL 021).

6.1.3 - Beneficiamento

Após o desmonte, o material é transportado para a unidade de britagem, onde será submetido às seguintes etapas de beneficiamento: fragmentação ou cominuição, realizada por britadores e classificação, executada por peneiras.

A rocha é submetida a sucessivos processos de fragmentação para reduzi-la aos tamanhos requeridos. Estas etapas de fragmentação são denominadas britagem e rebitagem. A primeira refere-se à britagem primária, enquanto a rebitagem engloba todos os estágios seguintes de fragmentação da rocha. O conjunto de britagem é composto por vários equipamentos, sendo eles o alimentador vibratório, britador primário, rebitadores, conjunto de peneiras e correias transportadoras (Fotos 6.5 e 6.6).



Foto 6.5 – Alimentador vibratório, britador primário, peneiras e correias transportadoras (Afloramento LL 022).

com dois, três e quatro *decks* com telas de malhas específicas, podendo ser de arame ou borracha, onde as peneiras retêm ou deixam passar a brita. A brita que passa por uma peneira é a que será estocada. A brita retida é devolvida ao rebitador de forma sucessiva até que se obtenha o produto na granulometria desejada. A brita que passou na peneira cai numa bica e desta é conduzida por uma correia transportadora para formação da pilha final do produto (Foto 6.7).



Foto 6.7 – Conjunto de correias transportadoras utilizadas para formação das pilhas dos produtos finais (Afloramento LL 021).



Foto 6.6 – Conjunto apresentado na foto anterior, com detalhe do alimentador vibratório (Afloramento LL 022).

Na primeira parte do beneficiamento são utilizados britadores primários, geralmente de mandíbulas, que trituram a rocha por esmagamento (tipo moinho), e britadores secundários, do tipo cônico, que quebram a rocha por atrito.

Toda a produção de brita da Região Metropolitana de São Luís (RMSL) e entorno, é realizada em instalações fixas (etapas de britagem e classificação), e a alimentação do circuito acontece através de correias transportadoras.

A classificação final do produto da rebitagem é realizada pelo conjunto de peneiras vibratórias

O carregamento para estoque e/ou expedição, ocorre de forma mecanizada, através da pá carregadeira (Foto 6.8), e/ou automatizada, diretamente das correias, para os caminhões basculantes.



Foto 6.8 – Carregamento que seguirá para estoque ou expedição, feito através de pá carregadeira (Afloramento LL 025).

O transporte é realizado por caminhões basculantes rodoviários ou caçambas das próprias pedreiras, ou caminhões de terceiros.

O escoamento da produção é facilitado devido à boa infraestrutura de acesso (rodovias estadu-

ais e federais) que chegam até as proximidades das áreas consumidoras.

6.2 - AREIA

Areias são sedimentos clásticos inconsolidados formados por fragmentos de rochas preexistentes, com grãos de dimensões variáveis entre 0,06 e 2,00 mm, sendo classificadas como areia fina (0,06 a 0,2 mm), areia média (0,2 a 0,6 mm) e areia grossa (0,6 a 2,0 mm), segundo a Norma Brasileira (NBR) - 6502.

As areias podem ser usadas na indústria da construção civil como agregado miúdo, moldes de fundição, e matéria prima na indústria de transformação (vidros, siderúrgica, abrasivos, cerâmica, química, refratários, cimento e outros).

6.2.1 - Lavra

De acordo com o tipo de depósito mineral, variam os processos de lavra, que podem ser por desmonte hidráulico, escarificação, ou simplesmente por dragagem.

A dragagem compreende a escavação ou remoção de solo ou rochas do fundo de rios, lagos, e de outros corpos d'água através de equipamentos chamados de "dragas". Essas dragas são embarcações ou plataformas flutuantes que são equipadas para efetuar a remoção da areia.

A dragagem se dá através de um sistema de bombas hidráulicas que, uma vez posicionados sobre o fundo, succiona os sedimentos para um compartimento no seu interior (quando móvel), ou para a margem do rio (quando fixa). No caso da draga móvel, uma vez carregada, o sedimento se deposita por gravidade no depósito e a água permanece como sobrenadante. À medida que o volume de areia aumenta no depósito interno, ocorre o transbordamento da água excedente dos tanques da barça. Esta água excedente é denominada *overflow* e constitui o resultado da grande quantidade de água aspirada junto com os sedimentos. Posteriormente a balsa desloca-se até a margem, onde é efetuada a operação de descarregamento da areia, havendo o bombeamento do material para o depósito situado na margem do rio, onde é prontamente peneirado, e temporariamente estocado antes de ser carregado nos caminhões. No caso da draga fixa, as barças são sustentadas por tambores flutuantes e não possuem depósito interno (Foto 6.9).

Tubos são acoplados às bombas servindo como condutores da água necessária à escavação e como meio de transporte do material da polpa até o depósito nas margens (Foto 6.10).

A areia extraída em leitos de rios quase sempre é comercializada na forma como é extraída. Na maioria das vezes, essa areia passa apenas por gre-

lhas fixas que separam a granulometria desejada pelo mercado consumidor das frações mais grossas (cascalho, pelotas e concreções) e eventuais impurezas (matéria orgânica, folhas e troncos), passando também, por uma simples lavagem para retirada de argila (Foto 6.11).



Foto 6.9 – Sistema de barça fixa sustentada por tambores flutuantes (Afloramento LL 079).



Foto 6.10 – Conductor que transporta o material da polpa até o depósito nas margens (Afloramento LL 056).



Foto 6.11 – Sistema de grelha fixa separando as frações mais grossas e as impurezas (Afloramento LL 062).

Nas áreas de várzeas, a extração ocorre em cava, formando um tipo de lagoa fechada, não ligada diretamente aos cursos d'água. Quando o nível do lençol freático é atingido, são introduzidas as dragas de sucção, que conduzem a areia por uma tubulação até os locais de estocagem.

A lavra por desmonte hidráulico, ou mecânico, é realizada nos leitos secos ou parcialmente secos dos rios durante os períodos de estiagem e nas planícies aluviais terciárias. Este método de lavra é recomendado para depósitos não coesos em locais secos. A extração é realizada através da escavação direta do material inconsolidado, com o emprego de escavadeiras ou pás-carregadeiras. O carregamento tanto pode ser feito direto nos caminhões, quanto serem formadas pilhas de estocagem para o carregamento posterior em caminhões e transporte do material para venda. Este tipo de extração ocorre na área do presente estudo, notadamente nas operações de lavra nas denominadas várzeas aluvionares, assim como nas operações de extração nas coberturas quaternárias em forma de terraços e nos sedimentos arenosos dos grupos Itapecuru Indiviso e Barreiras (Foto 6.12).



Foto 6.12 – Extração de areia do Grupo Itapecuru Indiviso (Afloramento LL 008).

Em certos casos, um lago artificial pode ser formado, quando a exploração destas coberturas atinge o lençol freático, e a extração passa, então, a ser feita com apoio de dragas.

6.2.2 - Beneficiamento

O beneficiamento realizado é para adequar a areia para utilização como agregado miúdo na construção civil. O beneficiamento do material extraído se dá por peneiramento simples. Na grande maioria das vezes, o material explotado não vai para pilha de estoque temporário, sendo transportado por caminhões, diretamente do areial para os depósitos de materiais de construção e para os pátios das construtoras, concreteiras e outros. Em geral,

o carregamento para estoque e/ou expedição é realizado de forma mecanizada, com o auxílio de pá carregadeira ou carregadeira hidráulica.

6.3 - ARGILAS

6.3.1 - Lavra

A lavra nos depósitos de argila se inicia com o decapeamento do terreno. O solo é disposto em pilhas e coberto com lonas, para posterior reutilização visando à revitalização da área, quando a lavra do material a ser explotado for finalizada.

A extração da argila ocorre através do desmonte hidráulico, utilizando pá carregadeira, retroescavadeira e caminhões basculantes para o transporte. O material é transportado e depositado em pilhas no pátio de estocagem (Foto 6.13).



Foto 6.13 – Vista de uma extração de argila por desmonte mecânico e posterior carregamento em caminhão basculante (Afloramento LL 087)

O método de lavra desta substância é semelhante ao método de mineração em tiras (*stripping mine*), lavrando-se faixas, aproximadamente, perpendiculares à direção de avanço.

6.3.2 - Beneficiamento

Durante a estação chuvosa, o material armazenado tende a secar nos pátios de estocagem. Já durante a estiagem este material é umedecido e homogeneizado para a próxima etapa.

A pá carregadeira alimenta o processo produtivo da seguinte forma: o material argiloso é disposto em um caixão alimentador, que abastece uniformemente a linha de produção, por meio de uma correia transportadora. Em seguida este material é conduzido ao desintegrador, que faz a pré-laminação, através da passagem entre os rolos (4 a 9 mm) de onde segue ao misturador, que compreende o equipamento

que garante a mistura homogênea de diversos tipos de argila, distribuindo água e triturando os torrões. Em seguida o material passa para o laminador, que realiza o processo de eliminação dos pedregulhos e completa a mistura da massa. O material misturado é encaminhado então para a “maromba” ou extrusora, através de um molde para formar uma coluna contínua, a qual é cortada em dimensões pré-definidas. A máquina extrusora tem a função de dar a forma final ao produto (Foto 6.14).



Foto 6.14 – Vista da “maromba” confeccionando tijolos de 6 furos (Afloramento LL 088).

Após a definição da forma do produto, inicia-se a etapa de secagem. Esse processo constitui uma operação muito importante na fabricação da cerâmica estrutural e requer cuidados especiais, para garantir que a água contida nos produtos seja lenta e uniformemente eliminada, por toda a massa cerâmica, para desta forma evitar possíveis trincas ou quebras das peças. Em seguida é realizada a secagem natural, ao ar livre por um período que varia de 10 a 30 dias, de acordo com a umidade relativa do ar no local de secagem e as características do material utilizado.

Posteriormente, a matéria prima é queimada a temperaturas que variam entre 650 °C e 1.000 °C, por 2 a 4 dias (Foto 6.15). Após o resfriamento, os produtos cerâmicos resultantes estão prontos para a comercialização.



Foto 6.15 – Forno para queima do material cerâmico (Afloramento LL 027).

6.4 - MATERIAL DE EMPRÉSTIMO

A exploração do material de empréstimo ocorre de maneira similar à lavra de argila. Constitui-se de uma operação conjunta que compreende, principalmente, o desmonte mecânico. O carregamento do material *in natura* acontece através de pás carregadeiras e o transporte da matéria prima é feito através de caminhões basculantes até as obras. Em algumas lavras, o desmonte e transportes são realizados de forma artesanal.

Geralmente esse material é utilizado na construção de estradas e aterros de pequeno porte. A extração se caracteriza pela informalidade da atividade que se desenvolve de forma irregular, predatória, sem planejamento e sem responsáveis técnicos.

No geral o transporte é realizado por terceiros, que pagam pelo carregamento no local da exploração e entregam diretamente no canteiro de obras, por preço negociado previamente. O material é entregue e aplicado sem sofrer nenhum processo de beneficiamento, isto é no estado natural em que é extraído.

7 – MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

7.1 - CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

A preocupação com o meio ambiente constitui uma postura, política e social, relativamente recente. Em termos mundiais o tema ganhou publicidade a partir da década de 1970, com a Conferência Internacional sobre o Homem e o Meio Ambiente, conhecida também como Conferência de Estocolmo ou Eco' 72. A partir daquela data, duas outras conferências mundiais, espaçadas de 20 anos, a Rio' 92 (1992) e a Rio+20 (2012) foram realizadas, tendo como importantes corolários as noções de sustentabilidade, responsabilidade social, produção limpa e outras, convergindo ainda para a realidade maior das fragilidades e finitude de uma *One Earth*, ou uma Terra Única.

Os documentos gerados nesses encontros, cartas de princípios e protocolos de colaboração internacional vêm atualmente pautando as ações em política ambiental das nações, e estão consubstanciadas na Agenda 21 Global. No plano nacional, dentre os diversos cadernos preparados para discussão dessa agenda, um refere-se especificamente à Mineração (SCLiar, 2004) e nele, a par do destaque dado à importância dessa atividade para o desenvolvimento das nações, é também destacado seu elevado potencial de impactos ambientais gerados, e reconhecida a necessidade de ações mitigadoras e corretivas, visando sua própria sustentabilidade.

No momento, a recente tragédia ambiental e social, de repercussão internacional, relacionada à mineração, ocorrida no Brasil (rompimento das barragens de Mariana – MG), reacende os debates sobre os impactos ambientais da mineração e atividades afins. Vindo assim, a reforçar a necessidade de uma política adequada e mais efetiva, em suas ações em prol do meio ambiente, da sociedade e do desenvolvimento sustentável.

7.2 - IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA ATIVIDADE MINEIRA

A mineração, por sua própria natureza quase sempre imprime uma forte interferência no meio físico. A resolução CONAMA 001/86, em seu Artigo 1º define impacto ambiental como: *“qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, segurança, bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, além das condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais”*.

Os impactos causados pela mineração diferem de acordo com a dimensão do empreendimento, tipo de lavra, da substância explorada, utilização de agentes químicos nos processos extrativos e outros, resultando, invariavelmente, num aspecto comum de maior notoriedade: o impacto visual.

7.3 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O PROJETO

Esse capítulo aborda o tema referente aos impactos ambientais e suas relações com a atividade de extração dos insumos minerais utilizados na construção civil, na área do projeto. Procurou-se identificar e descrever de que forma a atividade mineira modifica o meio ambiente, tanto em relação às minas ativas, quanto ao passivo ambiental decorrente das frentes de extração paralisadas. O procedimento de trabalho adotado foi relacionar e caracterizar, ambientalmente, cada atividade observada nos trabalhos de campo. Neste contexto, foram elaboradas considerações sobre as técnicas de lavras dos insumos utilizados na construção civil e o potencial de degradação que trazem essas intervenções antrópicas.

Embora, a mineração seja uma atividade de fundamental importância para o desenvolvimento da economia do país, dela inegavelmente decorrem impactos ambientais bastante visíveis no meio físico. Entretanto, esses impactos podem e devem ser minimizados, se a atividade for planejada e executada dentro dos atuais conceitos de sustentabilidade e produção limpa.

Durante o transcorrer deste trabalho foram analisadas as extrações de brita, de argila para uso cerâmico, material de empréstimo, saibros e de areias em terraços e em leitos de rio. Buscou-se ilustrar as relações entre as causas (atividades antrópicas), os mecanismos de interação com meio ambiente, e as consequências geradas por essa interação. Também são abordadas algumas ações preventivas e/ou mitigadoras aplicáveis para cada forma de impacto ambiental decorrente da mineração, a importância de seu planejamento e execução concomitante com a operação da mina.

No que diz respeito aos meios natural, físico e biótico, os impactos ambientais identificados e analisados como sendo gerados pela mineração de areia e argila foram considerados, na sua maioria, de grande importância e magnitude. Podem, porém, ser minimizados através de um Programa de Gestão Ambiental Minerária e de um eficaz Programa de Monitoramento, de forma a garantir a manutenção da qualidade ambiental também no seu segmento natural.

7.4 - CONCEITOS

Para a aplicação da metodologia desenvolvida neste trabalho foram utilizados os conceitos de ação antrópica, aspecto ambiental e impacto ambiental, utilizados por Sánchez (1998 e 1998a), descritos a seguir:

Impacto ambiental é a alteração da qualidade do ambiente que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada pela ação humana (SÁNCHEZ, 1998a). Ou seja, o impacto ambiental configura-se como o resultado de uma ação antrópica, que é a sua causa.

Já o termo aspecto ambiental, segundo Sánchez (2008), pode ser entendido como o mecanismo através do qual uma ação antrópica causa um impacto ambiental.

De acordo com o exposto, as ações antrópicas são as causas, os impactos ambientais são as consequências, enquanto que os aspectos ambientais são os mecanismos ou os processos pelos quais ocorrem as consequências. Por exemplo, em uma lavra de rocha granítica visando à produção de brita, várias ações antrópicas são executadas durante a operação do empreendimento. A britagem de rocha é uma delas. Um dos aspectos ambientais comuns no processo de britagem é a emissão de poeira, que pode levar à geração do impacto de redução da qualidade do ar.

Neste caso a britagem corresponde à ação antrópica, a emissão de poeira representa o aspecto ambiental e a redução ou piora da qualidade do ar constitui o impacto ambiental resultante desta ação.

7.5 - SISTEMÁTICA DE TRABALHO

Para o levantamento e caracterização ambiental dos danos causados pelas atividades extrativas na Região Metropolitana de São Luís e entorno, foram executados trabalhos em escritório e no campo.

Primeiramente, foi elaborada uma pesquisa bibliográfica para selecionar pontos cadastrados anteriormente e definir os roteiros de campo em função das informações de potencialidade mineral extraídas de trabalhos disponíveis. Em escritório, foi efetuado também um agrupamento dos dados por município, com o intuito de ordenar a sequência dos trabalhos de campo propriamente ditos.

Tais informações propiciaram o planejamento e execução das etapas de campo subsequentes, quando também foi executado o cadastramento das frentes de lavra visitadas. Durante as vistorias, as áreas foram georreferenciadas e as informações obtidas registradas. Em paralelo aos serviços de cadastramento e amostragem dos pontos visitados foram observados, anotados e fotografados os aspectos e impactos ambientais resultantes, além de tecidas considerações sobre possíveis ações mitigadoras.

7.6 - IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO

Em razão da localização do minério ser em superfície ou em subsuperfície, mas muito próximo a ela, as extrações são executadas exclusivamente pelo método a céu aberto, e algumas vezes, sem a orientação técnica necessária. Estas situações normalmente potencializam a ocorrência de agressões inerentes a esta modalidade de lavra, notadamente no que tange ao impacto visual.

Com exceção da mineração de areia em leito de rio, a lavra dos insumos minerais utilizados na construção civil ocorre quase que exclusivamente através da escavação mecânica ou desmonte do minério com explosivos, formando cavas a céu aberto, as quais podem ou não interceptar o nível freático (Foto 7.1). Logo, a maioria das atividades antrópicas identificadas na matriz de impactos ambientais são etapas comuns à exploração dos diferentes insumos.



Foto 7.1 – Frente de lavra a céu aberto para produção de brita, onde se verifica a interceptação do nível freático. Município de Rosário (Afloramento LL 026).

7.6.1 - Decapeamento e Abertura de Acessos

Trata-se da etapa inicial da abertura da frente de lavra, quando se busca retirar a cobertura estéril do terreno para expor o minério à superfície. Seja para a abertura do *pit* de lavra ou para o traçado dos acessos internos, é nesta fase que ocorrem os processos de remoção do solo e da cobertura vegetal, com a utilização de retroescavadeiras e pá-carregadeiras (Foto 7.2).

Este tipo de exploração ocorre em depósitos de rocha granitoide, visando à produção de brita, assim como nas frentes de extração de areia em depósitos de várzea aluvionares datadas do Quaternário, e também em lavras de areia associadas aos sedimentos dos grupos Barreiras e Itapecuru Indivisos.

Tal método de lavra, também, é observado nas frentes de produção da argila para cerâmica vermelha.



Foto 7.2 – Mostra a espessura do capeamento de solo a ser retirado e o impacto ambiental gerado, mais precisamente no que concerne ao aspecto visual. Município de Bacabeira (Afloramento LL 022).



Foto 7.3 – Remoção de solo e cobertura vegetal em área de extração de areia nos sedimentos do Grupo Barreiras em São Luís (Afloramento KA 003).

Com base no exposto, pode-se afirmar que este tipo de extração é comum, tanto nos depósitos situados nos terrenos aluvionares nas áreas de várzeas, quanto aos associados às rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba, notadamente nas áreas de exposição das litologias areno-argilosas do Grupo Itapecuru Indiviso.

A camada de solo e a cobertura vegetal conferem ao substrato uma proteção natural à ação de agentes erosivos, controlam a capacidade de infiltração das águas pluviais e o regime hidrológico do terreno, além de serem responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção da biodiversidade. Sua remoção resulta em impactos ambientais negativos ao meio físico, tais como: o aumento da erodibilidade do substrato, a diminuição da taxa de infiltração das águas pluviais e a alteração do regime de fluxo hidrológico, assim como o aumento do assoreamento das drenagens à jusante da mina, devido à deposição do material erodido. No meio biótico os impactos se refletem na redução da biodiversidade, na perda do banco de sementes e no afugentamento da fauna, com a consequente perda da harmonia paisagística que se configura como o impacto visual que neste caso, constitui o principal dano causado ao meio ambiente.

A preocupação com esse tipo de impacto ambiental e a adoção de medidas para evitar e/ou mitigar seus resultados ganha importância nesta região metropolitana, devido à proximidade com os Lençóis Maranhenses, por encerrarem municípios com forte vocação turística, o mesmo ocorrendo com a própria cidade de São Luís. Na Foto 7.3 observa-se o resultado do impacto ambiental decorrente da retirada da cobertura vegetal e do capeamento de solo, em área de exploração de areia em sedimentos do Grupo Barreiras.

A utilização de maquinário para executar o decapeamento e o transporte do material é responsável pela geração de gases e poeira, assim como ru-

ídos e vibrações, resultando em impactos, tais como redução da qualidade do ar, afugentamento da fauna e incômodo à vizinhança.

Os impactos ambientais descritos, resultantes da etapa de decapeamento e abertura de acessos, podem ser mitigados, se adotados alguns procedimentos, como por exemplo:

- Proceder à remoção da vegetação em etapas controladas, de modo a permitir o direcionamento da fauna para áreas previamente planejadas para se tornarem preservadas;
- Fazer o aproveitamento máximo da massa vegetal retirada, através da compostagem para posterior aplicação na revegetação das áreas degradadas;
- Iniciar a remoção seletiva do material de cobertura, retirando, inicialmente, a camada de solo vegetal, visando reservá-la para utilização posterior, o que permite a preservação da fertilidade residual da área, após a lavra, e de grande parte do banco de sementes de espécies nativas;
- A drenagem pluvial de toda área decapeada, deverá ser disciplinada de forma que as águas de escoamento sejam direcionadas para bacias de decantação de sedimentos, construídas em locais topograficamente favoráveis. É interessante também se pensar em um sistema de escadas que propicie a redução da velocidade da água, quando de sua passagem;
- Preservar e adensar a vegetação arbórea no entorno da mina quando presente ou promover o plantio de cortinamento vegetal, com vistas a mitigar o impacto visual e conter a dispersão de poeiras e a emissão de partículas sólidas oriundas da movimentação do maquinário; e
- Proceder à manutenção periódica do maquinário, de forma a reduzir a excessiva emissão de gases, ruídos e vazamentos de óleos.

7.6.2 - Lavra por Desmonte Através da Escavação Mecanizada

Para insumos, como argila vermelha e areia, relacionados às formações sedimentares pertencentes à Bacia do Parnaíba, material de empréstimo e saibro, a operação da lavra se dá através da escavação mecanizada do minério exposto pelo decapeamento. O principal aspecto ambiental desta etapa é a modificação da topografia original do terreno, a qual pode estar associada à interceptação do nível freático ou das águas subterrâneas, acarretando em impactos como a desestabilização geotécnica do terreno (Foto 7.4) e a contaminação das águas subterrâneas.



Foto 7.4 – Talude de corte vertical em área de extração de areia associada aos sedimentos do Grupo Barreiras Indiviso, onde se nota a modificação da topografia original do terreno e a contaminação do nível freático pelas operações de lavra (Afloramento KA 007).

Também, nesta fase, os impactos já mencionados na etapa anterior tornam-se mais evidentes, pois é comum o aumento da emissão de poeiras pelo uso mais intenso de maquinário, com a escavação e desagregação de estereis e do minério (Foto 7.5), levando ao aumento da erodibilidade do pacote. Consequentemente, é disponibilizada grande quantidade de sedimentos que podem assorear as drenagens à jusante da mina, sedimentos esses, carregados pelas águas pluviais que a drenam.

Quando a lavra de areia ou de argila intercepta o freático, como consequência da escavação, a extração prossegue abaixo do nível freático com o uso de pequenas dragas de sucção e recalque, formando corpos d'água artificiais. Tal prática pode expor o freático à ação de contaminantes, como óleos e graxas (Foto. 7.6).

7.6.3 - Lavra por Desmonte Através do Uso de Explosivos e com Apoio Mecanizado

Este tipo de exploração se inicia com a retirada do capeamento e da cobertura vegetal, pela



Foto 7.5 – Emissão de poeiras em área de extração de rocha granitoide para brita, no município de Bacabeira (Afloramento LL 021).



Foto. 7.6 – Mineração de areia com o emprego de draga sem dispositivo de contenção de vazamentos de óleos e graxas, expondo o freático a contaminantes. Município de São Luís (Afloramento KA 008).

ação mecânica de pá carregadeira ou retroescavadeiras, a qual dá lugar ao emprego de martelotes pneumáticos com auxílio de compressores, seguido do emprego de explosivos para o desmonte do pacote rochoso para brita (Foto 7.7).

Neste caso, a execução do plano de fogo pode provocar geração de poeiras durante a perfuração da rocha para a colocação dos explosivos, além de ocasionar intensa vibração no solo, quando da detonação. Caso o plano de fogo seja executado fora das normas técnicas e a mina se localize próximo a áreas habitadas, a geração de vibração pode provocar danos às estruturas das construções no entorno da mina e incômodo à vizinhança. Outro fenômeno relacionado é o ultra lançamento de partículas sólidas, que ocorre em consequência do uso excessivo de carga explosiva e que consiste no lançamento de fragmentos rochosos, além da área de manobra e carregamento (praça), devido principalmente à falta de orientação técnica durante a execução do plano de fogo.



Foto 7.7 – Bancada alta para extração de rocha para brita, em frente de lavra, com uso de explosivos, além de perfuratrizes pneumáticas. Nota-se a total modificação da topografia e perda da harmonia paisagística com a geração de impacto visual. Município de Bacabeira (Afloramento LL 021).

A seguir, elencamos alguns exemplos de medidas a serem tomadas para a mitigação dos impactos relacionados à fase de lavra:

- As alturas e inclinações dos taludes da frente de mineração, assim como, a largura das bermas deverão ser definidas com base em projeto geotécnico, respeitando o ângulo de atrito interno do material; o ângulo e sentido do mergulho da foliação da rocha; o grau de saturação; e a influência do fraturamento e das demais descontinuidades existentes, garantindo assim, a estabilidade geotécnica;
- Os taludes cujas alturas excedam os limites acima considerados deverão ser subdivididos, com a formação de bancadas intermediárias, considerando o disposto na condição acima;
- O sistema de drenagem pluvial já implantado durante o decapeamento deverá também contemplar os taludes, bermas e praça de mineração, de forma que as águas de escoamento sejam direcionadas para bacias de decantação de sedimentos, construídas em locais topograficamente favoráveis;
- Se necessário, deverão ser adicionados ao sistema de drenagem das águas pluviais, dissipadores de energia de escoamento, tais como escadas d'água, para reduzir a velocidade da água e consequentemente a sua capacidade erosiva;
- Providenciar a preservação e o adensamento da vegetação arbórea no entorno da mina e no caso da sua falta deve-se propiciar a sua instalação, o que constituirá uma das medidas mais importantes, para a mitigação do impacto visual e contenção da dispersão de poeiras e partículas sólidas oriundas das detonações e escavações;
- Outras ações mitigadoras de controle de poeiras relacionam-se a executar as perfurações para des-

monte, com dispositivo a úmido, e utilização de carros-pipa para a umectação dos acessos internos, eliminando a geração de poeira na fonte;

- Providenciar a implantação de um sistema de monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, além de executar campanhas de amostragem e análise periódicas para a identificação de contaminantes;
- Quando ocorrer a interceptação do nível freático ou das águas subterrâneas, deverá ser providenciada a identificação e redução das potenciais fontes de contaminação. Por exemplo, no caso da mineração de areia com o uso de dragas, estes equipamentos devem ser dotados de compartimentos estanques para a contenção de eventuais vazamentos de óleos e graxas;
- Para o controle de ruídos e vibrações gerados nas detonações deverá ser obedecido um plano de fogo adequado e monitoramento periódico assinado e acompanhado por profissional habilitado; e
- Para o efetivo controle dos ultra lançamentos, deverá ser observado o dimensionamento adequado do plano de fogo, levando-se em conta as anomalias da rocha, tais como estágio de decomposição, juntas ou diáclases, espelhos de falhas, fraturas etc.

7.6.4 - Lavra por Dragagem

Este método de lavra é empregado na mineração de areia e de argilas em várzeas aluvionares, através de tanques artificiais, após a interceptação do nível freático, e na lavra de areia em cursos d'água naturais. No que diz respeito à questão ambiental, a principal diferença entre essas duas situações é que a última apresenta uma maior complexidade de interações com o meio, tendo maiores desdobramentos quanto aos impactos ambientais.

A extração mineral em cursos d'água naturais consiste na retirada dos sedimentos arenosos inconsolidados, localizados em depósitos subaquosos do leito ativo do rio. Diferentemente da lavra de areia em tanques, neste caso a extração da areia é feita com o uso de embarcações de médio a grande porte que possuem dispositivos de dragagem mais potentes, dos tipos mecânicos ou hidráulicos. As dragas mais comuns são as dotadas de bombas de sucção e recalque, do tipo hidráulico.

Quando a dragagem se dá sem critérios, sendo executada junto às margens, não respeitando a capacidade de reposição sedimentar e aprofundando excessivamente o leito natural, pode ocasionar sensíveis modificações na morfologia da calha do curso d'água. Tal aspecto resulta em uma série de impactos ambientais, inclusive nas suas margens.

No meio físico pode ocorrer alteração do fluxo hidrológico pela modificação da área da sessão transversal e rugosidade do canal, implicando em

alterações nas velocidades de corrente e regime de fluxo d'água. Os potenciais impactos resultantes são o aumento da erosão nas margens e a aceleração da sua desestabilização geotécnica, exemplificados pelos solapamentos (Foto 7.8).



Foto 7.8 – Solapamento das margens e queda de vegetação em trecho do Rio Munim, onde ocorre mineração de areia. A mineração por dragagem constitui uma atividade potencialmente causadora de impactos ambientais, pois pode contribuir para o aumento da erosão natural das margens (Afloramento LL 056).

Também, no processo de dragagem ocorre a ressuspensão de sedimentos finos que se encontram depositados no fundo do canal, aumentando a turbidez das águas logo à jusante da draga e, em algumas situações específicas, solubilizando contaminantes que podem estar adsorvidos na fração argilosa dos sedimentos. Ainda pode ocorrer a contaminação das águas por óleos e graxas no caso de naufrágio da embarcação ou pela falta de manutenção na casa de máquinas das mesmas, somada à ausência de um sistema de contenção de eventuais vazamentos de combustíveis.

No meio biótico os impactos potenciais são a redução da biodiversidade aquática, pela perturbação das rotas de peixes e do *habitat* dos organismos que vivem no fundo do canal (bentônicos). A queda de vegetação ciliar associada à desestabilização das margens também configura um impacto ao meio biótico.

Convém salientar, que o impacto visual oriundo da erosão das margens e da consequente queda de vegetação ciliar, assim como os possíveis danos a construções existentes junto às margens, tais como casas, portos e atracadouros, pode estar associado a uma dragagem sem controle técnico. Alguns exemplos de medidas mitigadoras para os impactos ambientais listados são descritos a seguir:

- Nunca proceder à dragagem junto às margens do curso d'água, de modo a não causar o abatimento do seu sopé e o consequente solapamento;

- A manutenção de faixas de distanciamento mínimo da dragagem em relação às margens, também reduz os impactos sobre a biodiversidade do curso d'água, sobretudo quanto aos organismos bentônicos, que necessitam da penetração da luz solar e concentram-se nas porções mais rasas do leito;
- A lavra deve ser direcionada exclusivamente aos bancos de sedimentos inconsolidados existentes, sedimentos esses, oriundos do regime de deposição natural. Também deve ser compatível com a capacidade de reposição natural de sedimentos pelo curso d'água, de modo a minimizar a influência da mineração sobre a alteração da forma do canal, velocidade e regime de fluxo hídrico;
- A extração deve ser executada pela retirada de sucessivas camadas horizontais regulares do centro para as margens, evitando-se dessa maneira a formação de depressões acentuadas, que poderiam provocar aumento da turbulência no fluxo hídrico e consequente aumento da erosão no fundo do canal e de suas margens;
- Periodicamente, devem ser executados o monitoramento da taxa de reposição de sedimentos e o levantamento batimétrico do leito do canal, de modo que as medidas acima descritas possam ser executadas de forma eficiente;
- A ancoragem das embarcações deverá ser realizada somente em locais autorizados e nunca causando danos à vegetação ciliar; e
- As dragas devem sofrer manutenção periódica e serem dotadas de compartimentos estanques, para a contenção de eventuais vazamentos de óleos e graxas.

7.7 - ESTOCAGEM DE MINÉRIO E DEPOSIÇÃO DE ESTÉREIS E REJEITOS

Quando o minério extraído, os estéreis e os rejeitos não são corretamente armazenados, ou seja, simplesmente dispostos em enormes pilhas de material expostas às intempéries, os impactos no meio físico podem ser causados pelo transporte destes materiais, através das águas pluviais que incidem na mina (Foto 7.9).

Tais impactos podem ser exemplificados pelo aumento do assoreamento e da turbidez nos cursos d'água, à jusante das minas devido à disponibilização de grandes quantidades de sedimentos.

Um exemplo destes possíveis impactos durante o depósito de minérios é o caso da mineração de areias locais de várzeas e em cursos d'água, na qual o minério é transportado por embarcações até depósitos localizados junto às margens das cavas ou dos rios. Nestes locais, normalmente, a areia é retirada da embarcação por meio de bombeamento, onde uma mistura de areia e água é lançada através de uma tubulação até o local de estocagem. Caso o local não possua um eficiente sistema de separação desta água e sedimento, tal como sistema de dre-

nagem ligado à bacia de decantação, uma grande quantidade de água com sedimentos em suspensão pode retornar ao corpo d'água elevando localmente sua turbidez e nível de erosão (Fotos 7.9 e 7.10).

Na deposição de solo orgânico, que configura a maior parcela dos estéreis de quase todos os insumos estudados, o armazenamento inadequado, formando grandes pilhas e sem uma proteção contra a erosão das águas pluviais, pode resultar na total perda do banco de sementes por compactação excessiva do solo ou pelo transporte da matéria orgânica.

Para a mitigação destes possíveis impactos no meio ambiente, são elencadas algumas medidas a serem tomadas durante as operações de lavra:

- O minério, os estéreis e os rejeitos deverão ser armazenados em áreas previamente delimitadas para tal, dotada de cobertura e/ou com sistema de

drenagem das águas pluviais no seu perímetro, de forma a conduzir as águas para bacias de sedimentação a serem periodicamente desassoreadas;

- No caso dos terminais hidroviários de minério, a descarga da areia deve ser realizada em compartimento específico que deve possuir sistema de drenagem e bacia de decantação em pleno funcionamento, proporcionando o retorno das águas para o recurso hídrico, livres de sedimento e com baixa velocidade de escoamento; e
- O solo orgânico removido durante o decapeamento deve ser armazenado em local próprio e coberto. As pilhas não deverão ter altura excessiva, a fim de evitar sua compactação, garantindo assim que o solo retido mantenha ao máximo as suas propriedades e seja utilizado para a recuperação futura da área.

7.8 - BRITAGEM

Nas pedreiras cadastradas, a britagem constitui um processo de beneficiamento contemplado exclusivamente em granitoides da Suíte Intrusiva Rosário. Neste processo os blocos individualizados pela detonação da rocha são transportados até a planta de britagem, onde sofrem várias fases de diminuição mecânica para a produção de diferentes tipos de brita.

Durante o processo de britagem, os possíveis pontos de emissão de poeira ocorrem tanto nas ações de extração da rocha, quanto na alimentação do material colocado nos britadores (primário e secundário), indo dos moinhos, ao sistema de transferência (correia transportadora, elevadores, rampas, etc.) e aos sistemas de peneiramento e empilhamento para estocagem.

A poeira gerada é constituída por fração de granulometria muito fina, permitindo assim, que fique em suspensão por algum tempo e, dependendo das condições do vento, que se propague por extensas áreas vizinhas, causando a redução da qualidade do ar. Os efeitos mais acentuados tanto no ser humano quanto nos animais, estão relacionados às complicações respiratórias. Também, o acúmulo de poeira sobre a vegetação circundante reduz a sua capacidade de fotossíntese, podendo provocar a queima das folhas dos vegetais e sua consequente morte.

Para minimizar as emissões de poeiras pela britagem, a planta de beneficiamento deve contar com dispositivos que reduzam a geração de poeiras na fonte, tais como aspersores de água nos britadores primário e secundário e enclausuramento na moagem, com instalação de filtros.

7.9 - EXPEDIÇÃO E TRANSPORTE DE CARGA

A utilização de equipamentos tais como retroescavadeiras, pá-carregadeiras e caminhões são



Foto 7.9 – Impacto no meio físico, fruto do armazenamento incorreto de material estéril e/ou rejeito, o qual acaba sendo carregado pelas águas pluviais, causando erosão e turbidez da água (Afloramento KA 005).



Foto 7.10 – Mineração de areia em cava com descarregamento no local de estocagem. O excedente retorna livremente para a água aumentando localmente a turbidez e a erosão. Município de Paço do Lumiar (Afloramento LL 008).

comuns a todas as etapas da mineração já descritas, além de se fazer necessária na expedição e transporte do minério para o consumidor.

A exemplo de outras etapas seguidas durante a produção destes insumos, na expedição e transporte de carga, a operação deste maquinário é potencialmente responsável pela emissão de gases e poeiras, às vezes vazamento de óleos, assim como a produção de ruídos e vibrações, trazendo como impactos a redução da qualidade do ar, o afugentamento da fauna e incomodo à vizinhança. Especificamente no transporte de carga, o aumento do tráfego de caminhões impacta o meio antrópico, com maior frequência no congestionamento do tráfego e na danificação das malhas viárias, que não foram projetadas para suportar o peso e as frequentes viagens dos caminhões carregados de minério.

As diminuições dos impactos descritos nesta etapa passam pela adoção das seguintes diretrizes:

- Proceder à manutenção periódica do maquinário, de modo a não produzir excessiva emissão de gases, ruídos e vazamentos de óleos;
- Uso obrigatório de lonas nas caçambas dos caminhões para conter a dispersão de minério na pista durante o transporte;
- Nunca sobrecarregar o limite de peso de carga do caminhão; e
- Procurar sempre que possível utilizar rotas de escoamento da produção, cujas vias sejam compatíveis com o fluxo e peso da carga dos caminhões.

7.10 - CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS

Os impactos ambientais observados na área da região Metropolitana de São Luís e entorno, em decorrência da extração dos materiais de uso imediato na construção civil, foram discutidos anteriormente. Foram mostradas as correlações entre ações antrópicas desenvolvidas durante os trabalhos efetuados na mineração, os aspectos ambientais resultantes e os potenciais impactos ambientais gerados. Com base nessas observações, fica caracterizado que a lavra de areia em cava é a que mais produz impactos ambientais na área estudada, relacionados à poluição visual e à exposição do aquífero. Outro tipo de impacto registrado na área decorre da extração de areia em leito de rio, onde se verificam lavras de natureza predatórias, contribuindo com o aprofundamento do nível de base do rio, e o conseqüente incremento nos processos erosivos e de solapamentos das margens.

7.11 - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Segundo o Decreto Federal nº 97.632, datado de 10 de abril de 1989, o qual estabelece a neces-

sidade da preparação de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas pela atividade de mineração, “a recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente” (art. 3º) e propiciar uma nova feição e utilização econômica-social ao sítio anteriormente degradado.

Com base nesta norma, percebe-se que o termo recuperação de áreas degradadas pela mineração é empregado na legislação como um sinônimo de reabilitação do local minerado e não no sentido de restauração do mesmo. Isso se deve ao fato de que, a lavra de insumos minerais para construção civil, tais como rocha para obtenção de brita e areia em várzeas implica em grandes modificações do meio físico. Assim, como uma significativa alteração da topografia do terreno, fazendo com que o retorno às suas características originais seja impraticável.

Desse modo, a recuperação deve proporcionar à área degradada pela mineração, um ambiente estável física, biológica e socialmente, sem riscos à saúde e segurança, garantindo a possibilidade de outro uso potencial sustentável para a mesma.

Entretanto, constata-se que na maioria das minas de insumos para a construção civil situadas na Região Metropolitana de São Luís e entorno, ocorrem os seguintes problemas na recuperação:

- Existência da cultura de postergar a recuperação da área degradada somente para depois da exaustão da mina, que constitui o período de diminuição de ganho de capital, ou quando houver a cobrança dos órgãos fiscalizadores. A Foto 7.11 constitui um exemplo de área minerada sem que houvesse qualquer trabalho de recuperação, o que resultou em grave passivo ambiental;



Foto 7.11– Área de mineração de argila abandonada, mostrando incidência dos processos de erosão pluvial e sem qualquer trabalho de recuperação ambiental. Município de Bacabeira (Afloramento LL 066).

- Constitui fato comum o emprego de medidas de recuperação insuficientes ou geralmente inadequadas às características do substrato remanescente nas áreas mineradas evidenciando a ausência de pessoal técnico habilitado, o que resulta na ineficiência do planejamento e da execução técnica dos trabalhos de reabilitação; e
- Fato bastante comum em todo o nosso país é a omissão da execução de recuperação do sítio degradado pela mineração, através do simples abandono da mina e geração de passivo ambiental local (Foto 7.12).



Foto 7.12 – Mina abandonada de granitoide para produção de brita abandonada, sem qualquer ação de recuperação ambiental do sítio degradado e com contaminação do lençol freático. Município de Rosário (Afloramento LL 038).

O passivo ambiental resultante na mineração de insumos para construção civil é bem representado pela percentagem de minas paralisadas ou abandonadas sem a execução da recuperação ambiental, quantitativo que corresponde a aproximadamente 50% do total de empreendimentos existentes na Região Metropolitana de São Luís e entorno. Tal fato demonstra também a ausência de fiscalização dos órgãos ambientais atuantes tanto na esfera municipal, quanto estadual.

Para que a ocorrência dessas situações seja reduzida, faz-se necessário que, a recuperação da área degradada pela mineração seja projetada e executada por profissional habilitado e deverá ser prevista já na fase do planejamento das futuras operações de lavra. Devendo o início de sua execução ser concomitante à fase de extração e estendendo-se até a exaustão da mina.

Convém frisar, que os métodos de reabilitação exigem estudos e adequação adaptáveis a cada situação. Em uma mesma mina, por exemplo, existem vários tipos de superfícies com características diferentes para reabilitação: taludes de aterro, taludes de corte, superfícies de corte, superfícies de aterro, substrato rochoso, solos residuais, saprólitos, solos

hidromórficos, etc. Por este motivo é fundamental conhecer bem as características do substrato remanescente das áreas degradadas.

Portanto, os diversos critérios a serem adotados no processo de recuperação devem envolver o conhecimento de várias etapas da mineração (pesquisa, lavra e beneficiamento, carregamento e transporte), da forma e grau de interferência de cada etapa com o meio ambiente e das características topográficas, climáticas, litológicas, edáficas, geomorfológicas, da fauna e da flora locais. Igualmente, a destinação futura da área a ser recuperada deve ser claramente definida na fase do planejamento, podendo ser contemplados os seguintes tipos de uso:

- Reflorestamento com espécies nativas;
- Reflorestamento comercial com espécies exóticas;
- Parques, áreas de lazer e recreação;
- Projetos agropastoris ou hortifrutigranjeiros;
- Piscicultura;
- Área urbana, residencial, comercial, industrial, etc.; e
- Aterros de resíduos sólidos da construção civil.

Cabe salientar, que a definição do uso futuro da área recuperada deve sempre estar de acordo com o estabelecido em zoneamentos ecológico-econômicos, planos de manejo e planos diretores, caso existam.

Uma vez definido o uso futuro, o plano de recuperação de uma área minerada, geralmente envolve as seguintes medidas:

- Harmonização topográfica e paisagística, buscando que a conformação do terreno seja compatível com a paisagem local. Normalmente os trabalhos envolvem a suavização de taludes e o preenchimento de cavas com material estéril, executados com equipamentos convencionais de terraplenagem, tais como: tratores, caminhões e rolos compactadores;
- Serviços de estabilização do solo, os quais podem ser de natureza física e biológica. A estabilização física envolve o preparo da área, controle de erosão e implementação de sistema de drenagem definitiva, através de valetas, calhas, canaletas, tubulações, dissipadores de energia, etc. O processo biológico consiste no plantio de gramíneas fixadoras do solo, protegendo-o da ação erosiva ocasionada principalmente pela ação de águas pluviais;
- Melhoramento do solo, através da colocação da camada orgânica anteriormente estocada. Deve haver controle do pH e salinidade, entre outros parâmetros pedológicos para a correção de nutrientes;
- Providenciar o plantio de arbóreas, de modo a consolidar o cortinamento vegetal em torno do

sítio minerado, promovendo assim a formação de corredores ecológicos para o deslocamento da fauna, aumentar a eficiência no controle da erosão e minimizar a degradação ambiental causada pelo impacto que a atividade mineral provoca; e

- Finalmente, é imprescindível a elaboração de um programa de monitoramento para acompanhar a eficiência das ações de recuperação, contemplando o controle da qualidade da água, ar, solo e biodiversidade, após a execução destas etapas.

8 – DIREITOS MINERÁRIOS

O aproveitamento dos recursos minerais é regido por preceitos institucionais que garantem para a União (Artigo 176 da Constituição Federal - [http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/CF.htm#Art. 176](http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/CF.htm#Art.176)), a propriedade dos bens minerais jacentes no solo e subsolo, e dão o direito de prioridade conforme a precedência de quem venha a se habilitar a uma determinada área. Derivam desse princípio todas as modalidades legais ou regimes de aproveitamento dos recursos minerais, e os demais procedimentos necessários para tal.

O Código de Mineração (Brasil, 1967) constitui a legislação que detalha os procedimentos e regulamenta as informações e documentos necessários à habilitação; assim como as etapas que devem ser cumpridas, e seus prazos; bem como os instrumentos de gestão do patrimônio mineral brasileiro. Tal competência foi delegada ao Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), encarregado de normatizar e fiscalizar esses procedimentos.

No texto em tela, apresenta-se um breve panorama sobre a legislação minerária que rege o tema. Também, ao final deste capítulo, serão tecidas considerações sobre o patrimônio mineral conhecido, até o presente momento, na Região Metropolitana de São Luís e entorno, incluindo o número de processos por insumos minerais cadastrados, a situação legal dos mesmos, bem como a fase em que se encontram junto ao DNPM.

8.1 - CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES SOBRE DIREITOS MINERÁRIOS

O direito ao aproveitamento do bem mineral será prioridade do interessado cujo requerimento tenha por objeto área considerada livre, para a finalidade pretendida, à data da protocolização do seu pedido no DNPM, atendidos os demais requisitos cabíveis (Alínea “a” do Artigo 11 do Código de Mineração - [http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/cm_01.htm#Art. 11](http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/cm_01.htm#Art.11)).

Atualmente para cuidar do patrimônio mineral brasileiro o DNPM conta para tanto com a sede geral em Brasília/DF, e unidades nos diversos estados da União.

Ficam sujeitas à fiscalização direta deste órgão todas as atividades concernentes ao aproveitamento dos recursos minerais. Conforme a lei constitui dever das pessoas físicas ou jurídicas que exerçam atividades relacionadas ao seu aproveitamento (pesquisa, lavra, beneficiamento, distribuição, consumo ou industrialização) facilitar aos agentes deste órgão a inspeção de instalações, equipamentos e trabalhos, assim como lhes fornecer informações

sobre volume da produção, características qualitativas dos produtos, condições técnicas e econômicas da execução dos serviços a ela relacionados; além de dados sobre mercados, preços de venda; quantidade, condições técnicas, econômicas e de destino (uso) dos produtos minerais (Artigo 13 do Código de Mineração - [http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/cm_01.htm#Art. 13](http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/cm_01.htm#Art.13)).

No âmbito desse órgão, são instruídos os processos concernentes a 04 modalidades ou regimes de aproveitamento e emitidos os títulos de direitos referentes a 03 desses regimes. A diversidade de substâncias minerais, o grau de dificuldade de seu aproveitamento, o destino da produção obtida, além de aspectos de caráter social, deu ensejo a que fossem disponibilizadas as modalidades legais, ou regimes de aproveitamento dos recursos minerais, abaixo relacionados.

8.2 - ASPECTOS LEGAIS

Para o aproveitamento das substâncias minerais no Brasil, o interessado deve cumprir, além das leis próprias exigidas para o exercício de uma atividade econômica, também, legislações minerais e ambientais. Tal atividade é disciplinada pela Constituição Federal, através do Código de Mineração - Decreto Lei nº 227/1967 (Brasil, 1967) e pelas regulamentações que emanam do DNPM, autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), além de regulamentações do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A seguir, apresenta-se um breve panorama da legislação minerária e ambiental que rege o tema.

No Brasil, o Código de Mineração, criado pelo Decreto-Lei nº 227/1967, contempla os seguintes regimes de aproveitamento de recursos minerais: Regimes de licenciamento; autorização e concessão; e registro de extração e Regime de Permissão de Lavra Garimpeira.

8.2.1 - Licenciamento

Regime alternativo para substâncias de emprego imediato na construção civil. Compreende registro no DNPM, da licença expedida pela prefeitura local. Caracterizado por facultar o direito de aproveitamento mineral exclusivamente ao proprietário ou a quem dele tiver a expressa autorização, dispensando os trabalhos prévios de pesquisa mineral, que permitem estimar as reservas minerais e a sua qualificação. Tal licença é expedida com prazo definido, podendo ser renovada sucessivamente, a

critério da autoridade municipal, obedecidos os regulamentos hábeis, inclusive os órgãos ambientais. Este mecanismo compreende um sistema de liberação mais rápido e menos oneroso para o minerador, onde o proprietário do solo tem a prerrogativa de decidir pela sorte do empreendimento, cujo requerimento de área pretendida é de no máximo 50 ha. É específico para os minerais de emprego imediato na construção civil, ou seja, areia, cascalho, saibro e pedras britadas e de talhe. Compreende um título de caráter renovável, sujeito também à aprovação da autoridade local (Prefeitura Municipal).

8.2.2 - Autorização e Concessão

Este regime é previsto para todas as substâncias minerais, e nele prevalece o direito de prioridade garantido pela protocolização do requerimento de pesquisa da área pretendida no DNPM, independente da autorização do proprietário do terreno. Um Alvará de Pesquisa é outorgado pelo citado órgão autorizando a execução dos trabalhos previstos no Plano de Pesquisa proposto, juntamente com o requerimento e aprovado pelo DNPM visando à comprovação de uma jazida economicamente lavrável. Caso o requerente não seja o proprietário da área ou não apresente acordo com o mesmo, o processo será enviado pelo DNPM ao juiz de direito da Comarca com jurisdição na área, para resolução da pendência e avaliação da indenização por eventuais prejuízos ao proprietário.

Nesta primeira etapa, que tem a duração máxima de três anos prorrogáveis por mais um ano, o titular do alvará de pesquisa poderá, a critério do DNPM, ser autorizado a extrair pequenas quantidades da substância mineral em pesquisa, mediante a outorga de um instrumento conhecido como Guia de Utilização.

Concluída a pesquisa e comprovada a existência de jazida, o titular poderá então requerer ou negociar com terceiros o seu direito à concessão de lavra, objetivando o aproveitamento industrial do minério. Nesta segunda etapa, o DNPM exige que o requerimento seja acompanhado de diversos documentos, entre os quais, o Plano de Aproveitamento Econômico da jazida, contendo um conjunto de operações coordenadas para a lavra e o beneficiamento do minério, que aprovado, habilita à outorga da Portaria de Lavra. A partir deste momento, obriga-se o minerador a iniciar os trabalhos dentro dos parâmetros propostos e a apresentar anualmente ao DNPM, o Relatório Anual de Lavra (RAL) com a descrição das operações realizadas.

Sob o enfoque da legislação ambiental, a mineração é considerada como atividade potencialmente modificadora do meio ambiente, motivo pelo qual, a Portaria de Lavra fica condicionada à apresentação da licença ambiental expedida pelo órgão ambiental estadual.

As licenças, a critério do órgão ambiental, em função da natureza, do porte e da localização

do empreendimento, são liberadas após análise e aprovação de proposta apresentada pelo minerador, consubstanciada em um dos seguintes documentos técnicos:

- Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (EIA/RIMA); ou
- Estudo Ambiental Simplificado/Relatório Ambiental Preliminar/Estudo de Conformidade Ambiental/Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (EAS/RAP/ECA/PRAD).

Estas licenças têm prazo definido, sendo renováveis conforme a observância das medidas mitigadoras dos impactos ambientais decorrentes das operações.

A opção por qualquer um dos regimes de aproveitamento é facultado ao minerador, sendo as diferenças básicas entre um e outro, as seguintes:

O Regime de Autorização e Concessão se aplica a qualquer bem mineral, excluídos o petróleo, gás e minerais radioativos, permitindo o requerimento de áreas de até 1.000 ha, com exceção dos minerais metálicos cujo montante da área a ser requerida pode atingir até 2.000 ha; seu processo de liberação é mais demorado e exigente quanto à instrução e ao acompanhamento técnico, exigindo também o investimento inicial na fase de pesquisa e a comprovação de capacidade financeira na fase de lavra. Compreende um título de plena segurança jurídica, assegurando o direito de exploração da jazida até à exaustão, desde que cumpridas as formalidades legais, sendo inclusive negociável;

O Regime de Permissão de Lavra Garimpeira – refere-se ao aproveitamento das substâncias minerais garimpáveis (Artigo 2º do Código de Mineração - http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/cm_01.htm#Art. 2º), tais como ouro, diamante e demais pedras preciosas e semipreciosas, não se aplicando ao objeto deste informe;

8.2.3 - Regime de Extração

Constitui um regime de aproveitamento dos recursos minerais para uso imediato na construção civil, tais como saibro, brita, areia, cascalho, pedra de talhe e material de empréstimo. É utilizado por órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, para uso exclusivo em obras públicas, por eles executadas diretamente (Parágrafo Único do Artigo 2º do Código de Mineração - http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/cm_01.htm#Art. 2º). O principal exemplo são as saibreas exploradas para a manutenção de estradas vicinais, pelas administrações municipais. Possui prazo determinado de extração e sendo expressamente proibida a sua comercialização.

Os regimes de Extração (http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/Guia_4.htm) e de Permissão de Lavra Garimpeira (http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/Guia_5.htm) permitem atender a um público bastante específico, no caso, órgãos governamentais e garimpeiros, respectivamente. Outros usuários, como aqueles interessados em substâncias minerais metálicas, não metálicas de uso industrial, rochas ornamentais e água mineral, têm que utilizar, obrigatoriamente, o Regime de Autorização e Concessão (http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/Guia_2.htm).

Em todos esses regimes, o objetivo é a obtenção de um título que credencie seu possuidor ao aproveitamento do recurso mineral. No caso do regime de Autorização e Concessão, o documento é emitido, na esfera do Ministério de Minas e Energia, e nos demais casos, no próprio DNPM. Essas considerações visam orientar os interessados no sentido do regime que lhe for mais conveniente.

8.3 - OBRIGAÇÕES FINANCEIRAS

Qualquer pessoa física ou jurídica que atue na pesquisa e lavra de bens minerais fica sujeita ao pagamento de taxas e compensações financeiras, as quais são regulamentadas pelo DNPM, que emite os boletos de pagamento.

8.3.1 - Emolumentos

A referida taxa refere-se ao pagamento a ser feito durante o ato de requerimento para autorização de pesquisa mineral da área pretendida junto ao DNPM.

8.3.2 - Taxa Anual por Hectare (TAH)

A TAH é devida pelo titular da autorização de pesquisa, em decorrência da publicação no Diário Oficial da União (D.O.U.), do título autorizativo de pesquisa (Alvará de Pesquisa) e destina-se exclusivamente ao DNPM. Deverá ser paga durante a fase de pesquisa, isto é, antes da entrega do relatório final de pesquisa ao órgão em tela.

8.3.3 - Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CEFEM)

A CEFEM é uma contraprestação paga aos Municípios, Estados e União, pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios.

Toda e qualquer pessoa física ou jurídica que explore substâncias minerais com fins de aproveitamento econômico, deve efetuar o recolhimento da

CEFEM, que é calculada sobre o valor do faturamento líquido, obtido por ocasião da venda do produto mineral.

Quando não ocorre a venda, porque o produto mineral é consumido, transformado ou utilizado, pelo próprio minerador, o valor da CEFEM é baseado na soma das despesas diretas e indiretas ocorridas até o momento da utilização do produto mineral.

As alíquotas aplicadas sobre o faturamento líquido para obtenção do valor da CEFEM variam de acordo com a substância mineral. Tais recursos devem ser distribuídos da seguinte maneira:

- 12% para a União (2% para o Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - MCT/FNDCT; 9,8% ao DNPM e 0,2% ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA);
- 23% para o estado onde foi extraída a substância mineral; e
- 65% para o município produtor, sendo que no caso da extração ocorrer em mais de um município, deverá ser preenchida uma Guia/CEFEM para cada município, levando-se em conta a proporcionalidade da produção efetivamente ocorrida em cada um deles.

É importante destacar com relação aos recursos originados da CEFEM que os mesmos não poderão ser aplicados em pagamento de dívida ou no quadro permanente de pessoal da União, dos Estados, Distrito Federal e dos Municípios. As receitas deverão ser aplicadas em projetos, que direta ou indiretamente revertam em prol da comunidade local, na forma de melhorias de infraestrutura, qualidade ambiental, saúde e educação.

A Compensação Financeira foi estabelecida pela Constituição de 1988, em seu Art. 20, § 1º, o qual diz "é devida aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios, e aos órgãos da administração da União, como contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios".

Ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, compete baixar normas e exercer a fiscalização sobre a arrecadação da CEFEM (Lei Nº 8.876/94, art. 3º – inciso IX).

As alíquotas aplicadas sobre o faturamento líquido para obtenção do valor da CEFEM variam de acordo com a substância mineral. Aplica-se a alíquota de 3% para: minério de alumínio, manganês, sal-gema e potássio; 2% para: ferro, fertilizante, carvão e demais substâncias; e 0,2% são aplicadas para: pedras preciosas, pedras coradas lapidáveis, carbonados e metais nobres. No caso de ouro, alíquota é de 1%.

O pagamento da CFEM é realizado mensalmente, até o último dia útil do segundo mês sub-

sequente ao fato gerador, devidamente corrigido. O pagamento é feito por meio de boleto bancário, emitido no *site* do DNPM, na *internet*, em qualquer agência bancária, até a data de vencimento. Estados e Municípios serão creditados com recursos da CEFEM, em suas respectivas Contas de Movimento Específico, no sexto dia útil, que sucede ao recolhimento por parte das empresas de mineração.

8.4 - OS DIREITOS MINERÁRIOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO

Nesta etapa do trabalho, para o conhecimento das atividades minerais que se desenvolvem na região em questão, utilizou-se o cadastro mineiro e o Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE), ambos *on-line*, no *site* do DNPM. Foram selecionadas todas as áreas requeridas para pesquisa, lavra, registro de extração e licenciamento mineral.

Conforme o abaixo exposto atualmente as áreas oneradas junto ao DNPM na Região Metropolitana de São Luís e Entorno, para pesquisa ou lavra de bens minerais, acham-se distribuídas segundo os seguintes regimes:

- **Requerimento de Pesquisa (RP):** 37 (trinta e sete), sendo 17 (dezessete) para areia, 7 (sete) de rochas graníticas para brita, 1 (um) para saibro, 10 (dez) para água mineral, e 1 (um) para fosfato;
- **Autorização de Pesquisa (AP):** 169 (cento e sessenta e nove), onde 70 (setenta) são para areia, 11 (onze) para argila, 61 (sessenta e um) de granito para brita, 1 (um) para laterita, 1 (um) para cascalho, 6 (seis) para água mineral, 1 (um) para água potável, 3 (três) para fosfato, 10 (dez) para ouro, 2 (dois) para bauxita, 1 (um) para cobre, e 2 (dois) para ilmenita;
- **Registro de Extração (RE):** 10 (dez), efetuados visando à produção de areia (8) e de laterita (2);
- **Requerimento de Lavra (RLa):** 16 (dezesseis), sendo 12 (doze) para granito visando à produção de brita, 1 (um) para granito ornamental, 2 (dois) para areia, e 1 (um) para quartzito;
- **Concessão de Lavra (CL):** 25 (vinte e cinco), onde 7 (sete) são para extração de areia, 9 (nove) para granito, 1 (um) para rocha ornamental, e 8 (oito) para água mineral;
- **Requerimento de Licenciamento (RLi):** 30 (trinta), sendo 10 (dez) para areia, 11 (onze) para argila, 5 (cinco) para granito, 3 (três) para laterita, e 1 (um) para cascalho;
- **Licenciamento (Li):** 90 (noventa), onde 30 (trinta) são para areia, 37 (trinta e sete) para argila, 18 (dezoito) para granito, 4 (quatro) para laterita, e 1 (um) para saibro; e
- **Disponibilidade (DP):** 20 (vinte), sendo 5 (cinco) para areia, 8 (oito) para granito, 1 (um) para laterita, 1 (um) para fosfato, e 5 (cinco) para substância não cadastrada.

Cabe ressaltar, que apesar de haver na área do projeto, 2 (dois) processos requeridos para granito ornamental, as rochas granitoides só servem para serem usadas como brita, uma vez que se encontram muito fraturadas, e até mesmo, cisalhadas. Também, mesmo que junto ao DNPM, constem 15 (quinze) áreas requeridas para laterita e/ou saibro, ou cascalho, a aplicação final desses bens minerais requeridos, em sua maioria, será como material de empréstimo.

No que concerne ao total de processos, a Tabela 8.1 mostra o quantitativo de áreas e as substâncias requeridas, por municípios constituintes desta região metropolitana e também os do entorno. Nessa tabela são exibidas, tanto as substâncias com uso na construção, quanto as demais substâncias requeridas junto ao DNPM na área desse Projeto, mesmo que não tenham aplicação na construção civil, tais como água mineral, água potável de mesa, fosfato, ouro, cobre, bauxita, ilmenita e quartzito.

O Anexo VIII exhibe o Mapa de Direitos Minerários da área objeto do presente estudo (escala 1:250.000), e no mesmo constam todas as áreas requeridas e licenciadas junto ao DNPM. Atualmente, existe um total de 345 (trezentos e quarenta e cinco) processos registrados no DNPM, na área de abrangência desta região metropolitana e seu entorno, destinados à produção de areia, argila, brita, laterita, cascalho e saibro, todos com uso na construção civil. Os mesmos acham-se distribuídos da seguinte forma: 223 Requerimentos de Pesquisa, 105 Requerimentos de Licenciamento, 08 Requerimentos de Lavra, 03 Disponibilidades de Áreas e 06 Registros de Extração.

Os processos requeridos para as demais substâncias, que não são alvo desse projeto (água mineral, água potável de mesa, fosfato, ouro, cobre, bauxita, ilmenita e quartzito), totalizam 52 (cinquenta e duas) áreas.

Tabela 8.1 - Quantitativo de substâncias, número de áreas requeridas e fase em que se encontram no DNPM, para os municípios da Região Metropolitana de São Luís e entorno.

MUNICÍPIOS	FASE DNPM	Uso na Construção Civil						Outros Usos						Total Áreas Requeridas por Fase/DNPM					
		areia	argila	granito (torita)	granito (ornam.)	lasteria	cascalha	salbro	água min.	água pot.	fosfato	ouro	cobre		bauxita	ilmenita	quartzito	Nada consta	
A Alcântara	AP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	
	RE	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
Total		2	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	
Bacabeira	AP	3	2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
	RLa	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
	CL	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	RLi	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Li	0	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
Total		3	7	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
Paço do Lumiar	RP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	
	AP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	4	
	CL	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	
	RLi	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Li	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	Total		6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	12
Raposa - Total	RP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	AP	13	3	29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RLa	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CL	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RLi	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Li	5	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	DP	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total		18	14	62	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Santa Rita	RP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		AP	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		RLi	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Li	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		DP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total			8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
São José de Ribamar	RP	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	
	AP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	
	RLi	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Li	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	DP	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total		4	0	0	0	5	1	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	28
	São Luis	RP	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		AP	37	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		RE	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RLa		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
RLi		5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total		59	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	66	
Total	DP	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total		79	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	90

MUNICÍPIOS	SUBSTÂNCIAS	FASE DNP	Uso na Construção Civil						Outros Usos						Total Áreas Requeridas por Fase/DNP					
			areia	argila	granito (brita)	granito (ornam.)	lasterita	cascalho	saibro	água min.	água pot.	fosfato	ouro	cobre		bauxita	ilmenita	quartzito	Nada consta	
Região Metropolitana	São Luís/S. José de Ribamar	RP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		AP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Total	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Bacabeira/Rosário	RP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		AP	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
		RLa	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Total	DP	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		4	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
		Total	4	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	Bacabeira/Santa Rita	AP	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
		Li	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Total	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Santa Rita/Rosário	AP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Total	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		AP	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Santa Rita/Rosário/Bacabeira	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	Total	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	Rosário/Axixá	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Axixá	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	AP	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
Total	RLi	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	1	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
	Total	1	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
Cachoeira Grade	RLi	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Total	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	lecatu - Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Itepecuru Mirim	RLi	2	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
	Li	3	22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	
	DP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Total	6	28	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	
	Morros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Presidente Juscelino	RP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Li	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	Total	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Axixá/Morros	RP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	AP	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	Total	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
Axixá/Presidente Juscelino	AP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	RLi	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Total	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
Cachoeira Grande/Pres. Juscelino	AP	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
	Li	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Total	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
Axixá/Cachoeira Grande/Presidente Juscelino	AP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Total	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Axixá/Cach. Grande/Pres. Juscelino/Morros	AP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	149	59	120	2	11	2	2	2	24	2	5	10	1	2	2	1	5	397		
	Nº total de áreas requeridas/substância													345	52					

9 – DIAGNÓSTICO TÉCNICO-ECONÔMICO

A relevante contribuição socioeconômica, que o setor de agregados para construção civil gera à sociedade, torna necessária a elaboração de uma avaliação técnico-econômica sobre este setor tanto no cenário atual, quanto visando o futuro deste segmento.

Os agregados para construção civil são substâncias minerais extremamente consumidas e significativas em relação às quantidades produzidas no mundo, constituindo um importante indicador do perfil socioeconômico de um país, mesmo que apresentando baixo valor unitário. Convém salientar, que quanto mais rico é um país ou uma determinada região, maior será o consumo dessas substâncias nesses locais.

A mineração de agregados para construção civil possui características típicas, comparada a outros setores da mineração brasileira. Destacam-se, na mineração de agregados para construção civil, os grandes volumes de produção, o beneficiamento simples, seu baixo preço unitário, e o seu custo relativo a transporte, o que reforça a necessidade de proximidade entre as fontes produtoras e o local de consumo para obter-se um custo efetivo mais baixo.

O transporte dos insumos geralmente corresponde a, aproximadamente, 2/3 do preço final do produto, o que coloca a necessidade dos mesmos serem produzidos, o mais próximo possível do mercado consumidor. Atualmente um dos maiores problemas para o aproveitamento das reservas é a urbanização crescente, que restringe a extração, pois o avanço urbano tende a ultrapassar os limites das áreas potenciais. Foi possível observar, perfeitamente, essa questão, na região de extração de rochas para britas nos municípios de Bacabeira e Rosário.

Outro fator, que influencia diretamente na exploração dessas reservas, são as restrições ambientais à utilização de várzeas e leitos de rios para extração de areias, que criam sérios problemas às lavras em operação. Em consequência, as novas áreas de extração estão cada vez mais distantes dos pontos de consumo, deixando mais caro o preço final do produto.

Vale ressaltar também que a falta de um planejamento urbano, principalmente no que concerne à necessidade de serem traçados planos diretores de mineração, com o respectivo zoneamento metropolitano elaborado a partir do conhecimento geológico do território municipal, tem dificultado a atividade mineral próxima aos grandes centros urbanos. Tal fato, aliado à exaustão de áreas próximas aos grandes mercados consumidores, ao crescimento da urbanização e à restrição ambiental, tem resultado no deslocamento dos mineradores para locais cada vez mais distantes dos grandes centros urbanos, o que onera o preço final destas substâncias, visto que a distância entre produtor e consu-

midor tem sido cada vez maior, onerando o frete e, conseqüentemente, o preço do produto final.

Atualmente, além das restrições ambientais, leis de zoneamento municipais restritivas, também, impedem o aproveitamento dos recursos existentes. Tais fatores, aliados à própria expansão urbana dificultam e em certos casos impossibilitam o acesso a esses recursos minerais. O crescimento desordenado dos grandes centros urbanos acaba por inviabilizar a operação de pedreiras e extrações de areia e argila, seja pela ação política dos habitantes, como visto em Rosário e Bacabeira, seja pelo encarecimento da propriedade.

Ressalta-se que um dos maiores problemas vistos nas análises técnico-econômicas, que envolvem os agregados para a construção civil, é a falta de uma base estatística confiável, uma vez que existe um elevado grau de informalidade de empresas que operam nesse mercado. Os dados disponibilizados não representam informações confiáveis sobre produção, que possibilitem retratá-los objetivamente aos organismos envolvidos na política de planejamento urbano.

9.1 - ASPECTOS ECONÔMICOS

Os Insumos para a construção civil, principalmente areia e brita, constituem as substâncias minerais mais consumidas no Brasil, estando as minerações espalhadas por todo o território nacional, compreendendo uma das mais importantes atividades extrativas do setor mineral brasileiro, devido ao grande volume produzido. Em 2010, foram produzidas pelo Brasil, em torno de 289 milhões de toneladas de areia e 192 milhões de toneladas de brita. São valores comparáveis ao volume de minério de ferro, principal produto mineral brasileiro, produzido nesse mesmo ano, calculado em 370 milhões de toneladas. A participação do macro setor no total do Produto Interno Bruto (PIB) da economia gira em torno de 20%. (CEE/CBIC, 2011).

Em 14 anos, a demanda por agregados da construção civil partiu de 460 milhões de toneladas (1997) para 673 milhões de toneladas (2012). O crescimento da demanda foi de 46,30%, correspondente a um CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) de 2,8% a.a.

Convém salientar, que dos diversos setores que compõem a economia brasileira este foi um dos poucos que não sentiu o impacto das crises internacionais de 2008/2009 e 2011/2012.

Porém, após ter um período de excelente crescimento, alimentado notadamente pelos investimentos em obras de infraestrutura e habitação, o qual é reflexo do crescimento do nível de renda

da população, da redução do desemprego, maior disponibilidade de crédito e das obras do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC). Atualmente, porém, este setor passa por um decréscimo, em função da recessão econômica que atinge o Brasil, principalmente suas regiões mais carentes representadas pelo Norte e Nordeste.

Dados técnico-científicos demonstram que para 1 km de linha de metrô construída são consumidas 50.000 t de agregados, enquanto a construção de 1 km de estrada pavimentada consome em torno de 9.800 t. Em termos de edificações de unidades habitacionais pode-se fazer a seguinte comparação: em casas populares de 50 m² são consumidas 68 t de agregados, enquanto na construção de edifícios são empregadas 1.360 t para cada 1.000 m².

De acordo com o Sindicato da Indústria de Mineração de Pedra Britada do Estado de São Paulo - SINDIPEDRAS, em face de estudos realizados, revela que a brita representa, em média, 2% do custo global de uma edificação e 60% do seu volume. Em obras de pavimentação, sua participação no custo chega a 30%.

Durante o ano de 2010, segundo dados do DNPM, o mercado consumidor brasileiro de pedras britadas apresentava 70% do seu consumo destinados à mistura com cimento e os outros 30% destinado à mistura com asfalto betuminoso.

Segundo a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção (ANEPAC), a produção de pedras britadas encontra-se espalhada por todas as unidades da federação, envolvendo, oficialmente, 600 empresas, as quais geram, aproximadamente, 21.000 empregos diretos. Em relação à participação dos tipos de rochas utilizadas na produção de brita, granitos e gnaisses representam 85%, enquanto calcários e dolomitos 10%, e os basaltos e diabásios em torno de 5%.

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro – 2010 (DNPM, 2010), relativo ao ano de 2009, a quantidade de rocha britada produzida no país foi de 468.300.951 t, com valor de produção avaliado em R\$ 5.168.999.394,00, sendo que o Estado do Maranhão contribuiu com um volume de 4.142.684 t, o que corresponde a menos de 1 % do total nacional com um valor de produção de R\$ 102.283.593,00 (Tabela 9.1).

Em relação a areia, cerca de 2.500 empresas dedicam-se à sua extração, gerando em torno de

47.000 empregos diretos. No Brasil, atualmente, 90% da produção nacional de areia natural têm sido obtidos a partir da extração em leito de rios e os 10% restantes, de outras fontes.

A exaustão de áreas próximas aos grandes mercados consumidores e a restrição ambiental cada vez maior, têm resultado no deslocamento das minerações para locais cada vez mais distantes dos grandes centros urbanos, o que eleva o preço final da areia natural, visto que a distância entre produtor e consumidor, em certos casos tem atingido a média de 100 km, aumentando o custo do frete e, conseqüentemente, o preço do produto final, com reflexos diretos no custo total das obras edificadas.

Em relação à produção de areia em leito de rios, importante é destacar que nos últimos anos, se determinou uma tendência de substituição das dragas fixas por dragas autotransportáveis e propelidas, que proporcionam melhor utilização da jazida, menores custos de produção para grandes distâncias de dragagem e menores áreas de pátio de descarga.

De acordo com os dados publicados pelo Anuário Mineral Brasileiro – 2010 (DNPM, 2010), relativos ao ano de 2009, a quantidade de areia produzida no país foi de 274.773.148 t, com um valor de produção de R\$3.097.255.368,00, sendo que o Estado do Maranhão contribuiu com um volume de 5.991.472 t, com valor de produção de R\$ 63.789.709 (Tabela 9.2).

De acordo com a Associação Brasileira de Cerâmica - ABC, a abundância de matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de tecnologias práticas embutidas nos equipamentos industriais, fizeram com que as indústrias cerâmicas brasileiras evoluíssem rapidamente, e muitos tipos de produtos dos diversos segmentos cerâmicos atingissem níveis de qualidade internacional, com apreciável quantidade exportada. O Brasil se constitui num grande produtor mundial de produtos cerâmicos, ao lado da Espanha, Itália e China, mas possui um fraco potencial exportador, consumindo quase toda a sua produção.

O setor cerâmico brasileiro, de um modo geral, apresenta uma deficiência grande em dados estatísticos e indicadores de desempenho, ferramentas indispensáveis para acompanhar o seu desenvolvimento e melhorar o seu nível de competitividade, entre outros

Tabela 9.1 – Relação da quantidade e dos valores de produção de rocha britada para o ano de 2009 (DNPM, 2010).

Quantidade de Rocha Britada Produzida (t)		Valor da Produção (R\$)	
Brasil	468.300.951	Brasil	5.168.999.394
Maranhão	4.142.684	Maranhão	102.283.593

Tabela 9.2 – Relação da quantidade e dos valores de produção de areia para o ano de 2009 (DNPM, 2010).

Quantidade de Areia Produzida (t)		Valor da Produção (R\$)	
Brasil	274.773.148	Brasil	3.097.255.368
Maranhão	5.991.472	Maranhão	63.789.709

fatores. Daí as dificuldades de se ter um panorama mais amplo dessa importante área industrial.

De acordo com os dados publicados pelo Anuário Mineral Brasileiro – 2010 (DNPM, 2010), relativos ao ano de 2009, a produção nacional de argila vermelha, foi de 33.103.075 t, com valor de produção de R\$ 332.567.945,00, sendo que o Estado do Maranhão contribuiu com um volume de 629.431 t, correspondente a um valor de produção de R\$ 2.379.707,00 (Tabela 9.3).

Atualmente, as empresas vêm desenvolvendo um planejamento logístico, que possa trazer aporte tecnológico, financeiro e de gestão. Essas modificações têm como objetivo a dinamização e a atualização tecnológica, visando uma preparação para um cenário muito mais competitivo, dentro dos atuais conceitos de produção limpa e de economia globalizada. No momento dentre os principais consumidores de areia destaca-se a indústria da argamassa, a qual se tornou uma grande utilitária de agregados finos, devido às expressivas quantidades de areia quartzosa que utiliza no seu processo produtivo, Têm-se ainda as indústrias de vidros, cerâmica, de rejuntas, etc.

As argilas são matérias-primas importantes para a indústria de transformação de minerais não metálicos, em virtude de suas especiais características de plasticidade e dos processos tecnológicos empregados. A transformação das argilas para o suprimento de materiais de construção (telhas, tijolos, conexões, ladrilhos, azulejos e sanitários) enquadra-se na categoria geral de indústria cerâmica. Todavia, a referência popular distingue dois tipos de estabelecimentos industriais: as olarias e as cerâmicas.

A cerâmica nobre pressupõe processos tecnológicos mais avançados, enquanto a cerâmica vermelha pode ofertar produtos com base em tecnologias mais simples. Tais características implicam em diferentes grandezas de investimentos para criar um estabelecimento industrial. As olarias refletem, inicialmente, uma possibilidade mais difusa de estabelecimentos industriais, de pequeno porte, até mesmo do tipo doméstico.

9.2 - CENÁRIO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO

A Região Metropolitana de São Luís (RMSL) e entorno apresenta um bom potencial mineral para os agregados utilizados na construção civil, porém, em virtude do momento econômico atual porque passa o nosso país, este setor tem enfrentado difi-

culdades, principalmente, devido à paralização de grandes projetos estruturadores contemplados pelo PAC, tais como a obra de duplicação da BR-135, que compreende a porta de entrada da ilha de São Luís.

Além do momento econômico não promissor para o desenvolvimento do setor, o levantamento de dados sobre o consumo e reservas minerais disponíveis, também é extremamente importante para se obterem dados precisos da relação entre produção e reservas, de modo a acompanhar sua evolução, prever a futura exaustão das mesmas, indicar necessidade de novos investimentos em pesquisa mineral, e sobre a necessidade de criar políticas de incentivo à busca de recursos.

É importante salientar que uma das alternativas para assegurar o desenvolvimento deste setor, é, necessariamente, a execução pelas autoridades municipais e estaduais da região em apreço, de trabalhos de ordenamento territorial, com base no conhecimento geológico da área em questão de forma a preservar as áreas de influência das frentes de lavra destas substâncias, do crescente avanço da mancha urbana.

9.2.1 - Brita

A brita produzida na Região Metropolitana de São Luís é toda proveniente de rochas com composição granítica a tonalítica. A área de reserva e extração do material restringe-se aos Municípios de Bacabeira, Rosário e Axixá parcialmente, onde afloram rochas pertencentes ao Cráton de São Luís, que constitui uma janela estrutural contendo mais precisamente os plutonitos da Suíte Intrusiva Rosário.

O consumo de brita é bastante amplo, se dando praticamente em toda indústria da construção civil. Seu uso pode ser dividido entre os subsectores de revenda (lojas de materiais de construção), concreto pré-misturado, fabrico de pré-moldados de concreto, concreto asfáltico, material para compor a base/sub-base de rodovias, lastro ferroviário, enrocamento e filtro. Estes setores estão na base dos ramos de edificações e de construção pesada, que constituem a formação de moradias e infraestrutura.

Segundo o site da Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção (ANEPAC), o consumo nacional de brita relativo ao ano de 2010 está dividido da seguinte forma: 32% para concreteiras, 24% construtoras, 14% pré-fabricados, 10% revendedores/lojas, 9% pavimentadoras/usinas de asfalto, 7% órgãos públicos e 4% outros.

Tabela 9.3 – Relação da quantidade e dos valores de produção de argila para o ano de 2009 (DNPM - 2010).

Quantidade de Argila Produzida (t)		Valor da Produção (R\$)	
Brasil	33.103.075	Brasil	332.567.945
Maranhão	629.431	Maranhão	2.379.707

Os principais produtos produzidos nas minerações da RMSL são as britas 0, 1, 2, 3, 4 e rachão (material obtido após desmonte da rocha por explosivo, às vezes, denominado “rachão de praça”, ou após britagem primária). A brita mais comercializada é a brita 1, em virtude de ser a mais usada nas construções, pois seu tamanho permite um concreto leve para virar e uma ótima resistência na liga; e a brita 2, onde seu uso é recomendado para concreto, pavimentação, calçamento e constitui o segundo tipo de brita mais usado nas obras em geral.

O principal destino para a produção de rocha britada é a própria região metropolitana, sendo que o preço médio para brita 1 varia de R\$ 36,50 a R\$ 60,00/m³ FOB (*free on board* = livre a bordo, referindo-se à mercadoria disponibilizada no local de fabricação ou armazenamento - é o popular preço "posto na fábrica" ou "a retirar"). Durante os trabalhos de campo, dentre os diversos dados coletados junto às empresas produtoras, foi levantada a média de preços para os diversos tipos de brita na região em apreço, os quais estão apresentados na Tabela 9.4, sem o custo final do frete. Boa parte do material britado da região serviu para a duplicação da BR-135, que dá acesso à ilha de São Luís, o que impulsionou o seguimento durante os anos de 2013 e 2014, tendo, posteriormente, um decréscimo no ano de 2015.

Tabela 9.4 – Preços médios praticados para brita, na RMSL em 2015.

Produto Britado	Preço Médio (R\$/m ³)
Brita 0	38,00 a 60,00
Brita 1	36,50 a 60,00
Brita 2	33,00 a 55,00
Brita 3	34,00 a 55,00
Rachão	25,00 a 28,00
Bica Corrida	10,00 a 16,00

Convém frisar, que no caso da brita, faz-se necessário o poder público realizar em paralelo com os trabalhos de ordenamento territorial, os levantamentos dos recursos e reservas minerais, para se obter a relação entre produção e proteção das reservas existentes, a fim de poder acompanhar a evolução do consumo e, conseqüentemente, prever a sua exaustão, além de indicar as necessidades e os locais, onde devem ser feitos novos investimentos em pesquisa mineral, em consonância à necessidade da criação de políticas de incentivo à busca de recursos.

Na maior parte do Brasil, os recursos existem e são abundantes. Vale ressaltar, porém, que o custo de transporte da pedra aos centros de distribuição ou ao consumidor final, aumenta o preço efetivo dos produtos, onde praticamente todo o transporte é

feito por via rodoviária. Portanto, o material britado deve ser produzido o mais próximo possível dos centros de consumo. Este fator torna antieconômica boa parte dos recursos minerais disponíveis na natureza.

Toda rocha britada consumida na Região Metropolitana de São Luís é proveniente de uma janela do Cráton de São Francisco que está localizada entre os municípios de Bacabeira, Rosario e Axixá parcialmente. Atualmente, a RMSL e entorno apresentam 120 processos ativos (10 Concessões de Lavra, 18 Licenciamentos, 13 Requerimentos de lavra, e os demais, nas fases de: Autorização de Pesquisa; Requerimento de Pesquisa; Requerimento de Licenciamento; e em Disponibilidade), requeridos para rocha britada, junto ao DNPM. A Tabela 9.5 mostra a relação entre as empresas e a produção mensal de brita na região.

9.2.2 - Areia

Os depósitos de areia da RMSL e entorno ocorrem nos sedimentos aluvionares, tanto nas suas várzeas, quanto no leito ativo dos rios que drenam a região, também conhecidos como depósitos de canal. Têm-se também explorações de areias associadas aos sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras (municípios de São Luís e São José de Ribamar), às litologias pelítico-psamíticas do Grupo Itapecuru Indiviso (município de Paço do Lumiar), e aos sedimentos Eólicos Continentais.

Os depósitos arenosos fluviais explorados na RMSL estão localizados nos leitos dos rios Itapecuru (municípios de Rosário, Santa Rita e Itapecuru Mirim) e Munim (município de Presidente Juscelino). Os principais depósitos de areia estão associados aos sedimentos do Grupo Barreiras, situando-se na porção sudeste da ilha de São Luís, constituindo uma importante fonte de suprimento desta substância nesta região metropolitana. No geral relacionam-se a sedimentos areno-argilosos pouco consistentes, o que facilita os trabalhos de exploração. São ricos em quartzo e mostram-se mal selecionados, com granulometria variando de grossa a média, e média a fina.

Tudo indica que sem a adequada fiscalização da atividade minerária dessa substância na área contemplada por esse projeto, haverá continuidade de extração ilegal e predatória. Isso acarretará em danos ambientais e econômicos para a região, já que garimpos ilegais não pagam impostos e dificultam a concorrência com as minerações legalizadas, que têm que repassar o preço final do produto, com os valores mais elevados para suprir os custeios dos tributos.

Como conseqüência desta concorrência desleal muitas minerações em São Luís fecharam nos últimos anos. Tecendo-se uma breve comparação, o preço médio do m³ da areia nas minerações legalizadas é de R\$ 20,00 a R\$ 25,00, enquanto que nas minerações não regularizadas o produto é fornecido ao preço de R\$ 6,00 a R\$ 8,00 o m³. Tal fato significa um retrocesso socioeconômico para a região, não só

Tabela 9.5 - Relação das empresas produtoras de rocha britada, que foram visitadas, município do MA onde estão localizadas e suas produções.

Empresa	Município	Produção Mensal (t)
Brasil Mineração e Transporte S.A.	Bacabeira	100.000
PG Mineração	Bacabeira	45.000
Polimix Agregados	Bacabeira	60.000
Granorte Mineração S.A.	Bacabeira	170.000
Serveng Mineração	Rosário	85.000
Pedreira Anhanguera S.A.	Rosário	100.000

para a área metropolitana de São Luís e entorno, mas também para regiões vizinhas, que se abastecem do bem mineral produzido nessa região para a indústria da construção civil.

A areia pode ser utilizada na composição de concretos, argamassa, alvenaria e pavimentos, podendo ser classificada como natural e artificial. Na forma natural provém de aluviões (antigos ou atuais), depósitos residuais, solos de alteração, dunas, entre outros. Na forma artificial representa o subproduto resultante da lavra de pedreira e da unidade de britagem, sendo utilizada como matéria-prima para a produção de concreto betuminoso e pré-moldado. Este material quando devidamente processado, pode substituir a areia natural. No Brasil, esta prática representa 5 a 10% do mercado de areia, com previsão de crescimento para os próximos anos.

As grandes obras civis e urbanas como pavimentação e construção de casas constituem as maiores consumidoras destes bens minerais produzidos na RMSL e Entorno. A localização das minerações próximas aos maiores polos consumidores contribui para viabilizar este ramo de atividade industrial, tornando-se uma importante atividade econômica para a região.

Ao final da década passada ocorreram sérios agravamentos das condições ambientais em função da atividade minerária. Porém, num futuro próximo com a mineração ambientalmente controlada, através de trabalhos otimizados dentro do moderno conceito de produção limpa, juntamente com a dinamização industrial e turística da região, deverão aportar, regionalmente, recursos financeiros, através de distribuição de renda e arrecadação direta e indireta de tributos. Esses fatos associados ao reinício no médio prazo, das obras de infraestrutura que a região em tela tanto necessita, fornecerá o aporte financeiro que propiciará as condições materiais necessárias para alavancar os municípios envolvidos, propiciando melhores condições de atendimento público às necessidades sociais da população.

Para o cálculo da produção de areia na área de estudo foram cadastrados 51 pontos, onde 39 desses, estão inseridos em áreas requeridas junto ao DNPM (nas seguintes fases: 2 Concessões de Lavra; 18 Licenciamentos; 14 Autorizações de Pesquisa; 1 Requerimento de Pesquisa e 4 Requerimentos

de Licenciamento), e os 12 restantes, considerados meras ocorrências ou garimpos. Das 39 áreas requeridas junto ao DNPM, que foram visitadas, 30% estavam produzindo e 70% estavam temporariamente, ou mesmo definitivamente, paralisadas ou sem atividade no local. Esse percentual se dá por conta das minerações clandestinas que atuam na região. As estimativas foram realizadas nos locais de extração com base nas informações prestadas pelos proprietários e/ou funcionários.

O destaque para a produção deste insumo é o município de São Luís, mais precisamente a porção sudeste da ilha. Existe, atualmente, um total de 149 processos ativos requeridos para areia, junto ao DNPM na Região Metropolitana de São Luís e seu Entorno. A Tabela 9.6 mostra a relação entre as empresas e a produção mensal de areia na região.

9.2.3 - Argila

As argilas possuem uma ampla variedade de aplicações industriais, sendo utilizadas principalmente na construção civil e na industrial cerâmica, onde constituem parte da composição ou total das massas empregadas na cerâmica vermelha, precisamente na confecção de tijolos, telhas, manilhas, blocos estruturais, lajotas, e de elementos vazados.

As argilas da área da RMSL e entorno, são extraídas por minerações que abastecem as próprias cerâmicas, e algumas cerâmicas compram argila, ainda, nos mercados locais. O baixo valor agregado de seus produtos dificulta investimentos em equipamentos, tecnologia e, sobretudo na qualificação da mão-de-obra, que são componentes fundamentais para a obtenção de um produto de maior qualidade e de aumento na competitividade das empresas situadas na região em apreço.

Uma característica dessa indústria é a tendência para a concentração geográfica das empresas próximas às áreas de produção de matérias-primas. O desenvolvimento desse segmento está intimamente atrelado à indústria da construção civil.

Na região Metropolitana de São Luís e entorno os principais depósitos de argila e as atuais frentes de produção são resultantes da lavra de bolsões

Tabela 9.6 - Relação das empresas produtoras de areia, que foram visitadas, município do MA onde estão localizadas e suas produções.

Município	Empresa	Produção de areia (m ³ /mês)
Paço do Lumiar	Constutora e Terraplenagem Cardoso Ltda - Mina CTC	-
Paço do Lumiar	Jazida Mocajituba	-
São José de Ribamar	Transcomil Mineração Transp. Constr. e Comércio Ltda. - ME	4.000.000
São Luís	JM Mineração	-
São Luís	Mineração Maracanã	-
São Luís	Mineração Pindoba	-
São Luís	Mineração Vale da Ribeira	5.000
São Luís	Mineradora Urano Ltda	12.000
São Luís	Piscicultura Porto Grande Ltda.	13.300
São Luís	Porto Grande Mineradora e Comércio Ltda.	13.255
Presidente Juscelino	Mineração Porto da Casca	10.000
Rosário	Mineração Ruach	-

e/ou camadas de argila associados aos arenitos argilosos do Grupo Itapecuru Indiviso (municípios de Itapecuru Mirim, Santa Rita, Bacabeira e Rosário) inserido na Bacia do Parnaíba e aos bolsões pelíticos relacionados aos sedimentos arenosos do Grupo Barreiras.

Apesar do grande potencial mineral, é difícil fazer uma estimativa mais precisa das reservas de argila para cerâmica vermelha, já que os depósitos e as jazidas, em geral, são mal avaliados e pouco conhecidos.

O setor produtivo da região é bastante artesanal e tradicional, constituído de empresas (olarias) de pequeno a médio porte. Algumas empresas estão investindo em equipamentos como fornos, marmotas e sistemas de transportes de material por meio de trilhos dentro das instalações, além de sistemas de secagem automáticos, tudo para melhorar a produção e a qualidade dos produtos fabricados.

Convém frisar que a atual crise econômica, pela qual passa o nosso país afetou imensamente o setor. As empresas que não conseguiram investir em tecnologia, como novos equipamentos que reduzem o tempo de queima, qualificação de mão de obra e diminuição da matéria-prima, foram as mais afetadas.

Dos 42 pontos visitados, em 36 deles, a argila é a substância principal. A RMSL e seu Entorno apresentam 59 áreas requeridas junto ao DNPM para argila, sendo que essas áreas se encontram nas fases de: Licenciamento - 37, Requerimento de Licenciamento - 11 e Autorização de Pesquisa - 11.

Ainda de acordo com informações obtidas em campo, a produção de cerâmica vermelha é constituída principalmente de tijolos e telhas. Os tijolos produzidos na RMSL são de vários tipos e tamanhos, no entanto, a preferência se dá pelos tijolos de 6 furos. As telhas mais comuns fabricadas na região são as dos tipos canal e colonial.

A Tabela 9.7 mostra a relação entre as empresas e a produção mensal de argila na região.

9.2.4 - Saibro e Material de Empréstimo

Saibro trata-se de um solo proveniente de rochas quartzo-feldspáticas, com minerais parcialmente decompostos, baixo teor de argila e coloração variada. A viabilidade econômica deste material depende da proximidade das áreas de extração, em relação ao local onde será empregado.

A RMSL e seu Entorno apresentam 59 áreas requeridas junto ao DNPM, sendo que essas se encontram nas fases de: Licenciamentos - 37, Requerimentos de Licenciamento - 11, e Autorizações de Pesquisa - 11.

Material de empréstimo constitui uma designação utilizada regionalmente para denominar uma sequência litológica muito heterogênea representada na área em estudo por rochas graníticas bastante alteradas, formando uma massa de saibro argiloso, utilizado "in natura" ou, às vezes, por níveis lateríticos relacionados aos sedimentos do Grupo Barreiras. Geralmente, as jazidas desses materiais encontram-se muito próximas das principais vias de acesso e às vezes dentro do próprio perímetro urbano.

Estes materiais, de característica terrosa, são obtidos em diferentes locais. Em algumas situações estão nas proximidades das obras, em outras, localizados a distâncias consideráveis. Como são muito utilizados na construção de leitos de estradas, aterros, eventualmente entram como insumos em obras de infraestrutura e nas edificações. Sua produção se torna muito variável ao longo do tempo, isto é, se intensifica quando há obras de infraestrutura, tais como: pavimentação de estradas de rodagem em andamento, aterro de obras públicas e barragens, sendo quase inexistente nos outros períodos. A consequência deste fato se reflete na falta de estatísticas sobre a produção e o consumo destes materiais.

As principais fontes de fornecimento de material dito "de empréstimo", na RMSL e entorno, são os níveis lateríticos, associados aos arenitos argilosos do Grupo Barreiras. Esta unidade estratigráfica compre-

Tabela 9.7 - Relação das empresas produtoras de argila, que foram visitadas, município do MA onde estão localizadas e suas produções.

Município	Empresa	Produção de argila (tijolos/mês)	Ano da coleta de dados
Bacabeira	Cerâmica Princesa	500.000	2014
Bacabeira	CERITA - Cerâmica Industrial Ita Ltda.	1.500.000	2014
Bacabeira	Cerâmica Industrial Bacabeira	500.000	2014
Rosário	Cerâmica Maran Ltda.	500.000	2014
Rosário	Cerâmica Nossa Senhora da Conceição	200.000	2014
Rosário	Cerâmica Mina Alto da Esperança	228.000	2014
Rosário	Cerâmica Nossa Senhora do Rosário	800.000	2014
Santa Rita	V. Veras Ind. Cerâmica Ltda.	sem dados	2014
Itapecuru Mirim	Cerâmica Ponta Grossa	600.000	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica Atenas Ltda.	550.000	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica Bom Sucesso - Mina do Galpão	800.000	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica Itapecuru Mirim	400.000	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica Mina Forte	200.000	2015
Itapecuru Mirim	J. Ferreira Neto	400.000	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica Itapecuru Ltda.	400.000	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica Santa Terezinha Ltda.	500.000	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica Paraíso Ltda.	800.000	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica Garra	sem dados	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica São Raimundo Produtos Cerâmicos Ltda.	500.000	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica Confiança	2.000.000	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica Tanguá Ltda.	1.800.000	2015
Itapecuru Mirim	Cerâmica Daniel	1.800.000	2015
Itapecuru Mirim	B. B. Mendes	5.000 (telhas) 2.000 (blocos)	2015

ende uma sequência litológica bastante heterogênea constituída por sedimentos areno-argilosos e sílico-argilosos, intemperizados, contendo níveis conglomeráticos e coloração avermelhada com porções roxa e amarelo-avermelhadas. Mas para o interior se observam nesta sequência porções areno-argilosas a sílicas com níveis arcoseanos, mal selecionados, onde se nota a presença de pequenas discordâncias locais de erosão marcadas por níveis de seixos de quartzo. Nas obras situadas dentro da região metropolitana, onde a procura é mais regular, ainda é possível se realizar uma estimativa, dependendo da época do ano.

Em função do baixo preço desta substância e do conseqüente custo do frete, a produção deste insumo não suporta grandes distâncias sendo empregado basicamente em obras situadas próximas aos locais de extração. A clandestinidade desta atividade é bastante comum, cujo desenvolvimento se dá de forma irregular, predatória, geralmente com ausência de responsável técnico e de planejamento operacional, constituindo um franco estímulo à informalidade. Em geral, a execução das ações de lavra recai sobre a responsabilidade de pessoas físicas, muitas das quais são proprietárias do solo.

As principais frentes de extração desta substância na região em tela situam-se nos municípios de São José de Ribamar, Alcântara, Itapecuru Mirim, Rosário e Santa Rita (laterita); Rosário e Itapecuru Mirim (saibro); e São Luís e São José de Ribamar (cascalho).

9.3 - CONSUMO DE MATÉRIAS-PRIMAS MINEIRAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO

O consumo de matérias-primas minerais para construção civil no caso da RMSL, representadas por rocha para brita, areia, argila para cerâmica vermelha e materiais de empréstimo, em geral, coincide com o próprio quantitativo produzido. No momento inexistente comércio extra-regional destas substâncias, ou seja, tudo que é produzido é consumido dentro da própria região.

Com base no exposto pode-se admitir que as Tabelas 9.5, 9.6 e 9.7 contidas no presente capítulo expressam de forma geral o consumo, respectivamente, de brita, areia e argila para cerâmica vermelha observado na região em tela.

9.4 - CONFLITOS ENTRE A MINERAÇÃO E OS EIXOS DE EXPANSÃO URBANA NA RMSL E ENTORNO

É de fundamental importância a identificação dos problemas que podem afetar a disponibilidade e a exploração dos materiais para construção civil. Salienta-se que fatores de ordem econômica exigem que a localização e extração desses insumos sejam próximas dos centros urbanos consumidores,

pois, como representam baixo valor unitário, o fator transporte aumenta bastante seu custo nas obras.

Complementam os problemas o impacto ambiental decorrente da extração de grande volume de agregados, muitas vezes, sem controle e/ou recuperação das áreas mineradas.

A principal meta a ser atingida é a compatibilização através de um ordenamento territorial, para que seja possível assegurar proteção à população e ao meio ambiente de forma a propiciar a exploração e disponibilização de insumos para a construção civil a preços razoáveis, favorecendo o crescimento econômico e o desenvolvimento social da região.

Todos os grandes centros urbanos brasileiros de uma maneira geral, têm enfrentado problemas com o avanço progressivo do processo de urbanização, especialmente nas últimas duas décadas. Não raro, o processo de expansão das manchas urbanas conflita com áreas de mineração, por avançar sobre potenciais depósitos, gerando impedimentos para o uso futuro desses insumos fundamentais para a sociedade. E esse cenário não é diferente nos municípios englobados pela RMSL e seu entorno, uma vez que a delimitação de áreas para a expansão da urbanização dos municípios, muitas vezes se sobrepõe a áreas com esses depósitos.

Uma significativa contribuição deste projeto decorre da discussão sobre o conflito mineração versus a ocupação humana, com a necessidade de os agentes públicos antecederem, em projetos de ordenamento territorial, a análise e resolução dos conflitos socioambientais gerados pela mineração.

Atualmente, os planos diretores municipais restringem (ou deveriam restringir), por exemplo, a ocupação das planícies aluviais potencialmente alagadiças, e as áreas com alta a muito alta suscetibilidade aos processos erosivos, as áreas com declividade superior a 30%, zonas de recarga de aquíferos,

e depósitos de tálus, pela instabilidade natural aos transportes de massa e movimentos gravitacionais.

Áreas de conflitos foram observadas nos principais rios da região em tela, assim como nas imagens, onde há sobreposição dos polígonos de áreas sujeitas à inundação, com as áreas urbanizadas ou destinadas à expansão da urbanização. Essas áreas deveriam ter uma atenção especial.

Contudo, é indispensável a delimitação de áreas com restrição à expansão urbana, notadamente àquelas potencialmente produtoras de insumos para a construção civil. Os agentes públicos devem levar em conta essas questões na geração de planos diretores municipais, criando alternativas locais, com base no conhecimento geológico da região, para elaborar os vetores de crescimento urbano, com o objetivo de evitar conflitos entre a expansão urbana e a exploração das reservas minerais da região.

Os poderes municipais devem, além de garantir as futuras demandas da sociedade por insumos minerais, vislumbrar a importância socioeconômica do setor na geração de empregos e no retorno em impostos oriundo da produção extrativa mineral e/ou das indústrias de transformação, como as de produção cerâmica. Muitas áreas com atividades extrativas minerais resultaram em passivos ambientais (como cavas abandonadas), com riscos evidentes às populações que habitam nas proximidades dessas áreas. São ressaltados estudos dirigidos ao ordenamento territorial na elaboração de Planos Diretores, objetivando o estabelecimento de convivência mais harmoniosa, e menos conflituosa, entre o crescimento das cidades e a mineração de agregados para a construção civil. Convém salientar, que o desenvolvimento sustentável na indústria mineral não é apenas uma possibilidade, mas uma alternativa viável e necessária.

10 – CONCLUSÕES

No mundo atual, os insumos minerais mais consumidos e produzidos, em termos quantitativos, se fazem representar pelos denominados minerais industriais e dentre estes, notadamente pelo setor de matérias-primas minerais para a construção civil. Apesar de serem abundantes e apresentarem baixo valor unitário, o consumo destes bens é um importante indicador do perfil socioeconômico e de desenvolvimento de um país, estado ou região metropolitana. Assim sendo, é indispensável a realização de estudos sobre a localização e potencial de reservas dos mesmos, de forma a propiciar às entidades públicas e privadas a tomada de decisões, sobre como utilizá-los, tendo em vista o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida.

A construção de uma infraestrutura rodoviária é de extrema importância para viabilizar o avanço econômico e reduzir os custos dos transportes, uma vez que o frete dos insumos geralmente corresponde a, aproximadamente, 2/3 do preço final do produto, evidenciando a necessidade de extrair esses bens o mais próximo possível do mercado consumidor.

Em 2010, o Estado do Maranhão possuía apenas 11,6% de domicílios com rede de esgoto e 15% com fossas sépticas. Em 2007, era a unidade federativa com o maior deficit habitacional relativo do país. Esta causa deve-se ao fato que o crescimento populacional ocorrido nos últimos anos, não tem sido acompanhado das condições de vida digna às pessoas.

A população da Região Metropolitana de São Luís e entorno, possui uma economia centrada na agricultura de subsistência e produção de matérias-primas brutas, e também no setor de serviços e na produção industrial. A região em tela concentra as principais indústrias instaladas no Estado do Maranhão, o qual apresentou entre 2003 e 2012, uma expansão no PIB de 6,09 % (segundo mensagem da governadora Roseana Sarney apresentada na Assembleia Legislativa daquele estado). Esse crescimento expressivo acima da média nacional persistiu nos últimos anos, notadamente na região metropolitana em tela. A indústria da construção civil acompanhou esse mesmo ritmo, com investimentos na edificação de empreendimentos de grande, médio e pequeno portes, o que tem demandado quantidades expressivas de matérias-primas minerais para construção civil. De um total de 356 obras previstas para serem executadas pelo PAC na área abrangida por esse projeto, os municípios da RMSL respondem por 78,65%, enquanto os municípios do entorno por 21,35% dessas obras. São Luís responde sozinho por 46,63% do total de obras do PAC, ou seja, o equivalente a 166

obras. No entanto, nos dias atuais, este setor está passando por um decréscimo, em função da recessão econômica que atingiu o Brasil, principalmente nas regiões mais carentes.

Convém salientar que o abastecimento de substâncias minerais para construção civil nas regiões metropolitanas do país vem sendo agravado não apenas pela expansão urbana recobrando áreas com potencial mineral, mas também pelas lavras informais que acarretam crescentes preocupações ambientais.

A produção mineral do Maranhão, hoje se resume praticamente à extração de areia, argilas, água mineral, calcário, caulim, gipsita, rochas britadas e cascalho.

Faz-se necessária a realização de um ordenamento do espaço municipal, o qual é de vital importância, também, para o desenvolvimento e continuidade das operações de exploração de areia, argila e demais insumos minerais existentes nestas regiões. É necessário que planos diretores de mineração sejam traçados, com o respectivo zoneamento metropolitano elaborado a partir do conhecimento geológico do território municipal. A ausência dum plano diretor aliado à exaustão de áreas próximas aos grandes mercados consumidores, ao crescimento da urbanização e à restrição ambiental, têm resultado no deslocamento dos mineradores para locais cada vez mais distantes dos grandes centros urbanos, o que vem onerando o preço final destas substâncias.

A falta de uma base estatística confiável, uma vez que existe um elevado grau de informalidade de empresas que operam no mercado de agregados para construção civil, constitui-se num dos maiores problemas para a realização de análises técnico-econômicas do setor. O levantamento de dados sobre o consumo e reservas minerais disponíveis também é extremamente importante para obter-se a relação entre produção e reservas, de modo a acompanhar sua evolução, prever exaustão de reservas, indicar necessidade de novos investimentos em pesquisa mineral, visando propiciar a criação de políticas de incentivo à busca de recursos, etc.

Embora várias das empresas que extraem areia estejam se regularizando perante o DNPM, muitas vezes ainda, há a exploração em lavras informais que prejudicam o meio ambiente e a vida útil dos depósitos. A indústria de cerâmica vermelha carece de informações geológicas de qualidade sobre os depósitos de argila e da caracterização tecnológica desses materiais, o que constitui uma premissa estratégica para o seu desenvolvimento. Os complexos rochosos geradores de brita são lavrados por empresas mineradoras legalizadas que necessitam, entretanto, de um zoneamento territorial que preserve as suas reservas da ocupação urbana desordenada.

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro – 2010 (DNPM, 2010), relativo ao ano de 2009, no Estado do Maranhão, as quantidades produzidas de rocha britada, areia e argila vermelha, foram, respectivamente, de 4.142.684 t, 5.991.472 t, e 629.431 t. Em relação aos valores de produção, esses foram, respectivamente, de R\$ 102.283.593,00, R\$ 63.789.709,00, e R\$ 2.379.707,00.

Com base no exposto, pode-se afirmar que a RMSL e entorno apresentam um bom potencial mineral para os agregados utilizados na construção civil.

Durante a execução deste projeto foram identificadas para a região RMSL e entorno, um total de 10 áreas potencialmente favoráveis à exploração de brita, areias, cascalho, material de empréstimo, saibro, além de argilas para cerâmica vermelha e industrial.

As unidades geológicas mapeadas na região em tela estão representadas pela Suíte Intrusiva Rosário (de idade paleoproterozoica), pelos sedimentos cretácicos do Grupo Itapecuru Indiviso, pelos sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras, e pelos sedimentos quaternários relacionados a ambientes eólicos, fluvio-lagunares, de pântanos e mangues, litorâneos e aluvionares.

Brita

A brita produzida na Região Metropolitana de São Luís e entorno é toda proveniente de frentes relacionadas às áreas de exposição dos plutonitos da Suíte Intrusiva Rosário, localmente constituída por tonalitos, granitos, granodioritos, quartzo-dioritos, monzonitos e leucogranitos. Em certos locais observam-se que os plutonitos mostram-se foliados e estirados, resultado da ação mecânica ocasionada por falhas transcorrentes que afetaram a região e imprimiram sua feição e modelado em partes das litologias constituintes desta suíte.

Foram cadastrados 18 afloramentos, entre ocorrências, depósitos, pedreiras em funcionamento, frentes de lavras paralisadas e áreas objeto de requerimentos de pesquisa e de licenciamento para a futura produção de tal substância. A área de reserva e extração do material restringe-se aos Municípios de Bacabeira, Rosário e Axixá parcialmente, onde afloram rochas pertencentes ao Cráton de São Luís, numa janela estrutural, que exhibe, mais precisamente, plutonitos desta suíte.

Atualmente, a RMSL e entorno apresentam 120 processos ativos, requeridos para rocha britada, junto ao DNPM.

Todas as áreas produtoras operam em lavra a céu aberto (*open pit*). A lavra ocorre sob a forma de bancadas altas, com algumas pedreiras apresentando mais de dois níveis de bancadas altas. O método de bancadas constitui a sistemática mais comum para desmontes com utilização de explosivos. A exploração é feita com o auxílio de martelletes, compressores, além do uso de pá carregadeira, tratores e caminhões do tipo caçamba.

Estima-se uma reserva potencial superior a mais de 600 Mt (seiscentos milhões de toneladas) de rochas, passíveis de serem usadas como brita. Tal quantitativo nos permite admitir que a demanda regional desta matéria-prima será suprida por, pelo menos, 40 anos. Convém frisar, entretanto, a necessidade da realização de serviços de ordenamento territorial com a finalidade de disciplinar o avanço da mancha urbana e garantir a inviolabilidade destas reservas.

Foram realizados ensaios tecnológicos para brita em 2 (duas) amostras. Ambas as amostras constituem um produto de excelente qualidade, podendo ser usadas em concreto e nos mais diversos campos da indústria da construção civil.

Os principais produtos oriundos das minerações da RMSL são as britas 0, 1, 2, 3, 4 e rachão, sendo que a mais comercializada é a brita 1.

O principal destino da produção de rocha britada é a própria região metropolitana, sendo que o preço médio para brita 1 varia de R\$ 36,50 a R\$ 60,00/m³ FOB.

Areia

Os depósitos de areia da RMSL e entorno ocorrem nos sedimentos aluvionares, tanto nas suas várzeas (Depósito Aluvionar II), quanto no leito ativo dos rios que drenam a região, também conhecidos como depósitos de canal (Depósito Aluvionar I). Os depósitos arenosos fluviais explorados na RMSL e entorno estão localizados nos leitos dos rios Munim (municípios de Presidente Juscelino/Cachoeira Grande e Axixá/Morros) e Itapecuru (municípios de Rosário e Itapecuru Mirim). Já, os principais depósitos associados às várzeas de rios foram detectados nos municípios de São Luís, Rosário e Santa Rita, mais precisamente, nesses dois últimos municípios, nas várzeas do Rio Itapecuru. Têm-se também explorações de areias associadas às litologias pelítico-psamíticas do Grupo Itapecuru Indiviso (principais depósitos ocorrem nos municípios de Paço do Lumiar e Alcântara); aos sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras (principais depósitos situam-se na porção sudeste da ilha de São Luís e no município de São José de Ribamar, constituindo uma importante fonte de suprimento desta substância para a RMSL); e aos sedimentos Eólicos Continentais, que constituem uma fonte de fornecimento pouco utilizada devido às restrições de ordem ambiental (principal frente de extração situa-se no município de Axixá).

De acordo com o tipo de depósito mineral, variam os processos de lavra, que podem ser por desmonte hidráulico, escarificação, ou simplesmente por dragagem.

Nas áreas de várzeas, a extração ocorre em cava, formando um tipo de lagoa fechada, não ligada diretamente aos cursos d'água.

A lavra por desmonte hidráulico, ou mecânico, é realizada nos leitos secos ou parcialmente se-

cos dos rios durante os períodos de estiagem e nas áreas de exposição dos sedimentos arenosos dos grupos Itapecuru Indiviso e Barreiras.

Quanto às areias, pode-se admitir uma reserva potencial estimada superior a 200 Mt (duzentos milhões de toneladas) desta substância, as quais com base nos atuais quantitativos de consumo são mais que suficientes para abastecer a demanda regional pelas próximas quatro décadas.

Um total de 16 amostras foram analisadas granulometricamente, as quais revelaram tratar-se de areias bem selecionadas, com 10 (dez) amostras apresentando granulometria fina, 2 (duas) granulometria muito fina, e as demais granulometria média. Essas análises permitem supor que estas areias podem ser aplicadas com sucesso na construção civil, inclusive na confecção de argamassas. Sugere-se a realização, futuramente, de ensaios de caracterizações mineralógica, tecnológicas e químicas destas areias, para identificar o seu grau de pureza e teor em SiO_2 , para verificar a possibilidade do seu uso na indústria de vidros ou produção do silício metálico.

Tudo indica que sem a adequada fiscalização da atividade minerária dessa substância na área contemplada por esse projeto, haverá continuidade da extração ilegal e predatória. Isso acarretará em danos ambientais e econômicos para a região, já que garimpos ilegais não pagam impostos e dificultam a concorrência com as minerações legalizadas, que têm que repassar o preço final do produto, com os valores mais elevados para suprir os custos dos tributos. Como consequência desta concorrência desleal, muitas minerações em São Luís fecharam nos últimos anos. Numa breve comparação, o preço médio do m^3 da areia nas minerações legalizadas é de R\$ 20,00 a R\$ 25,00, enquanto que nas minerações não regularizadas o produto é fornecido ao preço de R\$ 6,00 a R\$ 8,00 o m^3 .

Nesse projeto, para o cálculo da produção de areia, foram considerados 51 afloramentos cadastrados, onde 39 desses pontos estão inseridos em áreas requeridas junto ao DNPM, e os 12 restantes, são considerados meras ocorrências ou garimpos. Das 39 áreas requeridas junto ao DNPM, que foram visitadas, 30% estavam produzindo e 70% estavam temporariamente, ou mesmo definitivamente, paralisadas ou sem atividade no local. As estimativas foram realizadas nos locais de extração, baseadas nas informações prestadas pelos proprietários e/ou funcionários.

O destaque para a produção deste insumo é o município de São Luís, mais precisamente a porção sudeste da ilha.

Existe, atualmente, um total de 149 processos ativos requeridos para areia, junto ao DNPM na Região Metropolitana de São Luís e seu entorno.

Argilas

As argilas argilas localizadas na área da RMSL e entorno, são extraídas por minerações que

abastecem as próprias cerâmicas, e algumas delas compram argila, ainda, nos mercados locais. Uma característica dessa indústria é a tendência para a concentração geográfica das empresas próximas às áreas de produção de matérias-primas.

Na região Metropolitana de São Luís e entorno os principais depósitos de argila e as atuais frentes de produção são de origem sedimentar e acham-se associados aos terraços aluvionares de várzeas, datados do Quaternário, além das resultantes da lavra de bolsões e/ou camadas de argila associados aos arenitos argilosos do Grupo Itapecuru, e aos bolsões pelíticos relacionados aos sedimentos arenosos do Grupo Barreiras.

Os principais depósitos de natureza aluvionar associam-se às várzeas do Rio Itapecuru, notadamente no município de Itapecuru Mirim. São bastante plásticas. Normalmente estes jazimentos ocupam áreas com extensões e larguras consideráveis. As operações de lavra são feitas em bancadas com alturas variando entre 1,0 e 4,0 m, onde o material é extraído, com o apoio de retroescavadeira e posteriormente transportado em caminhões tipo caçamba para os pátios de estocagem, onde então, é distribuído para as cerâmicas da região.

As principais frentes de extração de argila na RMSL e entorno, acham-se associados aos sedimentos do Grupo Itapecuru Indiviso, onde ocorrem formando bolsões lenticulares e/ou camadas intercalados nos sedimentos arenoso-argilosos de amplitude regional, pertencentes a esse Grupo. Nestes locais extraem-se argilas bastante plásticas, as quais são distribuídas, para as cerâmicas da região abrangida pelos municípios de Itapecuru Mirim e Rosário. Itapecuru Mirim constitui o principal polo cerâmico da RMSL e entorno. A principal cerâmica associada a esta tipologia é a Cerâmica Cerita, situada no município de Itapecuru Mirim, a qual produz tijolos e telhas.

As frentes de produção de argila vermelha de natureza sedimentar, associadas ao Grupo Barreiras, ocorrem principalmente na região abrangida pela área do município de São Luís, onde essa substância ocorre sob a forma de bolsões intercalados nos arenitos argilosos, de cor variegada, e mal selecionados desta unidade geológica. Nestes jazimentos a argila extraída mostra-se bastante plástica, mas com um maior grau de impurezas.

Distribuída para as indústrias de cerâmica vermelha da região em tela. A principal frente de extração relacionada a esta tipologia situa-se no sítio Cidade Olímpica, município de São José de Ribamar e trata-se da Mina ou Piçarreira do Reginaldo.

A extração da argila ocorre através do desmonte hidráulico, utilizando pá carregadeira, retroescavadeira e caminhões basculantes para o transporte.

O método de lavra desta substância é semelhante ao método de mineração em tiras (*stripping mine*), lavrando-se faixas aproximadamente perpendiculares à direção de avanço.

Durante a execução do estudo em tela, foram avaliadas 42 ocorrências cadastradas, entre lavras, depósitos e meras ocorrências de argila. Destas, 40 servem para emprego na indústria de cerâmica vermelha, enquanto as outras duas restantes foram cadastradas como argila industrial devido ao seu emprego mais nobre.

Estima-se uma reserva potencial em torno de 120 Mt (cento e vinte milhões de toneladas) de argilas para uso na cerâmica vermelha e em certos casos para outras aplicações industriais. Convém frisar, que a reserva acima estimada engloba tanto as ocorrências associadas aos sedimentos aluvionares, quanto às formações sedimentares relacionados aos grupos Itapecuru Indiviso e Barreiras.

Foram enviadas 16 amostras de argilas diversas a serem submetidas a ensaios de caracterização tecnológica, e no geral, observou-se que as mesmas podem ser aplicadas com bom desempenho na cerâmica vermelha, tanto na produção de tijolos, quanto na confecção de telhas, manilhas e blocos estruturais.

Apesar do grande potencial mineral, é difícil fazer uma estimativa mais precisa das reservas de argila para cerâmica vermelha, já que os depósitos e as jazidas, em geral, são mal avaliados e pouco conhecidos.

O setor produtivo da região é bastante artesanal e tradicional, constituído de empresas (olarias) de pequeno a médio porte. Algumas empresas estão investindo em equipamentos como fornos, marombas e sistemas de transportes de material por meio de trilhos dentro das instalações, além de sistemas de secagem automáticos, tudo para melhorar a produção e a qualidade dos produtos fabricados.

De acordo com informações obtidas em campo, a produção de cerâmica vermelha é constituída principalmente de tijolos e telhas. Os tijolos produzidos na RMSL e entorno são de vários tipos e tamanhos, sendo a preferência pelo de 6 furos. As telhas mais comuns, fabricadas na região, são as dos tipos canal e colonial.

Atualmente, existe na Região Metropolitana de São Luís e seu entorno, um total de 59 processos ativos requeridos para argilas, junto ao DNPM.

Saibro e Material de Empréstimo

A obtenção destes materiais, de característica terrosa, dá-se em diferentes locais. Em algumas situações estão nas proximidades das obras, em outras, localizados a distâncias consideráveis. Em função do baixo preço desta substância e do consequente custo do frete, a viabilidade econômica deste material depende da proximidade das áreas de extração, em relação ao local onde será empregado.

Sua produção é muito variável ao longo do tempo, isto é, se intensifica quando há obras de infraestrutura (pavimentação de estradas de roda-

gem em andamento, aterro de obras públicas e barragens), e chega a ser quase inexistente nos outros períodos. A consequência deste fato se reflete na falta de estatísticas sobre a produção e o consumo destes materiais.

As principais fontes de fornecimento desse material, na RMSL e entorno, são os níveis lateríticos, associados aos arenitos argilosos do Grupo Barreiras (sequência litológica bastante heterogênea constituída por sedimentos areno-argilosos e siltico-argilosos, intemperizados, contendo níveis conglomeráticos e coloração avermelhada com porções roxa e amarelo-avermelhada).

Existem, também, frentes de extração de material de empréstimo relacionado aos sedimentos areno-argilosos do Grupo Itapecuru Indiviso.

A exploração do material de empréstimo constitui-se uma operação conjunta que compreende, principalmente, o desmonte mecânico. O carregamento do material *in natura* acontece através de pás carregadeiras e o transporte da matéria-prima é feito através de caminhões basculantes até as obras. Em algumas lavras, o desmonte e transportes são realizados de forma artesanal.

A clandestinidade desta atividade é bastante comum, cujo desenvolvimento se dá de forma irregular, predatória, geralmente sem um responsável técnico, e sem planejamento operacional, constituindo um franco estímulo à informalidade.

As principais frentes de extração desta substância na região em tela situam-se no município de São José de Ribamar, seguido dos municípios de Paço do Lumiar, Alcântara e Rosário. A demanda deste material nunca deixa de crescer.

Outro tipo de substância de origem mineral tida como material de empréstimo é o denominado saibro, também presente na região em estudo, o qual constitui um litotipo siltico-argiloso de cor rosa-clara a amarelada. O mesmo ocorre sob a forma de bolsões ou massas lenticulares, com espessuras, por vezes, de até 10 m, intercalados nos sedimentos do Grupo Barreiras.

Estas substâncias formam abundantes reservas na região metropolitana em tela, estendendo-se por praticamente todos os seus municípios componentes. No geral, as reservas são superiores a algumas centenas de milhões de toneladas, sendo capazes de atender às necessidades de consumo desta região por pelo menos mais 40 anos. O cuidado a ser tomado deve ser com a questão do impacto visual que a atividade provoca, e com a necessidade da execução de ordenamento territorial, que proteja as áreas de influência destes jazimentos do crescente avanço da mancha urbana.

Na Região Metropolitana de São Luís e seu entorno, atualmente, os processos ativos requeridos junto ao DNPM são 11 para laterita e 2 para saibro.

Cascalhos

Normalmente ocorrem associados aos sedimentos aluvionares de várzeas dispondo-se, em função do maior peso, na base destas sequências predominantemente psamíticas. Formam-se em função do intemperismo físico, do consequente quebramento das rochas e do constante atrito sofrido pelos seus fragmentos durante o seu transporte pelas águas fluviais. A tendência é apresentar formas arredondadas, subarredondadas a subangulosas. São, geralmente, compostos por seixos de quarto lavado, depositados tanto nos leitos ativos dos rios, quanto nas suas planícies de várzea.

É possível encontrar-se material semelhante nos níveis conglomeráticos ricos em seixos de quartzo, associados tanto aos sedimentos areno-argilosos do Grupo Itapecuru Indiviso, quanto aos níveis psamíticos do Grupo Barreiras.

Atualmente, as principais frentes de lavra deste insumo na região são resultantes da exploração dos depósitos aluvionares de várzea, notadamente os situados nas planícies de inundação dos rios, que drenam as regiões de São Luís e São José de Ribamar, mais precisamente na localidade de Pena Forte. A sistemática de extração utilizada é feita com o auxílio de pá carregadeira e caminhões tipo caçamba.

O número de processos ativos, referentes à RMSL e seu entorno, requeridos para cascalho junto ao DNPM, é de 2 processos.

Apesar de existirem junto ao DNPM, um total de 15 (quinze) áreas requeridas para laterita, saibro e cascalho, a aplicação final desses bens minerais requeridos, em sua maioria, será como material de empréstimo.

A totalidade dos recursos minerais para emprego imediato na construção civil na Região Metropolitana de São Luís e Entorno é extraída através de diferentes métodos de lavra, sempre a céu aberto, Com exceção da mineração de areia em leito de rio, a lavra dos insumos minerais utilizados na construção civil ocorre quase que exclusivamente através da escavação mecânica ou desmonte do minério com explosivos, formando cavas a céu aberto, as quais podem ou não interceptar o nível freático.

Dentro da moderna ótica dos conceitos de produção limpa, as viabilidades técnica e econômica dos trabalhos de exploração acham-se também relacionadas ao aproveitamento racional de recursos não renováveis e à redução de impactos ambientais. Parâmetros estes, que são fundamentais no trabalho de planejamento dos serviços de exploração.

O consumo de matérias-primas minerais para construção civil (rocha para brita, areia, argila para cerâmica vermelha e materiais de empréstimo), no caso da RMSL e entorno, em geral coincide com o próprio quantitativo produzido. Tudo que é produzido é consumido dentro da própria região.

De fundamental importância é a identificação dos problemas que podem afetar a disponibilidade e a exploração dos materiais para construção civil, como fatores de ordem econômica, os quais exigem que a localização e extração desses insumos sejam próximas dos centros urbanos consumidores; onde o impacto ambiental decorrente da extração de grande volume de agregados, muitas vezes, sem controle, tem causado profundas cicatrizes no relevo das áreas mineradas e na maioria das vezes não recuperadas.

Sugere-se, portanto a elaboração de um ordenamento territorial, que assegure proteção à população e ao meio ambiente de forma a propiciar a exploração e disponibilização de insumos para a construção civil a preços razoáveis, favorecendo o crescimento econômico e o desenvolvimento social da região.

Uma significativa contribuição deste projeto decorre da discussão sobre esse conflito, onde fica caracterizada a necessidade dos agentes públicos antecederem, em projetos de ordenamento territorial, à análise e resolução dos conflitos socioambientais gerados pela mineração.

Atualmente, os planos diretores municipais restringem, ou deveriam restringir, a ocupação das planícies aluviais potencialmente alagadiças; áreas com alta a muito alta suscetibilidade aos processos erosivos; áreas com declividade superior a 30%; zonas de recarga de aquíferos; e depósitos de tálus, pela instabilidade natural aos transportes de massa e movimentos gravitacionais.

Contudo, é indispensável a delimitação de áreas com restrição à expansão urbana, notadamente àquelas potencialmente produtoras de insumos para a construção civil. Os agentes públicos devem levar em conta essas questões na geração de planos diretores municipais, criando alternativas locais, com base no conhecimento geológico da região, para elaborar os vetores de crescimento urbano, objetivando evitar conflitos entre a expansão urbana e a exploração das reservas minerais da região.

Convém salientar, que o desenvolvimento sustentável na indústria mineral não é apenas uma possibilidade, mas uma alternativa viável e necessária.

11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEROPORTO de Alcântara. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Aeroporto_de_Alc%C3%A2ntara&oldid=45221837>.
- AEROPORTO Internacional de São Luís - Marechal Cunha Machado. Brasília: Infraero. Disponível em: <<http://www.infraero.com.br/index.php/br/aeroportos/maranhao/aeroporto-marechal-cunha-machado.html>>.
- AEROPORTO Internacional de São Luís. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Aeroporto_Internacional_de_S%C3%A3o_Lu%C3%ADs&oldid=47394722>.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil). **Bacia de São Luís**. [S.l.], 2002. Disponível em: <<http://www.brasil-rounds.gov.br/round4/round4/bacias/saoluis/index.htm>>.
- AGUIAR, G. A. Revisão geológica da Bacia paleozóica do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBG, 1971. v.3, p.113-122.
- ALMEIDA, F. F. M. **Origem e evolução da plataforma brasileira**. Rio de Janeiro: DNPM-DGM, 1967. 36 p. (Boletim, 241).
- ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (Org.). **Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 43-60.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; NEVES, B. B. B. The Upper Precambrian of South América. **Boletim Instituto de Geociências USP**, v. 7, p. 45-80, 1976.
- ALMEIDA, F. F. M.; NEVES, B. B. B.; CARNEIRO, C. D. R. The origin and evolution of the South American Plataform. **Earth Science Reviews**, v. 50, n. 1/2, p. 77-111, 2000.
- AMORIM, K. B. K.; ANGÉLICA, R. S. Mineralogia e geoquímica da ocorrência de palygorskita de Alcântara, bacia de S. Luís-Grajaú, Maranhão. **Cerâmica**, v. 57, p. 483-490, 2011.
- ANAISSE JÚNIOR, J. **Fácies costeiras dos depósitos Itapecuru (Cretáceo), região de Açailândia, bacia do Grajaú**. 1999. 86 f. Dissertação (Mestrado)—Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1999.
- ANAISSE JÚNIOR, J.; TRUCKENBRODT, W.; ROSSETTI, D. F. **Fácies de um sistema estuarino-lagunar no Grupo Itapecuru, área de Açailândia/MA, Bacia do Grajaú**. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Ed.). **O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 119-150.
- ANDRADE, C. A evolução de uma empresa além mar... **Jornal da Soamar**, em julho de 2000. Edição Especial. Disponível em: <<http://www.portosma.com.br/especial/alumar.php>>.
- ANEPAC: Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br/>>.
- ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP: série científica**, v. 6, n. 2, p.1-6, 2006.
- ARAI, M. et al. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no nordeste do estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. **Anais...** Belém: SBG, 1988. v. 2, p. 738-752.
- ARAI, M. et al. Novos dados sobre a estratigrafia e ambiente deposicional dos sedimentos da formação barreiras, NE do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., 1994, Belém. **Resumos...** Belém: SBG, 1994. p.185-187.
- ARANHA, L. G. F. et al. Origem e evolução das Bacias de Bragança-Viseu, São Luís e Ilha Nova. In: GABAGLIA, G. P. R.; MILANI, E. J. (Coord.). **Origem e evolução de bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobras, 1990. p. 221-223.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Disponível em: <<http://abceram.org.br/>>
- AZEVEDO, R. P. Interpretação geodinâmica da evolução mesozóica da Bacia Barreirinhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1986, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: SBG, 1986. v. 3, p. 1115-1130.
- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL S/A. **Quadro macroeconômico Brasil e Nordeste 2000 a 2010**. Fortaleza, 2012. Disponível em: <http://www.bnb.gov.br/documents/88765/89729/indicadores_macroeconomicos_brasil_nordeste_fev12.pdf/d6a134e4-99c0-472f-a244-d771397550c5>.
- BARBOSA, G. V.; PINTO, M. N. Geomorfologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam. **Folha SA.23 - São Luís e parte da folha SA.24 - Fortaleza: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1973. il. p.II/7-II/21. (Levantamentos de recursos naturais, 3).

- BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). **Arquivos do Instituto Ciências da Terra**, v. 2, p. 1-14, 1964.
- BR-222. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=BR-222&oldid=45134563>>.
- BR-402. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2015. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=BR-402&oldid=41441406>>.
- BRASIL. Código de Mineração (1967). **Código de mineração e legislação correlata**. 2. ed. Brasília : Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2011. 112 p. (Coleção ambiental, v. 2).
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaoconsolidado.htm>.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. **DNIT retoma obras de duplicação da BR-135/MA**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/noticias/dnit-retoma-obras-de-duplicacao-da-br-135-ma>>.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília, 2010.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Guia do minerador**: regimes de autorização e de concessão. Disponível em: <http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/Guia_2.htm>.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Guia do minerador**: regime de extração. Disponível em: <http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/Guia_4.htm>.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Guia do minerador**: regime de permissão de lavra garimpeira. Disponível em: <http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/Guia_5.htm>.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **SIGMINE**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine>>.
- BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria de Hidrografia e Navegação. **Tábuas de marés para 2003 e 2004**: Porto de Itaqui (MA). [S.l.], 2005. Disponível em: <<http://dhn.mar.mil.br/>>. Acesso em: 9 maio 2005.
- BRASIL. Ministério do Planejamento. **PAC**. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/estado/ma>>.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. **Transportes no Maranhão**. [Brasília], 2000. Disponível em: <<http://www.geipot.gov.br/cadernos/2000/ma-2000.htm>>.
- BRITO NEVES, B. B. Main stages of the development of the sedimentary basins of South America and their relationship with the tectonics of supercontinents. **Gondwana Research**, v. 5, n. 1, p. 175-196, 2002.
- CAINELLI, C.; MOHRIAK, W. U. Some remarks on the evolution of sedimentary basins along the Eastern Brazilian continental margin. **Episodes**, v. 22, n. 3, p. 206-216, 1999.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/dados.asp?Tipo=1>>.
- CAMPBELL, D. F. **Revised report on the reconnaissance geology of the Maranhão basin**. Belém: Petrobras, 1949. 117 p. (Rept. 7).
- COMISSÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA DA CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br>>. Acesso em: 14 set. 2016.
- CENSO demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 16 maio 2016.
- CORRÊA, A. Rede hoteleira de São Luís tem 8 mil leitos, afirma sindicato. **O Estado do Maranhão**, 11 mar. 2012. Disponível em: <http://www.abihma.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=73%3Arede-hoteleira-de-sao-luis-tem-8-mil-leitos-afirma-sindicato&catid=1%3Anoticias&Itemid=99>.
- COSTA NETO, M. C. et al. **Geologia e recursos minerais da folha Imperatriz**: SB.23-V-C-V, estado do Maranhão: escala: 1: 100.000. Belém: CPRM, 2012. No prelo.
- CUJUPE. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Cujupe&oldid=45221852>>.
- CUNHA, F. M. B. **Fotointerpretação da Bacia de São Luiz, Maranhão**. Belém: Petrobras, 1968. 22 p. (Relatório RE- NOR, 318/68).
- DOURADO, J. R.; BOCLIN, R. G. **A indústria do Maranhão**: um novo ciclo. Brasília: IEL, 2008. 195 p. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/19/43/19437f3e-4512-4de1-9446-83ec4f529568/20121101181107766750e.pdf>.
- EDUCAÇÃO e qualificação profissional entre as prioridades do Governo do MA para São Luís. São Luís: Governo do Maranhão, 2015. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br/educacao-e-qualificacao-profissional-entre-as-prioridades-do-governo-do-ma-para-sao-luis/>>.
- ELETRONORTE. **Maranhão**: [geração]. Disponível em: <<http://www.eletronorte.gov.br/opencms/opencms/pilares/geracao/estados/maranhao/>>.
- ELETRONORTE. **Maranhão**: [transmissão]. Disponível em: <<http://www.eletronorte.gov.br/opencms/opencms/pilares/transmissao/estados/maranhao/>>.

- EMIR, A. Pesquisa do IBGE mostra que os maranhenses têm uma das mais baixas rendas do Brasil, apenas R\$ 602,00 por mês. **Território Cidadão**, 27 set. 2012. Disponível em: <<http://territoriocidadao.blogspot.com.br/2012/09/pesquisa-do-ibge-mostra-que-os.html>>.
- ESTADOS brasileiros: Maranhão. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/estados_ma.htm>
- ESTIMATIVAS da população dos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2014. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise_estimativas_2014.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.
- EXPORTAÇÃO de gado pelo Itaqui injeta R\$ 42 milhões na economia local. São Luís: Governo do Maranhão, 2015. Disponível em: <<http://www.portodoitaqui.ma.gov.br/imprensa/noticia/exportacao-de-gado-pelo-itaqui-injeta-r-42-milhoes-na-economia-local>>.
- FERNANDES, J. M. G. et al. Considerações sobre a ocorrência de Ophiomorpha em sedimentos do grupo barreiras no nordeste do estado do Pará, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. **Boletim de resumos expandidos**. São Paulo: SBG, 1992. v. 2, p. 497.
- FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C. Barreiras: formação ou grupo? (contribuições da análise geomorfológica do litoral sul da Bahia e das “chapadas” do Jequitinhonha). In: CONGRESSO ABEQUA, 10., 2005, Guarapari, ES. **Resumos...** Guarapari, ES: ABEQUA, 2005. 1 CD-ROM.
- FERREIRA, C. S. Notas estratigráficas sobre o cenozóico marinho do Estado do Pará. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DA AMAZONIA, 12., 1982, Belém. **Anais...** Belém: SBG-Núcleo Norte, 1982. p. 84-88.
- FERREIRA, C. S.; GONZÁLES, B. B.; FRANCISCO, B. H. R. Ocorrência da Formação Pirabas (Mioceno Inferior) na Bacia de Barreirinhas, Maranhão. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 3, n. 1, p. 60-67, 1973.
- FERREIRA, C. S.; MACEDO, A. C. M.; VICALVI, M. A. Os limites meridionais da Bacia de Pirabas, Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG-Núcleo Rio de Janeiro, 1984. v. 1. p. 326-329.
- FERROVIA norte-sul. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Ferrovia_Norte-Sul&oldid=47151015>.
- FRAZÃO, E. B.; PARAGUASSU, A. B. Materiais rochosos para construção. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p.331-340.
- FRAZÃO, E. L. Tecnologia para a produção e utilização de agregados. In: TANNÚS, M. B.; CARMO, J. C. C.. **Agregados para a construção civil do Brasil: contribuições para formulação de políticas públicas**. Belo Horizonte: CETEC, 2007. p. 27-74.
- GASTÃO, F. G. C.; MAIA, L. P.; SIQUEIRA, A. C. A. Estágios da gênese e evolução dos depósitos eólicos e as mudanças climáticas do Quaternário. In: CONGRESSO ARGENTINO DO CUATERNÁRIO Y GEOMORFOLOGIA, 4.; CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 12.; REUNIÃO SOBRE EL CUATERNÁRIO DE AMÉRICA DEL SUR., 2., 2009, La-Plata, Argentina. **Anais...** La-Plata, Argentina, 2009. p. 133-138, 1 CD-ROM.
- GÓES, A. M. **Estudos sedimentológicos dos sedimentos Barreiras, Ipixuna e Itapecuru no nordeste do estado do Pará e nordeste do Maranhão**. 1981. 55 f. Tese (Mestrado em Geologia)–Universidade Federal do Pará, Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, Curso de Pós-Graduação em Geologia. Belém, 1981.
- GÓES, A. M. O.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 8, n. 1, p. 57-67, jan/mar. 1994.
- GÓES, A. M. O.; TRAVASSOS, W. A.; NUNES, K. C. **Projeto Parnaíba: reavaliação da bacia e perspectivas exploratórias**. Belém: Petrobras, 1993. (Relatório interno).
- GÓES, A. M.; ROSSETTI, D. F. Gênese da Bacia de São Luís-Grajaú, Meio-Norte do Brasil. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Ed.). **O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 15-30. (Coleção Friedrich Katzer).
- GOMES, H. S. **No Brasil, 37% das cidades são atendidas por 1 só empresa de celular**. São Paulo: Globo, 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2013/09/no-brasil-37-das-cidades-sao-atendidas-por-1-so-empresa-de-celular.html>>.
- GONÇALVES, R. A. et al. Classificação das feições eólicas dos Lençóis Maranhenses – Maranhão - Brasil. **Mercator: Revista de Geografia da UFC**, v. 2, n. 3, p. 99-112, 2003.
- GONÇALVES, R. A.; CARVALHO, I. S. Contribuição ao estudo da sedimentação da Formação Itapecuru - região de Itapecuru-Mirim, bacia do Parnaíba (Cretáceo Inferior) - Maranhão - Brasil. **Revista de Geologia**, v. 9, p. 75-81, 1996.
- GORAYEB, P. S. S. et al. Geologia e geocronologia da Suíte Rosário, nordeste do Brasil, e sua contextualização geotectônica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n. 4, p. 571-578, 1999.
- GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Saneamento básico**, IT 179: saneamento básico. Agosto, 2007.
- HASUI, Y.; ABREU, F. A. M.; VILLAS, R. N. N. Província Parnaíba. In: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (Ed.) **O Pré-Cambriano no Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. p. 36-45.
- HOLANDA, F. M., ANCHIETA JÚNIOR, V. **Avaliando a dinâmica do mercado de trabalho maranhense vis-**

- a-vis o brasileiro, entre 2000 e 2012. S.l.: s.n., 2012. Disponível em: <<http://www.coreconpr.org.br/wp-content/uploads/2015/10/c2.pdf>>.
- IBGE. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Estimativas populacionais para os municípios brasileiros em 01.07.2014**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2014/estimativa_dou.shtm>.
- IBGE. **Séries históricas e estatísticas**: características dos domicílios. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/lista_tema.aspx?op=0&de=12&no=6>.
- INDÚSTRIA do Estado do Maranhão. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/industr_ma.pdf>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Os tesouros ocultos do Maranhão. **O Estado do Maranhão**, 23 maio 2010. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=111694>.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Governança metropolitana no Brasil: relatório de pesquisa: caracterização e quadros de análise comparativa da governança metropolitana no Brasil: arranjos institucionais de gestão metropolitana (componente 1): região metropolitana da grande São Luís. Rio de Janeiro, 2014.
- INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Anuário estatístico do Maranhão**: v. 1 (1968). São Luís: IMESC, 2010.
- _____. **Enciclopédia dos Municípios Maranhenses**: microrregião geográfica do Itapecuru-Mirim. São Luís: IMESC, 2014. v. 4. 242 p. il.
- _____. **Estudos sobre a economia maranhense**. São Luís: IMESC, 2013. 160 p. il.
- KLEIN, E. L. et al. **Geologia e recursos minerais da Folha Cândido Mendes**, SA.23-V-D-II: Estado do Maranhão: escala 1:100 000 Belém: CPRM, 2008. 146 p. Programa Geologia do Brasil - PGB; Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- KLEIN, E. L. et al. Sistematização da litoestratigrafia do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 3, p. 415-418, set. 2005.
- KLEIN, E. L.; MOURA, C. A. V. Age constraints on granitoids and metavolcanic rocks of the São Luís craton and Gurupi belt, northern Brazil: implications for lithostratigraphy and geological evolution. **International Geology Review**, v. 43, p. 237-253, 2001.
- KLEIN, E. L.; MOURA, C. A. V. São Luís craton and Gurupi belt (Brazil): possible links with the West-African craton and surrounding Pan-African belts. In: PANKHURST, R. J. et al (Ed.) **West Gondwana**: pre-Cenozoic correlations across the South Atlantic region. London: Geological Society, 2008. p.137-151. (Special Publications, 294).
- KLEIN, E. L.; SOUSA, C. S. (Org.). **Geologia e recursos minerais do Estado do Maranhão**: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Maranhão. Escala 1:750.000. Belém: CPRM, 2012.
- KLEIN, V. C.; FERREIRA, C. S. Paleontologia e estratigrafia de uma facies estuarina da formação Itapecuru, estado do Maranhão. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 3, p. 523-533, 1979.
- LEAL, P. R. et al. **A indústria no maranhão e o seu desenvolvimento**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAahUgAB/industria-no-maranhao-seu-desenvolvimento#>>.
- LIMA, E. A. M.; LEITE, J. F. **Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba**: integração geológico-metalogenética: relatório final, etapa III. Belém: DNPM; CPRM, 1978. 190 p. v. 1.
- LIMA, H. P.; ARANHA, L. G. F.; FEIJÓ, F. J. Bacias de Bragança, São Luís e Graben de Ilha Nova. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 8, n. 1, p. 111-116, mar.1994.
- LIMA, R. D.; ROSSETTI, D. F. Análise faciológica e sequencial de depósitos de delta de baía (NeoCretáceo), Bacia do Grajaú, MA. IN: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Ed.) **O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 151-174. (Coleção Friedrich Katzer).
- LISBOA, M. A. R. The Permian geology of Northern Brazil. **American Journal of Science**, New Haven, Ser. 4, v. 37, n. 221, p. 425-443, may. 1914.
- MARANHÃO (Estado). Secretaria de Estado de Indústria e Comércio. **Comércio e serviços**. Disponível em: <<http://www.seinc.ma.gov.br/areas-de-atuacao/comercio-e-servicos/>>.
- MARANHÃO (Estado). Secretaria de Infraestrutura. **São Luís já recebeu 77 km de nova pavimentação com o 'Mais Asfalto'**. Disponível em: <<http://www.sinfra.ma.gov.br/2016/06/06/sao-luis-ja-recebeu-77-km-de-nova-pavimentacao-com-o-mais-asfalto/>>.
- MARANHÃO (Estado). Secretaria de Planejamento e Orçamento. **Anuário estatístico do Maranhão**. São Luís: IMESC, 2010.
- MARANHÃO apresenta um dos maiores índices de monopólio para os serviços de telefonia móvel. Disponível em: <<http://www.maranhoadagente.com.br/maranhao-apresenta-um-dos-maiores-indices-de-monopolio-para-os-servicos-de-telefonia-movel/>>.
- MARANHÃO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Maranh%C3%A3o&oldid=4739709>>.

- MASULLO, Y. A. G.; SANTOS, J. R. C.; RIBEIRO, A. L. B. Avaliação da distribuição do acesso ao serviço de saneamento básico no estado do Maranhão. In: SANTOS, P. C.; SANTOS, S. R.; REIS, J. M. O. (Org.). **Mídia, ciência e sustentabilidade na Amazônia**. São Luís: EDUEMA, 2013. v. 1, p. 47-64.
- MATOS, R. M. D. Abertura do Atlântico Sul: riftes na margem equatorial. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 7., 1999, Lençóis, BA. **Resumos...** Lençóis, BA: SBG, 1999. p. 64-66.
- MAURY, C. J. **Fósseis terciários do Brasil com descrição de novas formas cretáceas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 1925. 664 p. (Monografia, 4).
- MENDES, M. S.; BORGHI, L. Análise faciológica da formação Codó (Cretáceo, bacia do Parnaíba) em testemunhos de sondagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM ÓLEO E GÁS, 3., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador, 2005,
- MESNER, J. C.; WOOLDRIDGE, L. C. P. Estratigrafia das Bacias paleozóicas e cretáceas do Maranhão. **Boletim Técnico da Petrobras**, v. 7, n. 2, p. 137-164, abr./jun. 1964.
- MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A. Sedimentary basin of South America. In: Cordani, U. G. et al. (Ed.). **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, 2000. p. 389-449.
- MOHRIAK, W. U. Bacias sedimentares da margem continental brasileira. In: Bizzi, L. A. et al. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**: texto, mapas e SIG. Brasília, DF: CPRM, 2003. p. 87-165.
- MOURA, J. G. Potencialidades comparativas inexploradas no arranjo produtivo turístico de São Luís. In: LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E. (Org.) **Estratégias para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: E-papers, 2006, p. 211-228. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/APS-B2367.pdf>>.
- OCUPAÇÃO da rede hoteleira de São Luís chega a 90% para o período do réveillon. São Luís: Governo do Maranhão, 2015. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br/ocupacao-da-rede-hoteleira-de-sao-luis-chega-a-90-para-o-periodo-do-reveillon/>>.
- PAMPLONA, H. R. P. Litoestratigrafia da bacia cretácea de Barreirinhas. Separata de: **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro: Petrobras, v. 12, n. 3, p. 261-290, jul./set. 1969.
- PETRI, S. Foraminíferos miocênicos da Formação Pirabas. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (Geologia)**, v. 216, n. 16, p. 1-79, 1957.
- PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: T A Queiroz/USP, 1983. p. 279.
- PIRES, F. Única capital brasileira fundada por franceses. **Rank Brasil**, 15 dez. 2012. Disponível em: <http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/06wr/Unica_Capital_Brasileira_Fundada_Por_Franceses>.
- PONTA da Madeira. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2013. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Ponta_da_Madeira&oldid=3484230>.
- ROCHA, A. P. A. R et al. Maranhão: o estado que tem título de pobreza. **Administradores**. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/maranhao-o-estado-que-tem-titulo-de-pobreza/60672/>>.
- RODRIGUES, T. L. N. et al. (Org.). **São Luís folha SA.23-Z-A, Cururupu folha SA.23-X-C**: estado do Maranhão: escala 1:250.000. Brasília: CPRM, 1994. 185 p. Programa Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB.
- ROSSETTI, D. F. Arquitetura deposicional da Bacia de São Luís-Grajaú. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Ed.): **O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 31-46. (Coleção Friedrich Katzer).
- ROSSETTI, D. F. Bacia de São Luís-Grajaú. **Boletim da Fundação Paleontológica Phoenix**, v. 5, n. 58, 2003. Disponível em: <http://phoenix.org.br/Phoenix58_Out03.htm>. Acesso em: 4 jul. 2016.
- ROSSETTI, D. F. Evolução Sedimentar Miocênica nos Estados do Pará e Maranhão. **Geologia USP: série científica**, v. 6, n. 2, p. 7-18, 2006.
- ROSSETTI, D. F. Facies analysis of the lower succession of the upper Itapecurú Formation, São Luís Basin, northern Brazil. In: COSTA, M. L.; ANGÉLICA, R. S. (Ed.) **Contribuições à Geologia da Amazônia. Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: Falângola, 1997.
- ROSSETTI, D. F. Facies architecture and sequential evolution of incised-valley estuarine fill: the Cujupe Formation (Upper cretaceous to? Lower tertiary). São Luís Basin, northern Brazil. **Journal of Sedimentary Research**, v. 68, n. 2, p. 299-310, 1998.
- ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M. Geologia. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M. (Ed.). **O Neógeno da Amazônia Oriental**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2004. p. 13-52. (Coleção Fiedrich Katzer).
- ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; ARAI, M. A passagem Aptiano-Albiano na bacia do Grajaú, MA. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Coord.) **O Cretáceo na Bacia de São-Luís-Grajaú**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 101-117. (Coleção Friedrich Katzer).
- ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; SOUZA, L. S. B. Estratigrafia da sucessão sedimentar Pós-Barreiras (zona Bragantina, Pará) com base em radar de penetração no solo. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 113-130, 2001.

- ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT W.; SANTOS JÚNIOR, A. E. A. Clima do Cretáceo no Meio-Norte brasileiro. In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Ed.): **O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 67-76. (Coleção Friedrich Katzer).
- ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W. Classificação estratigráfica para o Albiano-Terciário Inferior (?) na Bacia de São Luís, Maranhão. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, série Ciências da Terra 9: 31-43. 1997.
- ROSSETTI, D.F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. A influência marinha nos sedimentos Barreiras. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**: Série Ciências da Terra, Belém, v. 2. p. 17-29, 1990.
- SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. v. 1. 496 p.
- SÁNCHEZ, L. E. Industry response to the challenge of sustainability: the case of Canadian nonferrous mining sector. **Environmental Management (New York)**, v. 22, n. 4, p. 521-531, 1998a.
- SÁNCHEZ, L. E. As etapas iniciais do processo de avaliação de impacto ambiental. In: GOLDENSTEIN, S.; FARIA, A. A. C. (Org.). **Avaliação de impacto ambiental**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1998b. v. 1, p. 35-55.
- SANTOS, J. H. S.; SILVA, J. X. Datação e evolução dos campos de dunas eólicas inativas dos Lençóis Maranhenses. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13. 2009, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, 2009. v. 1, p. 1-17.
- SANTOS, M. E. C. M.; CARVALHO, M. S. S. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**: reconstituição paleobiológica. Rio Janeiro: CPRM, 2009. 215 p.
- SANTOS, P. S. **Tecnologia de argilas, aplicadas as argilas brasileiras**. São Paulo: Edgard Blucher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1975. 2 v. il.
- SANTOS, S. R.; TEIXEIRA, M. G. C. Análise do plano de desenvolvimento turístico no estado do Maranhão: potencialidades e entraves na gestão de pólo turístico em município estratégico. In: ENANPAD: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008. Disponível: <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/APS-B2367.pdf>>.
- SINDICATO da Indústria de Mineração de Pedra Britada do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://sindipedras.apepac.org.br>>.
- SOARES JÚNIOR, A. V.; COSTA, J. B.; HASUI, Y. Evolução da margem equatorial do Brasil: três fases distensivas. **Geociências**, São Paulo: UNESP, v. 27, n. 4, p. 427-437, 2008.
- SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FULFARO, V. J. Tectonic cycles and sedimentary sequences in the Brazilian intracratonic basins. **Geological Society of America Bulletin**, Boulder, v. 89, n. 2, p. 181-191, 1978.
- SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macro-maré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação do maior cinturão contínuo de manguezais do mundo. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 4, p. 427-435, 2005.
- SZARTMARI, P. et al. A evolução tectônica da margem equatorial brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 2, p. 180-188, jun. 1987.
- TÁVORA, V. A.; SANTOS, A. A. R.; ARAÚJO, R. N. Localidades fossilíferas da Formação Pirabas (Mioceno Inferior). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**: série ciências naturais, Belém, v. 5, n. 2, p. 207-224, 2010.
- TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento 2015**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2015>>.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura. **BR-135/BA/MG**. Disponível em: <<http://www.itti.org.br/portal/g-rodovias/677-br-135bamg.html>>. Acesso em: 8 ago. 2016.
- VALE. **Estrada de ferro Carajás**: o caminho onde passa a nossa riqueza. Disponível em: <<http://www.vale.com/brasil/pt/initiatives/innovation/carajas-railway/paginas/default.aspx>>.
- VAZ, P. T. et al. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 253-264, 2007.
- VEIGA JÚNIOR, J. P. **São Luís NE/SE, folhas SA-23-X e SA-23-Z**: estados do Maranhão e Piauí: escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000. p. 5-23. Programa Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB.
- VILLWOCK, J. A. et al. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. In: SOUZA, C. R. G. et al. (Ed.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, SP: Holos, 2005. p. 94-107.
- ZALÁN, P. V. Bacias de Bragança-Viseu, São Luís e Ilha Nova. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 341-347, 2007.
- ZALÁN, P.V. Evolução Fanerozóica das Bacias Sedimentares Brasileiras. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (Org.). **Geologia do Continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 595-612.

LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS

- Nº 01 - Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.
Nº 02 - Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado - Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
Nº 03 - Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul - Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
Nº 04 - Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto - Goiás, 1997.
Nº 05 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Migrantinópolis - Rondônia, 2000.
Nº 06 - Geologia e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Corumbiara/Chupinguaia - Rondônia, 2000.
Nº 07 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Serra Azul - Rondônia, 2000.
Nº 08 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Branco/Alta Floresta - Rondônia, 2000.
Nº 09 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Luzia - Rondônia, 2000.
Nº 10 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Nova Brasilândia - Rondônia, 2000.
Nº 11 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Rio Madeirinha - Mato Grosso, 2000.
Nº 12 - Síntese Geológica e Prospectiva das Áreas Pedra Preta e Cotingo - Roraima, 2000.
Nº 13 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Bárbara - Goiás, 2000.
Nº 14 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Barra da Gameleira - Tocantins, 2000.
Nº 15 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Córrego Seco - Goiás, 2000.
Nº 16 - Síntese Geológica e Resultados Prospectivos da Área São Miguel do Guaporé - Rondônia, 2000.
Nº 17 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cana Brava - Goiás, 2000.
Nº 18 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cacoal - Rondônia, 2000.
Nº 19 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Morro do Leme e Morro Sem Boné - Mato Grosso, 2000.
Nº 20 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Serra dos Pacaás Novos e Rio Cautário - Rondônia, 2000.
Nº 21 - Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Bacia do Paraná - 2000.
Nº 22 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Tabuleta - Mato Grosso, 2000.
Nº 23 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Alegre - Mato Grosso, 2000.
Nº 24 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Figueira Branca/Indiavaí - Mato Grosso, 2000.
Nº 25 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar das Áreas Jaburu, Caracaraí, Alto Tacutu e Amajari - Roraima, 2000.
Nº 26 - Prospecção Geológica e Geoquímica no Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra da Onça - Pará, 2001.
Nº 27 - Prospecção Geológica e Geoquímica nos Corpos Máfico-Ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté - Pará, 2001.
Nº 28 - Aspectos geológicos, Geoquímicos e Metalogenéticos do Magmatismo Básico/Ultrabásico do Estado de Rondônia e Área Adjacente, 2001.
Nº 29 - Geological, Geochemical and Potentiality Aspects of Ni-Cu-PGE Deposits of the Paraná Basin Magmatism, 2001.
Nº 30 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Barro Alto - Goiás, 2010.

SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000

- Nº 01 - Área GO-09 Aurilândia/Anicuns - Goiás, 1995.
Nº 02 - Área RS-01 Lavras do Sul/Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 1995.
Nº 03 - Área RO-01 Presidente Médici - Rondônia, 1996.
Nº 04 - Área SP-01 Vale do Ribeira - São Paulo, 1996.
Nº 05 - Área PA-15 Inajá - Pará, 1996.
Nº 06 - Área GO-05 Luziânia - Goiás, 1997.
Nº 07 - Área PA-01 Paru - Pará, 1997.
Nº 08 - Área AP-05 Serra do Navio/Cupixi - Amapá, 1997.
Nº 09 - Área BA-15 Caripará - Bahia, 1997.
Nº 10 - Área GO-01 Crixás/Pilar - Goiás, 1997.
Nº 11 - Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa - Goiás, 1997.
Nº 12 - Área GO-03 Niquelândia - Goiás, 1997.
Nº 13 - Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.
Nº 14 - Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.
Nº 15 - Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.
Nº 16 - Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça - Rondônia, 1997.
Nº 17 - Área RO-06 Guaporé/Madeira - Rondônia, 1997.
Nº 18 - Área RO-07 Rio Madeira - Rondônia, 1997.
Nº 19 - Área RR-01 Uaricaá - Roraima, 1997.
Nº 20 - Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.

- Nº 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.
Nº 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.
Nº 23 - Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.
Nº 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.
Nº 25 - Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.
Nº 26 - Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.
Nº 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.
Nº 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.
Nº 29 - Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.
Nº 30 - Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.
Nº 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.
Nº 32 - Área AP-02 Tartarugalzinho - Amapá, 1997.
Nº 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.
Nº 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.
Nº 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.
Nº 36 - Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.
Nº 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.
Nº 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.
Nº 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.
Nº 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.
Nº 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.
Nº 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.
Nº 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.
Nº 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.
Nº 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.
Nº 46 - Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.
Nº 47 - Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.
Nº 48 - Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.
Nº 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.
Nº 50 - Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.
Nº 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.
Nº 52 - Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.
Nº 53 - Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.
Nº 54 - Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.
Nº 55 - Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.
Nº 56 - Área RR-03 Uraricoera - Roraima, 1998.
Nº 57 - Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.
Nº 58 - Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.
Nº 59 - Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.
Nº 60 - Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.
Nº 61 - Área PR-01 Curitiba/Morretes - Paraná, 1998.
Nº 62 - Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.
Nº 63 - Área PA-12 Rio Fresco - Pará, 1998.
Nº 64 - Área PA-13 Madalena - Pará, 1998.
Nº 65 - Área AM-01 Parauari - Amazonas/Pará, 1999.
Nº 66 - Área BA-01 Itapicuru Norte - Bahia, 1999.
Nº 67 - Área RR-04 Quino Maú - Roraima, 1999.
Nº 68 - Área RR-05 Apiaú - Roraima, 1999.
Nº 69 - Área AM 05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.
Nº 70 - Área MT-07 Araés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.
Nº 71 - Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.
Nº 72 - Área RR-02 Mucajaí - Roraima, 2000.
Nº 73 - Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.
Nº 74 - Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.
Nº 75 - Área MG-04 Serro - Minas Gerais, 2000.
Nº 76 - Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.
Nº 77 - Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.
Nº 78 - Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.
Nº 79 - Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.
Nº 80 - Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.
Nº 81 - Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000

- Nº 82 - Área BA-13 Gêtio do Ouro - Bahia, 2000.
- Nº 83 - Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.
- Nº 84 - Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.
- Nº 85 - Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS

- Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.
- Nº 03 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.
- Nº 04 - Gold Prospecting National Program - Subject and Methodology, 1998.
- Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas – Municípios de Manaíra e Princesa Isabel - Paraíba, 1998.
- Nº 06 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 2000.
- Nº 07 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Minas do Camaquã - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 08 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Ibaré – Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Çaçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 10 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Salsinho - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 11 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Marmeleiro - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 12 - Map of Gold Production and Reserves of Brazil (1:7.000.000 Scale), 2000
- Nº 13 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Ivo - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 15 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Batovi – Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 16 - Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso – Goiânia, 2008.
- Nº 17 - Metalogenia do Distrito Aurífero do Rio Juma, Nova Aripuanã, Manaus, 2010.

SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA

- Nº 01 - Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.
- Nº 02 - Fosfato da Serra da Bodoquena - Mato Grosso do Sul, 2000.
- Nº 03 - Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, 2000.
- Nº 04 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 05 - Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 06 - Síntese das Necessidades de Calcário para os Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 07 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.
- Nº 08 - Mapas de Insumos Minerais para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.
- Nº 09 - Mapa-Síntese de Jazimentos Minerais Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 10 - Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.
- Nº 11 - Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Minerais para Agricultura no Estado da Bahia, 2001.
- Nº 12 - Avaliação de Rochas Calcárias e Fosfatadas para Insumos Agrícolas do Estado de Mato Grosso, 2008.
- Nº 13 - Projeto Fosfato Brasil – Parte I, Salvador, 2011.
- Nº 14 - Projeto Fosfato Brasil – Estado de Mato Grosso – Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.
- Nº 15 - Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) – Goiânia, 2012.
- Nº 16 – Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.
- Nº 17 – Projeto Fosfato Brasil – Parte II, Salvador, 2016.
- Nº 18 – Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.

SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS

- Nº 01 - Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 02 - Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí - Rio Grande do Sul, 1998

- Nº 03 - Mapa Gemológico da Região de Ametista do Sul - Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 04 - Recursos Gemológicos dos Estados do Piauí e Maranhão, 1998.
- Nº 05 - Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 06 - Mapa Gemológico do Estado de Santa Catarina, 2000.
- Nº 07 - Aspectos da Geologia dos Pólos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso – O Fórum de Juína – Projeto Diamante, Goiânia, 2010.
- Nº 08 - Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II – Estado do Piauí, Teresina, 2015.
- Nº 09 - Aluviões Diamantíferos da Foz dos Rios Jequitinhonha e Pardo - Fase I – Estado da Bahia, Salvador, 2015.

SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS - EXAME ATUALIZADO DE PROJETO

- Nº 01 - Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 02 - Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 03 - Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 04 - Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 05 - Chumbo de Nova Redenção - Estado da Bahia, 2001.
- Nº 06 - Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 08 - Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 2000.
- Nº 09 - Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 2001.
- Nº 10 - Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis - Estado de Tocantins, 2000.
- Nº 11 - Fosfato de Miriri - Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.
- Nº 12 - Turfa da Região de Itapuã - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 13 - Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 14 - Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 15 - Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.
- Nº 16 - Diamante do Rio Maú - Estado da Roraima, 1997.
- Nº 18 - Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.
- Nº 19 - Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 2001.
- Nº 21 - Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.
- Nº 22 - Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 2000.
- Nº 23 - Kaolin Exploration in the Capim River Region - State of Pará - Executive Summary, 2000.
- Nº 24 - Turfa de São José dos Campos - Estado de São Paulo, 2002.
- Nº 25 - Lead in Nova Redenção - Bahia State, Brazil, 2001.

SÉRIE DIVERSOS

- Nº 01 - Informe de Recursos Minerais - Diretrizes e Especificações - Rio de Janeiro, 1997.
- Nº 02 - Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.
- Nº 03 - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco - Escala 1:250.000 - Recife, 2000.
- Nº 04 - Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências - Salvador, 2001.

SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS

- Nº 01 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Leste do Ceará – Recife, 2007.

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

- Nº 01 – Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) – Manaus, 2007.
- Nº 02 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador – Salvador, 2008.
- Nº 03 – Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas – Manaus, 2008.
- Nº 04 – Projeto Rochas Ornamentais de Roraima – Manaus, 2009.
- Nº 05 – Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno – Porto Velho, 2010.
- Nº 06 – Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia – Goiânia, 2010.
- Nº 07 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju – Salvador, 2011.
- Nº 08 – Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo – Rio de Janeiro, 2012.
- Nº 09 – Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife – Recife, 2012.
- Nº 10 – Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho – Porto Velho, 2013.
- Nº 11 – Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo, 2014.
- Nº 12 – Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal – Recife, 2015.

- Nº 13 – Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana – Salvador, 2015.
- Nº 14 – Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás – Belém, 2015.
- Nº 15 – Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia – Porto Velho, 2015
- Nº 16 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia – Goiânia, 2015
- Nº 17 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre – Porto Alegre, 2016
- Nº 18 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza – Fortaleza, 2016
- Nº 19 – Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis – Porto Alegre, 2016
- Nº 20 – Projeto materiais de construção da região de Macapá - Estado do Amapá – Belém, 2016.
- Nº 21 – Projeto Materiais De Construção da Região Metropolitana de Curitiba - Estado do Paraná, 2016.
- Nº 22 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno - Estado do Maranhão, 2017.

SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS

- Nº 01 – Projeto BANEIO – Bacia do Camaquã – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2008
- Nº 02 – Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG – Rio de Janeiro, 2014.
- Nº 03 – Projeto BANEIO – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2015

SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL

- Nº 01 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - ARIM, Brasília, 2015
- Nº 02 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015
- Nº 03 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste do Tapajós, Estado do Pará, Brasília, 2015.
- Nº 04 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Província Aurífera Juruena-Teles Pires-Aripuanã – Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha Porto Escondido – SC.21-V-C-III, Brasília, 2015.
- Nº 05 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Distrito Zíncífero de Vazante – MG, Brasília, 2015.
- Nº 06 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Rochas Alcalinas da Porção Meridional do Cinturão Ribeira. Estados de São Paulo e Paraná, Brasília, 2015.
- Nº 07 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste de Rondônia, Brasília, 2016.
- Nº 08 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), Brasília, 2016.
- Nº 09 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Porção sul da Bacia do Paraná, RS, 2017
- Nº 10 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Eldorado do Juma, Estado do Amazonas, AM, 2017
- Nº 11 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Cinturão Gurupi, Estados do Pará e Maranhão, Brasília, 2017.

SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS

- Nº 01 – Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 02 – Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 03 – Projeto Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil – Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.

ANEXO I

LISTA DE JAZIMENTOS DE MINERAIS E ROCHAS

Nº do Afloramento	LAT_dec	LONG_dec	Toponímia	Município	Substância	Modo de Ocorrência	Unidade Estratigráfica	Situação Legal do jazimento
KA 001	-2,63937	-44,32408	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
KA 002	-2,64236	-44,32536	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
KA 003	-2,65172	-44,32925	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Concessão de Lavra
KA 004	-2,65775	-44,34302	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Fora de área do DNPm-Garimpo
KA 005	-2,66019	-44,34716	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Requerimento de Licenciamento
KA 006	-2,64650	-44,33575	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
KA 007	-2,65025	-44,34069	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Concessão de Lavra
KA 008	-2,63736	-44,32663	Próximo à Vila Maranhão	São Luís	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
LL 001	-2,44914	-44,09825	Vila da Maresia	Raposa	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Fora de área do DNPm-Ocorrência
LL 002	-2,44519	-44,09219	Jussara	Raposa	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos de Pântanos e Mangues	Fora de área do DNPm-Garimpo
LL 003	-2,44299	-44,09059	Jussara	Raposa	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos de Pântanos e Mangues	Fora de área do DNPm-Garimpo
LL 004	-2,47987	-44,13712	Porto Grande	Paço do Lumiar	Areia/Sabro/Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
LL 005	-2,47939	-44,14542	Porto Grande	Paço do Lumiar	Areia/Sabro/Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
LL 006	-2,48669	-44,16854	Porto Grande	Paço do Lumiar	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Fora de área do DNPm-Garimpo
LL 007	-2,51397	-44,17320	Jazida Mocaítuba	Paço do Lumiar	Areia/Sabro/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
LL 008	-2,51914	-44,09726	Tendal	Paço do Lumiar	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Autorização de Pesquisa
LL 009	-2,56161	-44,09121	Próximo ao Conjunto Habitacional	São José de Ribamar	Argila/Areia	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
LL 010	-2,51041	-44,70224	Rod. MA 106, próximo à Churrascaria Marisco	Alcântara	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Disponibilidade
LL 011	-2,52862	-44,68883	Rod. MA 106	Alcântara	Cascalho	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Disponibilidade
LL 012	-2,53961	-44,65508	Rod. MA 106, sentido Bequimão, após trevo de Sta. Teresa	Alcântara	Argila/Areia	Formação Sedimentar	Formação Cujupe (?)	Disponibilidade
LL 013	-2,42868	-44,61020	Rod. MA 106, entre Novo Belém e São Benedito	Alcântara	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Disponibilidade
LL 014	-2,31248	-44,39648	Localidade de Peru	Alcântara	Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Registro de Extração
LL 015	-2,60100	-44,14034	Cocal	São José de Ribamar	Sabro/Laterita/Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
LL 016	-2,60405	-44,15360	Cava ao lado da Igreja Assembleia de Deus	São José de Ribamar	Sabro/Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Fora de área do DNPm-Garimpo
LL 017	-2,60481	-44,16225	A NW de Santana	São José de Ribamar	Sabro/Laterita	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Fora de área do DNPm-Garimpo
LL 018	-2,62903	-44,17699	Cidade Olímpica	São José de Ribamar	Areia/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
LL 019	-2,71317	-44,23016	Quebra Pote	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Fora de área do DNPm-Garimpo
LL 020	-2,71158	-44,22918	Quebra Pote	São Luís	Cascalho/Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Fora de área do DNPm-Garimpo
LL 021	-2,89676	-44,32306	Peri de Baixo	Bacabeira	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Concessão de Lavra
LL 022	-2,90197	-44,32971	Peri de Baixo	Bacabeira	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Concessão de Lavra
LL 023	-2,89559	-44,31567	Peri de Baixo	Bacabeira	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Concessão de Lavra
LL 024	-2,88496	-44,30310	Peri de Baixo	Bacabeira	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Licenciamento
LL 025	-2,91718	-44,22343	Itamirim	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Concessão de Lavra
LL 026	-2,90516	-44,23375	Itamirim de Cima	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Concessão de Lavra
LL 027	-2,92258	-44,25124	Boa Vista	Rosário	Argila	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Licenciamento
LL 028	-2,90930	-44,25822	Barreiras	Rosário	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
LL 029	-2,91978	-44,26767	Barreiras	Rosário	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
LL 030	-2,90046	-44,24882	Barreiras	Rosário	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
LL 031	-2,87271	-44,24576	Boa Vista	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite Intrusiva	Suite Rosário	Licenciamento
LL 032	-2,95608	-44,25623	A SE da Granja Sapucaia	Rosário	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Licenciamento

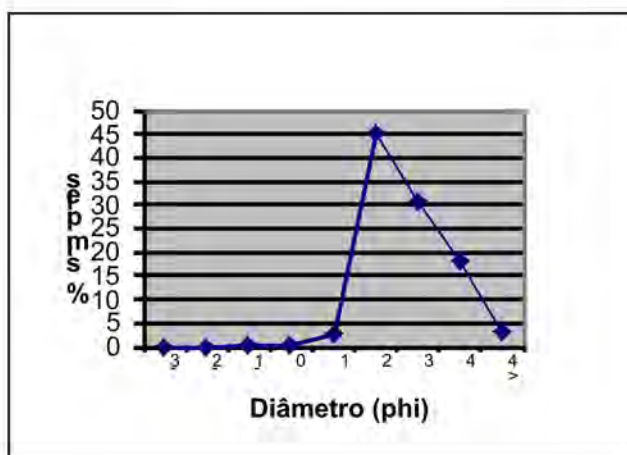
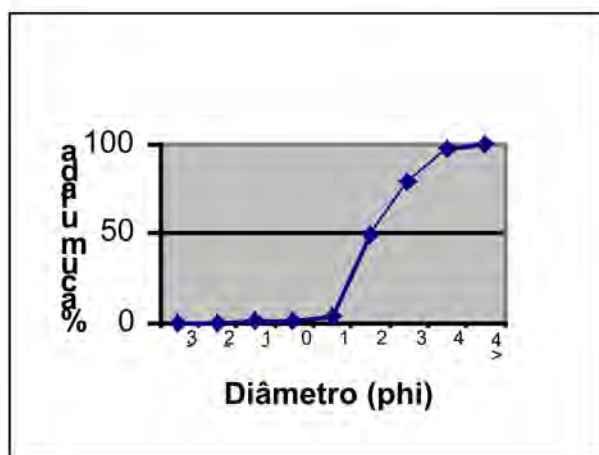
Nº do Afloramento	LAT_dec	LONG_dec	Toponímia	Município	Substância	Modo de Ocorrência	Unidade Estratigráfica	Situação Legal do jazimento
LL 033	-2,96399	-44,24902	Estrada de Salwater	Rosário	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
LL 034	-2,94606	-44,32514	Alto Castelo	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Autorização de Pesquisa
LL 035	-2,91939	-44,24768	Barreiras	Rosário	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
LL 036	-2,94162	-44,23066	Barreiras	Rosário	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
LL 037	-2,94496	-44,21033	A N de São Simão	Rosário	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
LL 038	-2,91231	-44,17979	Providência	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite intrusiva	Suite Rosário	Autorização de Pesquisa
LL 039	-2,88451	-44,21123	Povoado Miranda	Rosário	Granitoide	Laje de granitoide	Suite Rosário	Autorização de Pesquisa
LL 040	-2,89605	-44,21454	Povoado Miranda	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite intrusiva	Suite Rosário	Licenciamento
LL 041	-2,89356	-44,15989	A N de Nambuaçu de Baixo e a NW de Bom Tempo	Rosário	Granitoide (Brita)	Suite intrusiva	Suite Rosário	Licenciamento
LL 042	-2,93438	-44,14029	A N de Lago Grande	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Fora de área do DNPM-Ocorrência
LL 043	-2,92509	-44,17253	Nambuaçu de Cima	Rosário	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Disponibilidade
LL 044	-2,91767	-44,13674	A N de Bom Jesus, entre Bom Tempo e Bom Jesus	Axixá	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
LL 045	-2,81711	-44,11734	Estrada a N de Munim-Munim	Axixá	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
LL 046	-2,83011	-44,11080	A montante do Igarapé Ribeirão	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Autorização de Pesquisa
LL 047	-2,76947	-44,12811	Povoado de Peniçara	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Autorização de Pesquisa
LL 048	-2,79892	-44,11920	A montante do Igarapé Peniçara, a N de Axixá	Axixá	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa
LL 049	-2,85251	-44,10527	Povoado de Burgos	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Fora de área do DNPM-Ocorrência
LL 050	-2,83309	-44,08040	Povoado Vila Glória	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Requerimento de Licenciamento
LL 051	-2,83265	-44,06031	A NNE do Cemitério de Axixá	Axixá	Areia	Paleodunas	Depósitos Eólicos Continentais Antigos	Autorização de Pesquisa
LL 052	-2,85223	-44,07460	Próximo ao trevo de Axixá e Morros	Axixá	Areia	Paleodunas	Depósitos Eólicos Continentais Antigos	Fora de área do DNPM-Garrmpo
LL 053	-2,86112	-44,06666	2 km a SSE do trevo de Axixá e Morros	Axixá	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa
LL 054	-2,86483	-44,06160	A W de Munhanoçu	Axixá	Areia	Paleodunas	Depósitos Eólicos Continentais Antigos	Autorização de Pesquisa
LL 055	-2,86302	-44,06111	Munhanoçu, próximo do Igarapé do Encontro	Axixá	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Autorização de Pesquisa
LL 056	-3,02454	-44,08131	Povoado de Taboca	Presidente Juscelino	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Licenciamento
LL 057	-2,86429	-44,04670	Morros	Morros	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Requerimento de Licenciamento
LL 058	-2,96882	-44,06921	Porto da Casca	Presidente Juscelino	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Licenciamento
LL 059	-2,97307	-44,05711	Porto da Casca	Cachoira Grande	Granitoide	Matacões de granitoide	Suite Rosário	Fora de área do DNPM-Ocorrência
LL 060	-2,93076	-44,06160	Zona urbana de Cachoira	Cachoira Grande	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
LL 062	-2,86644	-44,04958	Próximo à ponte que une Axixá e Morros	Axixá	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Autorização de Pesquisa
LL 063	-3,02036	-44,30847	Povoado de São Pedro	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Autorização de Pesquisa
LL 064	-3,02158	-44,32005	Povoado de São Pedro	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 065	-3,05524	-44,31614	Povoado de São Pedro	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Autorização de Pesquisa
LL 066	-3,06374	-44,31733	Povoado de São Pedro	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 067	-3,05925	-44,34349	Amerra Tripa	Bacabeira	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Fluvio-lagunares	Autorização de Pesquisa
LL 068	-3,05960	-44,36137	Ilha Grande	Bacabeira	Argila	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Fluvio-lagunares	Autorização de Pesquisa
LL 070	-3,10462	-44,28543	Povoado de Tremendal	Santa Rita	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Licenciamento

Nº do Afloramento	LAT. dec	LONG. dec	Toponímia	Município	Substância	Modo de Ocorrência	Unidade Estratigráfica	Situação Legal do Jazimento
LL 071	-3,26617	-44,38832	São Francisco	Santa Rita	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 072	-3,16322	-44,28176	Areias	Santa Rita	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Requerimento de Licenciamento
LL 073	-3,09046	-44,25494	A S de Timboatiba, às margens de afluente do rio Itapecuru	Santa Rita	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Requerimento de Pesquisa
LL 074	-3,07729	-44,26134	Timboatiba	Santa Rita	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Itaperucu (Indiviso)	Licenciamento
LL 075	-3,06812	-44,26460	Vale Quem tem	Santa Rita	Areia	Depósitos associados a Sedimentos Quaternários	Depósitos Aluvionares	Licenciamento
LL 076	-2,99309	-44,31021	Zona rural de Bacabeira	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 077	-2,97886	-44,31402	Zona rural de Bacabeira	Bacabeira	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Autorização de Pesquisa
LL 078	-2,69148	-44,31061	Pedrinhas	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Requerimento de Licenciamento
LL 079	-2,64572	-44,32129	Rio dos Cachorros	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
LL 080	-2,65456	-44,33159	Entre Pindoba e Porto Grande, a N do Rio dos Cachorros	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa
LL 081	-2,70473	-44,31612	Pedrinhas	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Licenciamento
LL 082	-2,74776	-44,35626	A NW de Estiva e S de Juçara	São Luís	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa
LL 083	-2,74033	-44,35761	Juçara, a S de Coqueiro	São Luís	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Requerimento de Licenciamento
LL 084	-2,75163	-44,34073	Entre Estiva e Cajueiro	São Luís	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa ?
LL 085	-2,67463	-44,26762	Entre Itapera e Maracujá	São Luís	Areia	Formação Sedimentar	Grupo Barreiras	Autorização de Pesquisa
LL 086	-3,45122	-44,20685	Próximo ao Igarapé Itapecuruzinho	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 087	-3,45896	-44,29654	Entre a Fazenda Boa Esperança e Bonag, a N de Poço do Campo	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 088	-3,45240	-44,31564	Mina do Galpão	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 089	-3,44792	-44,32409	Próximo à Fazenda Boa Esperança	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Fora de área do DNPM-Garimpo
LL 090	-3,44020	-44,33448	A S da Fazenda Santa Sé	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 091	-3,43207	-44,34358	A NW da Fazenda Santa Sé, entre essa e a Fazenda Campos Novos	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 092	-3,40192	-44,36643	Itapecuru Mirim, próximo à Caixa d'água	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 093	-3,42067	-44,32999	A SE de Itapecuru Mirim, a N da Fazenda Santa Sé	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Requerimento de Licenciamento
LL 094	-3,41541	-44,32621	A SE de Itapecuru Mirim, a NE da Fazenda Santa Sé	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Requerimento de Licenciamento
LL 095	-3,41309	-44,34425	A SE de Itapecuru Mirim, a S do Alto da Antena	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 096	-3,37306	-44,18227	Campo da Cruz	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 097	-3,40669	-44,32201	A ESE de Itapecuru Mirim, próximo ao Igarapé Pcadinha	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 098	-3,40420	-44,32149	A ESE de Itapecuru Mirim, próximo ao Igarapé Pcadinha	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 099	-3,39688	-44,32220	A SE de Cova	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento
LL 100	-3,39780	-44,37140	A SW de Itapecuru Mirim, às margens do rio Itapecuru	Itapecuru Mirim	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Fora de área do DNPM-Garimpo
LL 101	-3,40299	-44,37719	A SW de Itapecuru Mirim, às margens do rio Itapecuru	Itapecuru Mirim	Areia	Leito Ativo	Depósitos Aluvionares	Fora de área do DNPM-Garimpo
LL 102	-3,39595	-44,31566	A ESE da Localidade de Cova	Itapecuru Mirim	Argila	Formação Sedimentar	Grupo Itapecuru (Indiviso)	Licenciamento

ANEXO II

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DE AREIA

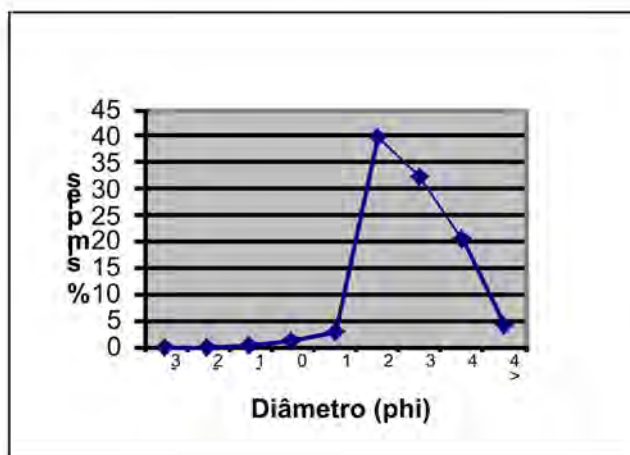
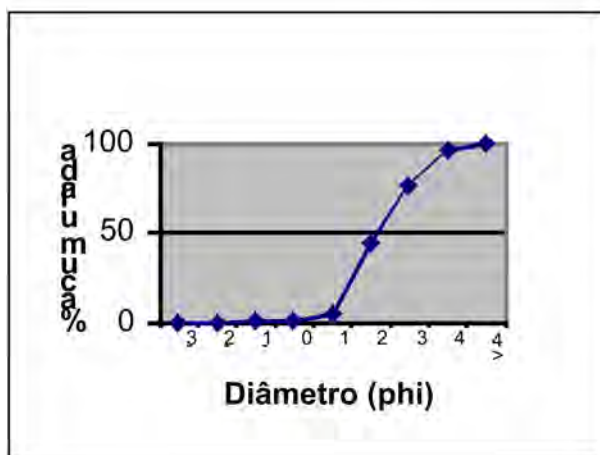
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		KA-003			
PESOS					
		inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro	
		1245,00	1236,36	0,694%	
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	0,00	0,00	0,00
4,800	-2	4	0,00	0,00	0,00
2,400	-1	8	3,12	0,25	0,25
1,200	0	16	5,76	0,47	0,72
0,600	1	30	32,20	2,60	3,32
0,300	2	50	555,00	44,89	48,21
0,150	3	100	380,00	30,74	78,95
0,075	4	200	225,00	18,20	97,15
<0,075	> 4		35,28	2,85	100,00
Totais			1236,36	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,31 sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

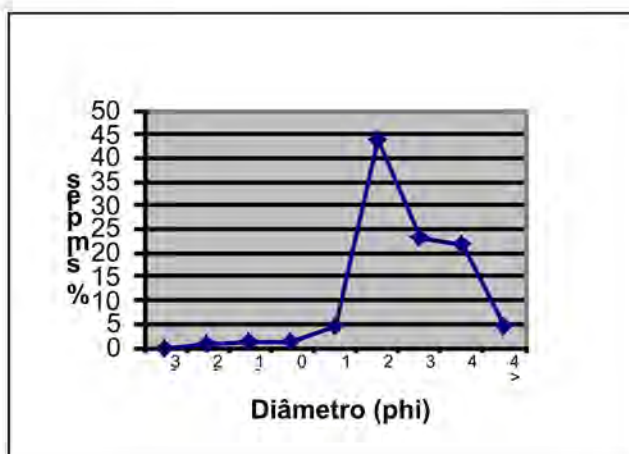
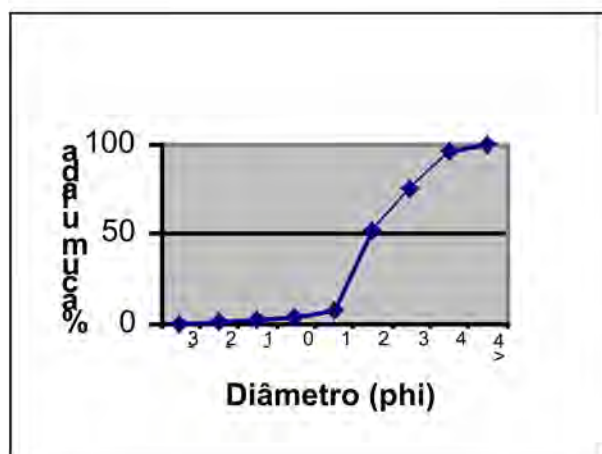
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		KA-003-B			
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			1260,00	1257,85	0,171%
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	0,00	0,00	0,00
4,800	-2	4	0,00	0,00	0,00
2,400	-1	8	2,50	0,20	0,20
1,200	0	16	10,98	0,87	1,07
0,600	1	30	35,69	2,84	3,91
0,300	2	50	500,00	39,75	43,66
0,150	3	100	405,00	32,20	75,86
0,075	4	200	255,00	20,27	96,13
<0,075	> 4		48,68	3,87	100,00
	Totais		1257,85	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,25, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

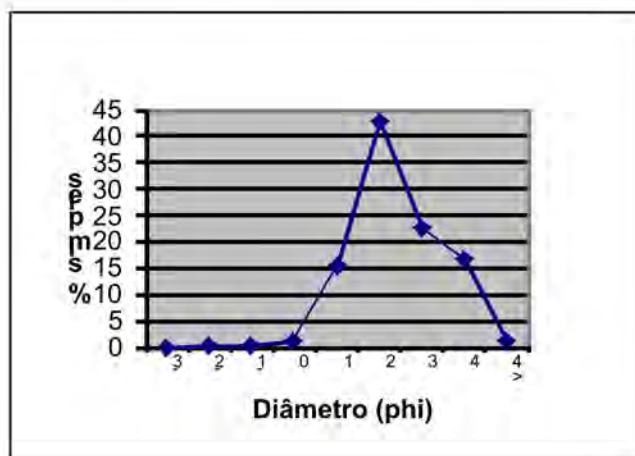
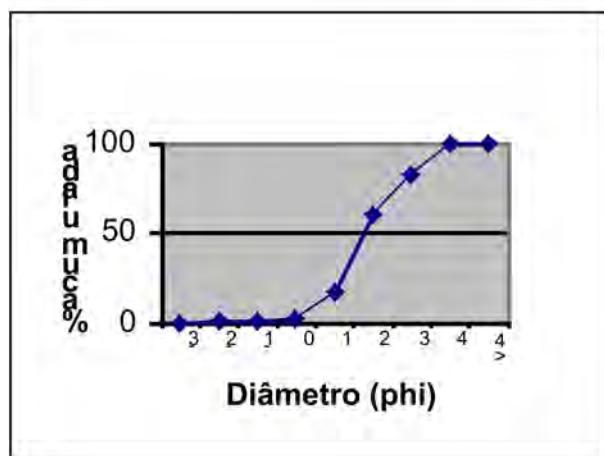
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS						
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA						
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA						
NOME DA AMOSTRA:		KA-005				
PESOS						
		inicial amostra (g)		final amostra (g)		
		1260,00		1250,03		
						erro
						0,791%
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência		
				simples	acumulada	
6,300	-3	2	0,00	0,00	0,00	
4,800	-2	4	7,53	0,60	0,60	
2,400	-1	8	12,26	0,98	1,58	
1,200	0	16	17,14	1,37	2,95	
0,600	1	30	54,65	4,37	7,33	
0,300	2	50	545,00	43,60	50,93	
0,150	3	100	290,00	23,20	74,12	
0,075	4	200	270,00	21,60	95,72	
<0,075	> 4		53,45	4,28	100,00	
Totais			1250,03	100,00	100,00	



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,38, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

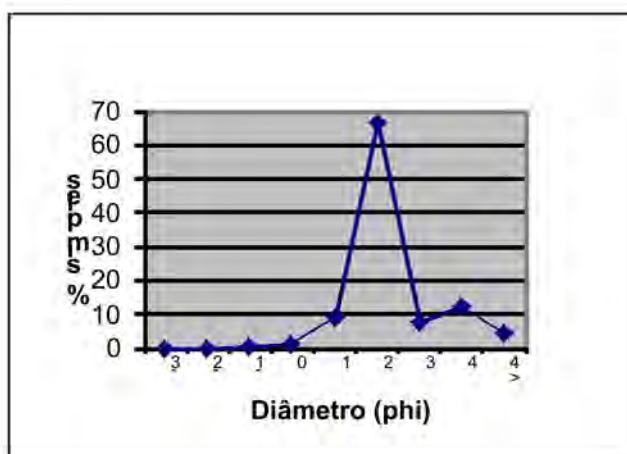
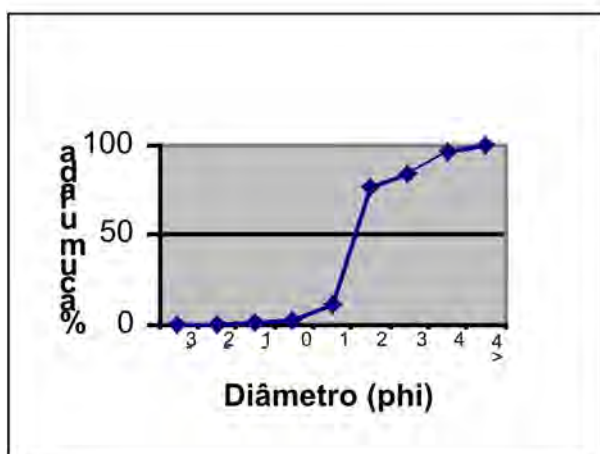
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		KA-005-B			
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			1200,00	1193,14	0,572%
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	0,00	0,00	0,00
4,800	-2	4	2,24	0,19	0,19
2,400	-1	8	3,95	0,33	0,52
1,200	0	16	11,47	0,96	1,48
0,600	1	30	182,10	15,26	16,74
0,300	2	50	510,00	42,74	59,49
0,150	3	100	270,00	22,63	82,12
0,075	4	200	200,00	16,76	98,88
<0,075	> 4		13,38	1,12	100,00
Totais			1193,14	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,61 sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

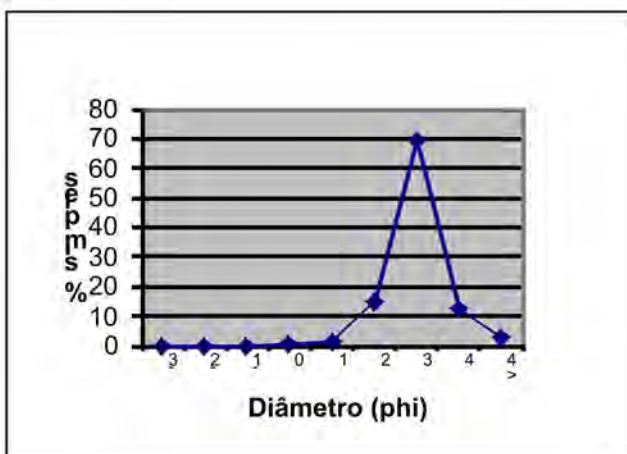
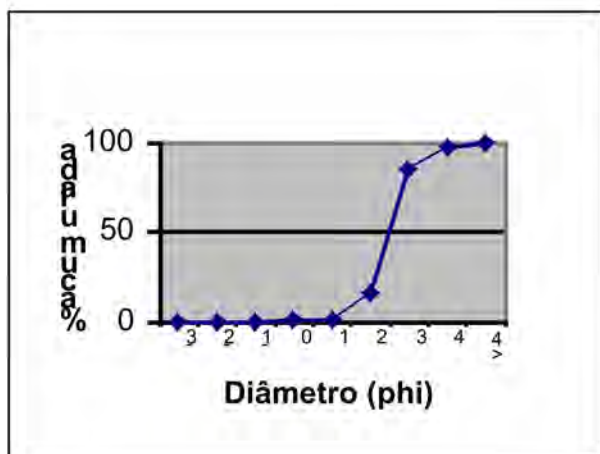
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		KA-008A			
PESOS					
		inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro	
		1215,00	1207,99	0,577%	
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	0,00	0,00	0,00
4,800	-2	4	0,00	0,00	0,00
2,400	-1	8	4,56	0,38	0,38
1,200	0	16	13,21	1,09	1,47
0,600	1	30	102,86	8,51	9,99
0,300	2	50	800,00	66,23	76,21
0,150	3	100	91,63	7,59	83,80
0,075	4	200	147,00	12,17	95,97
<0,075	> 4		48,73	4,03	100,00
Totais			1207,99	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,72 sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

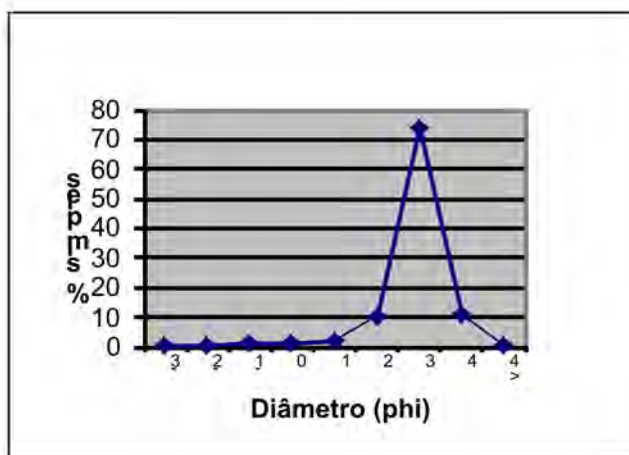
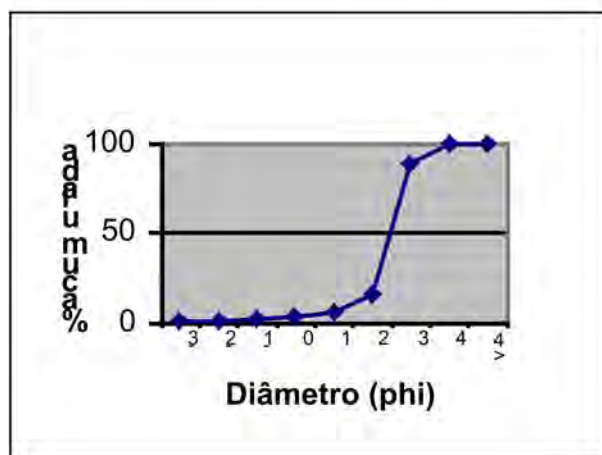
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		LL-001			
PESOS					
		inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro	
		1195,00	1191,68	0,278%	
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	0,00	0,00	0,00
4,800	-2	4	0,00	0,00	0,00
2,400	-1	8	0,00	0,00	0,00
1,200	0	16	1,93	0,16	0,16
0,600	1	30	10,94	0,92	1,08
0,300	2	50	175,88	14,76	15,84
0,150	3	100	825,00	69,23	85,07
0,075	4	200	145,63	12,22	97,29
<0,075	> 4		32,30	2,71	100,00
Totais			1191,68	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,02 sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

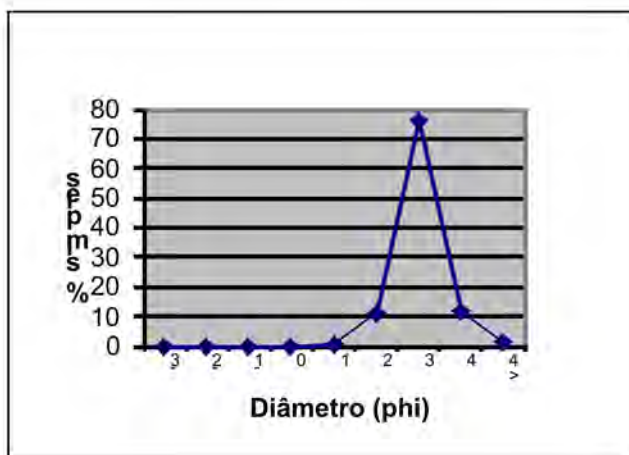
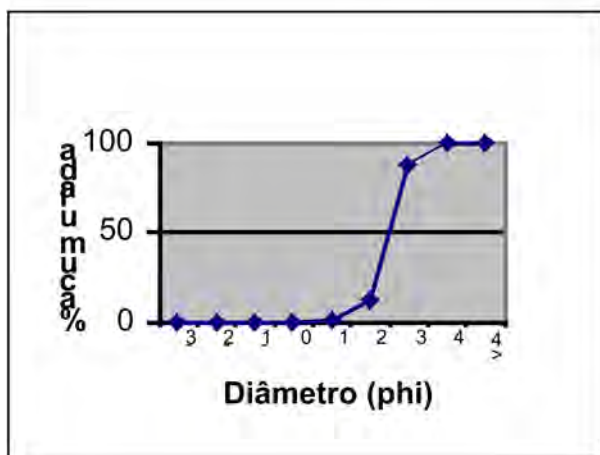
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		LL-004			
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			1180,00	1170,93	0,769%
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	5,38	0,46	0,46
4,800	-2	4	5,84	0,50	0,96
2,400	-1	8	13,87	1,18	2,14
1,200	0	16	14,74	1,26	3,40
0,600	1	30	22,20	1,90	5,30
0,300	2	50	114,23	9,76	15,05
0,150	3	100	860,00	73,45	88,50
0,075	4	200	129,20	11,03	99,53
<0,075	> 4		5,47	0,47	100,00
Totais			1170,93	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,16, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

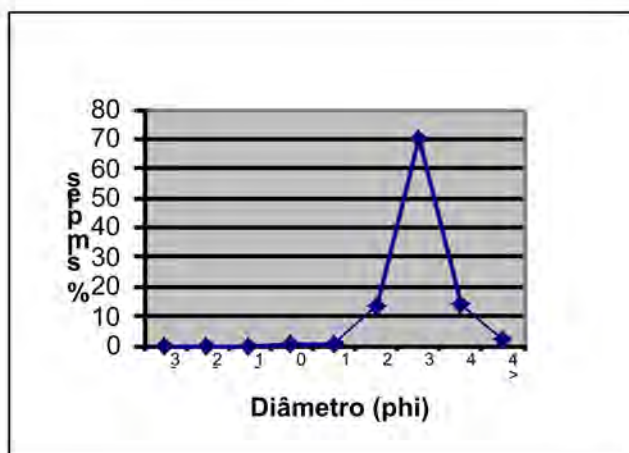
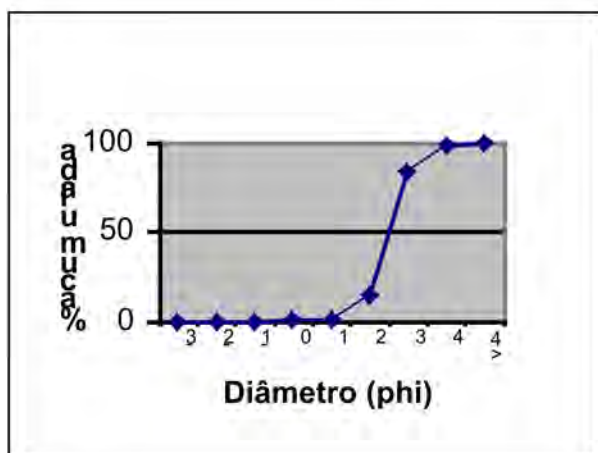
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		LL-005			
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			1230,00	1225,65	0,354%
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	0,00	0,00	0,00
4,800	-2	4	0,00	0,00	0,00
2,400	-1	8	0,00	0,00	0,00
1,200	0	16	0,00	0,00	0,00
0,600	1	30	9,16	0,75	0,75
0,300	2	50	135,00	11,01	11,76
0,150	3	100	930,00	75,88	87,64
0,075	4	200	140,00	11,42	99,06
<0,075	> 4		11,49	0,94	100,00
Totais			1225,65	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,00, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

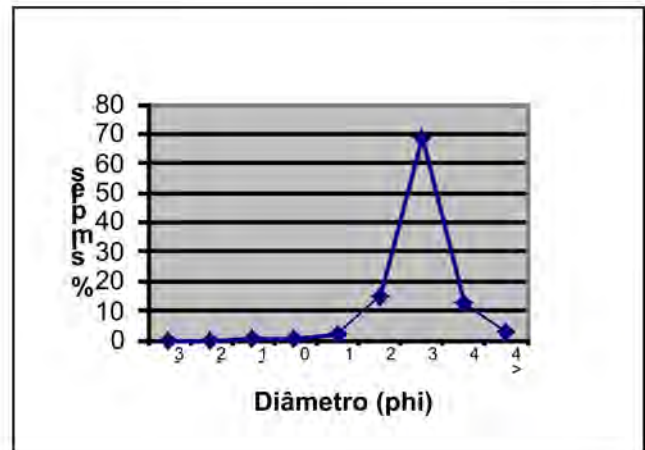
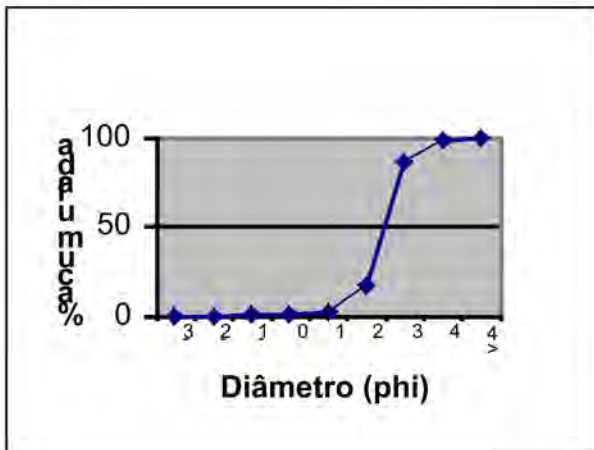
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		LL-006			
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			1180,00	1171,63	0,709%
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	0,00	0,00	0,00
4,800	-2	4	0,00	0,00	0,00
2,400	-1	8	0,00	0,00	0,00
1,200	0	16	0,42	0,04	0,04
0,600	1	30	8,42	0,72	0,75
0,300	2	50	157,32	13,43	14,18
0,150	3	100	815,00	69,56	83,74
0,075	4	200	165,36	14,11	97,86
<0,075	> 4		25,11	2,14	100,00
Totais			1171,63	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 1,99, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

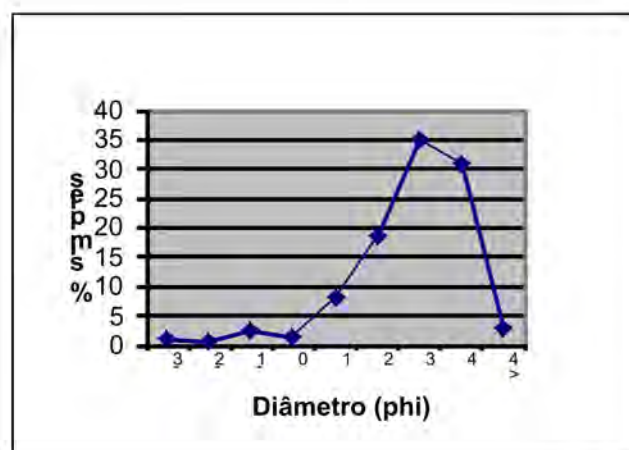
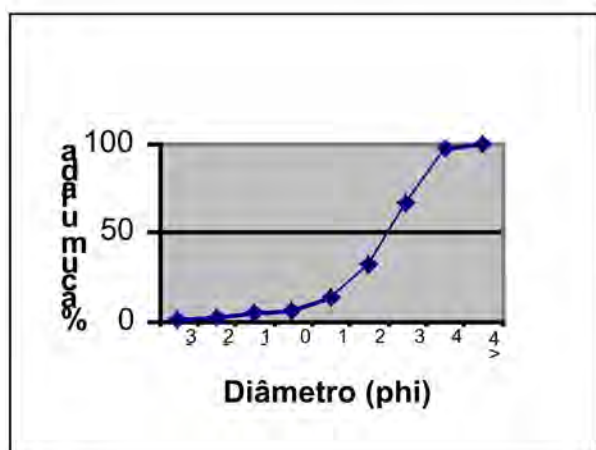
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		LL-007-A			
PESOS					
		inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro	
		1195,00	1192,21	0,233%	
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	0,00	0,00	0,00
4,800	-2	4	0,00	0,00	0,00
2,400	-1	8	1,61	0,14	0,14
1,200	0	16	2,58	0,22	0,35
0,600	1	30	22,26	1,87	2,22
0,300	2	50	173,00	14,51	16,73
0,150	3	100	820,00	68,78	85,51
0,075	4	200	144,23	12,10	97,61
<0,075	> 4		28,53	2,39	100,00
Totais			1192,21	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,05, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

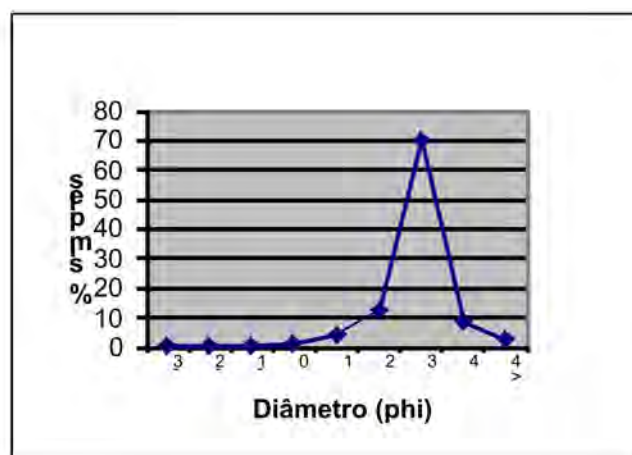
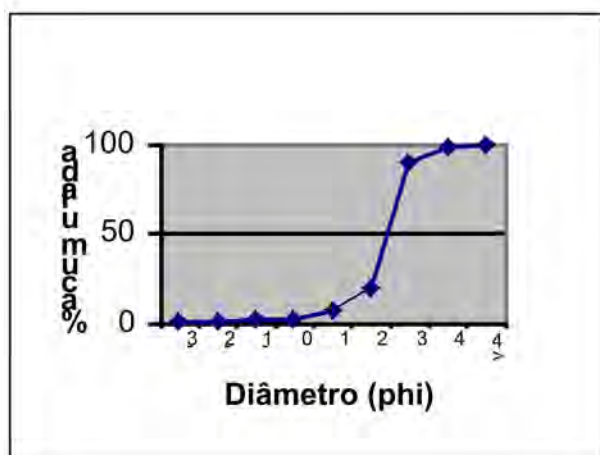
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		LL-009-A			
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			1205,00	1199,13	0,487%
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	9,93	0,83	0,83
4,800	-2	4	7,83	0,65	1,48
2,400	-1	8	27,35	2,28	3,76
1,200	0	16	15,20	1,27	5,03
0,600	1	30	96,87	8,08	13,11
0,300	2	50	220,00	18,35	31,45
0,150	3	100	420,00	35,03	66,48
0,075	4	200	370,00	30,86	97,34
<0,075	> 4		31,95	2,66	100,00
Totais			1199,13	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,22, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

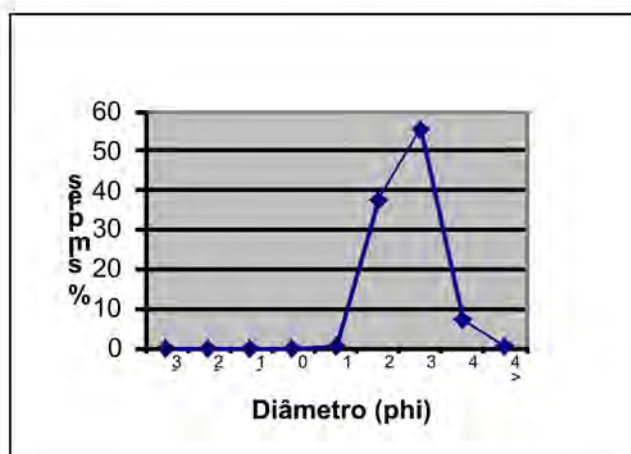
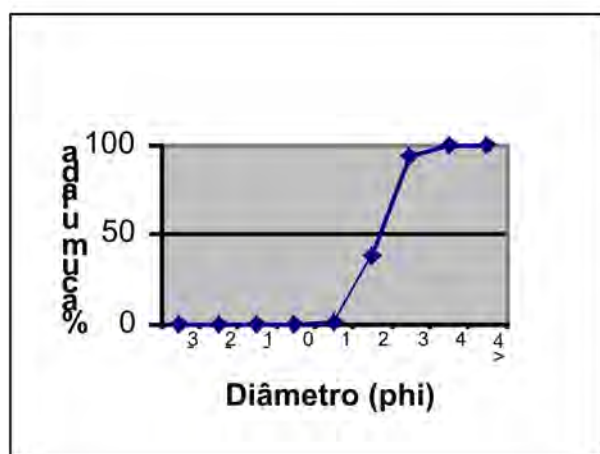
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		LL-010-A			
PESOS					
		inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro	
		1195,00	1191,60	0,285%	
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	4,74	0,40	0,40
4,800	-2	4	2,27	0,19	0,59
2,400	-1	8	8,54	0,72	1,30
1,200	0	16	12,87	1,08	2,39
0,600	1	30	48,90	4,10	6,49
0,300	2	50	146,92	12,33	18,82
0,150	3	100	835,00	70,07	88,89
0,075	4	200	104,37	8,76	97,65
<0,075	> 4		27,99	2,35	100,00
Totais			1191,60	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,19, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

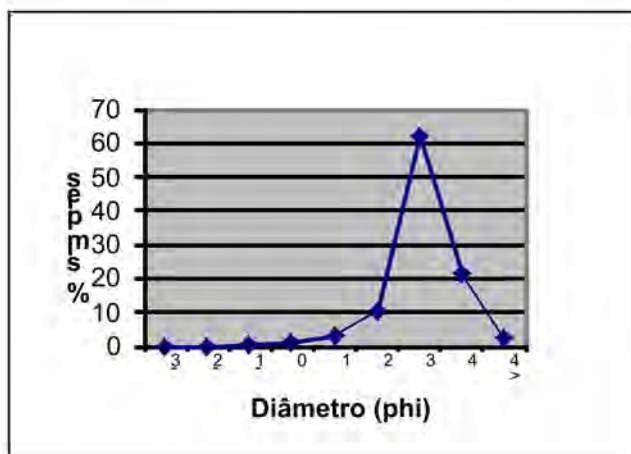
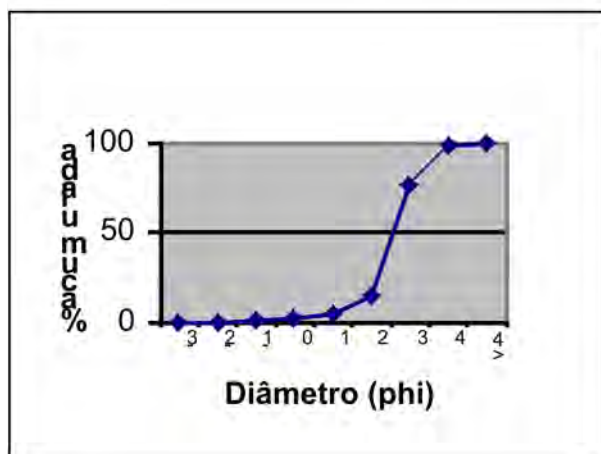
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		LL-012-A			
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			1220,00	1204,69	1,255%
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	0,00	0,00	0,00
4,800	-2	4	0,00	0,00	0,00
2,400	-1	8	0,00	0,00	0,00
1,200	0	16	0,00	0,00	0,00
0,600	1	30	1,73	0,14	0,14
0,300	2	50	450,00	37,35	37,50
0,150	3	100	665,00	55,20	92,70
0,075	4	200	81,57	6,77	99,47
<0,075	> 4		6,39	0,53	100,00
Totais			1204,69	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,30, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

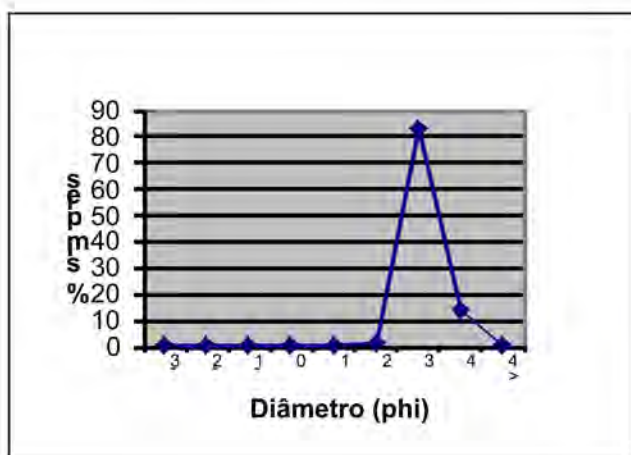
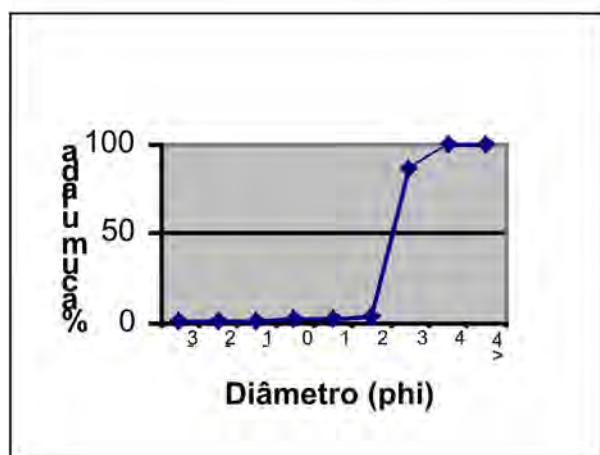
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		LL-018-A			
PESOS					
		inicial amostra (g)		final amostra (g)	
		1260,00		1258,54	
				erro	
				0,116%	
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	0,00	0,00	0,00
4,800	-2	4	0,00	0,00	0,00
2,400	-1	8	7,38	0,59	0,59
1,200	0	16	11,50	0,91	1,50
0,600	1	30	36,28	2,88	4,38
0,300	2	50	125,12	9,94	14,32
0,150	3	100	780,00	61,98	76,30
0,075	4	200	270,00	21,45	97,75
<0,075	> 4		28,26	2,25	100,00
Totais			1258,54	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,25, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

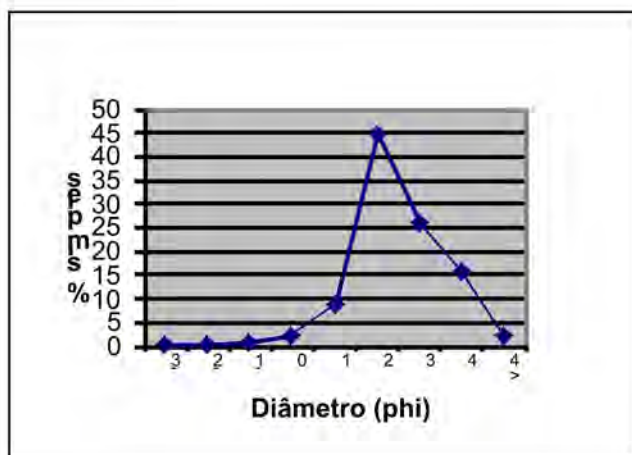
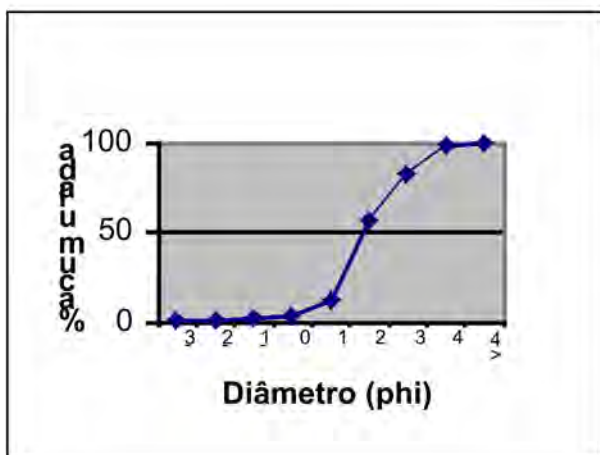
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		LL-0018-B			
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			1215,00	1213,34	0,137%
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	5,77	0,48	0,48
4,800	-2	4	1,00	0,08	0,56
2,400	-1	8	5,66	0,47	1,02
1,200	0	16	4,00	0,33	1,35
0,600	1	30	3,49	0,29	1,64
0,300	2	50	10,77	0,89	2,53
0,150	3	100	1005,00	82,83	85,36
0,075	4	200	168,68	13,90	99,26
<0,075	> 4		8,97	0,74	100,00
Totais			1213,34	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 1,93, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS					
LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA					
NOME DA AMOSTRA:		LL-019			
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			1180,00	1168,37	0,986%
retida na peneira(mm)	Phi	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
6,300	-3	2	2,23	0,19	0,19
4,800	-2	4	3,04	0,26	0,45
2,400	-1	8	10,00	0,86	1,31
1,200	0	16	22,60	1,93	3,24
0,600	1	30	100,00	8,56	11,80
0,300	2	50	520,00	44,51	56,31
0,150	3	100	305,00	26,10	82,41
0,075	4	200	182,00	15,58	97,99
<0,075	> 4		23,50	2,01	100,00
Totais			1168,37	100,00	100,00



1. CONCLUSÕES

O agregado miúdo é classificado como areia muito fina de acordo com a norma NBR 7211. Para a mesma amostra encontrou-se um módulo de finura 2,56, sendo classificada de acordo com Duff-Abrams como areia fina (MF < 2,40).

ANEXO III

ANÁLISES E ENSAIOS DE ARGILA



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.003/16-LABEMAT

**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.003/16-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 088).

Nº Ordem de Serviço: 2700/15.

Nº Proposta: 174/15.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaio tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



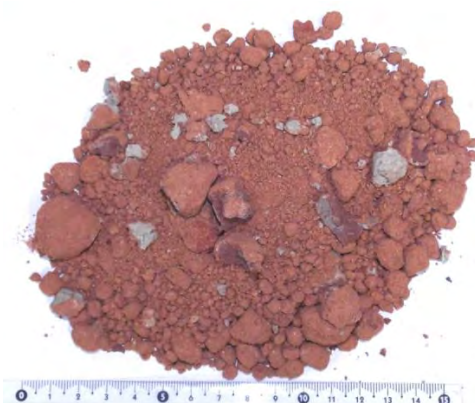
LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.003/16-LABEMAT



LL 088

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quarteado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;

- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850 °C, 900 °C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

16.02.15



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER

LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.003/16-LABEMAT

temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B – RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 088.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 088	15,63	Altamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 088.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	3,90	96,10
425	4,60	95,40
180	6,40	93,60
150	6,90	93,10
106	9,40	90,60
75	14,00	86,00
45	20,40	79,60
32	31,70	68,30
Aparador	100,00	-

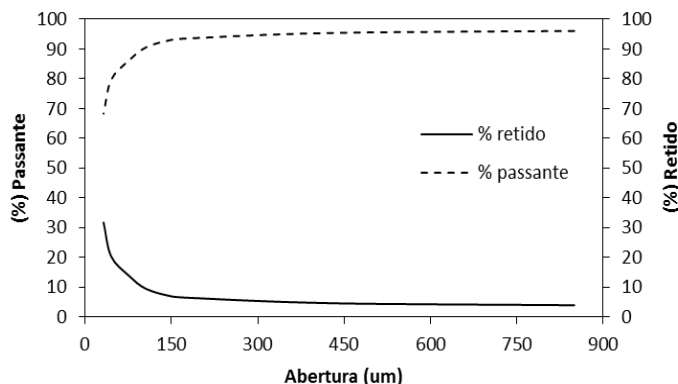


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 088.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pérsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.003/16-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 088.

LL 088	
Óxidos	(%)
SiO ₂	51,83
Al ₂ O ₃	32,11
Fe ₂ O ₃	3,62
MgO	1,95
K ₂ O	1,39
TiO ₂	0,56
SO ₃	0,05
ZrO ₂	0,03
P.F.	8,46

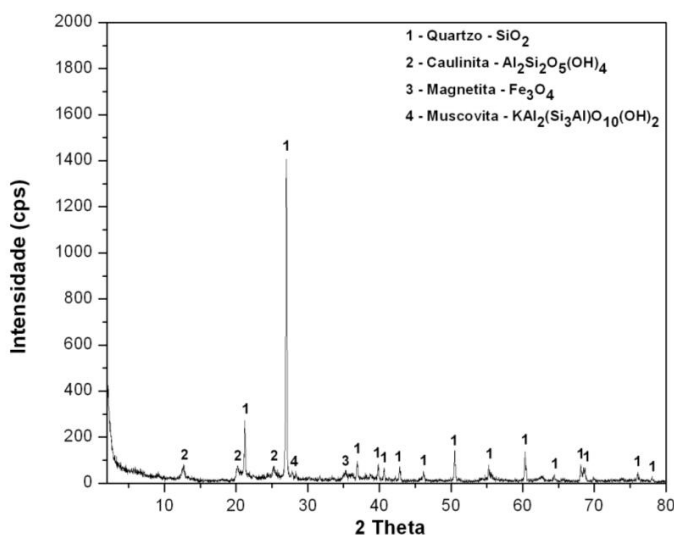


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 088.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 088 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 088	850°C	Vermelho	10,89 ± 0,64	(0,02) ± 0,15	12,61 ± 0,08	25,33 ± 0,14	2,01 ± 0,00	13,07 ± 1,17
	900°C	Vermelho	11,59 ± 0,09	0,11 ± 0,13	13,10 ± 0,13	26,34 ± 0,20	2,01 ± 0,00	11,84 ± 1,98
	950°C	Vermelho	11,38 ± 0,68	0,37 ± 0,13	12,21 ± 0,37	24,73 ± 0,57	2,03 ± 0,02	10,88 ± 0,71

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

[Handwritten signatures and dates]
 16.02.15
 Krasimir P. Santos



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.003/16-LABEMAT

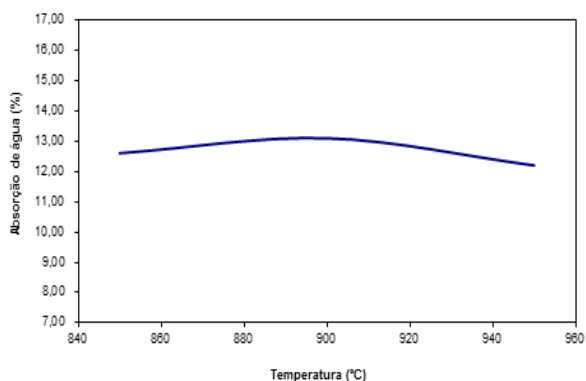


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 088 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

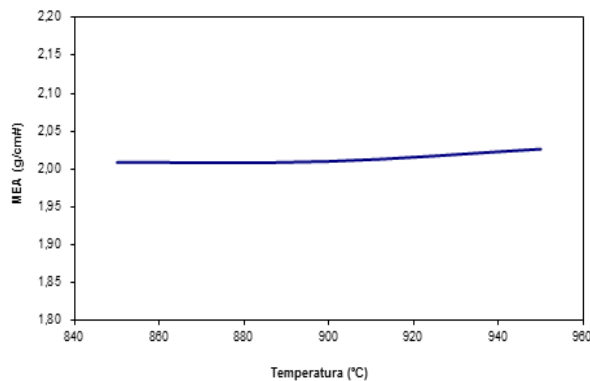


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 088 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

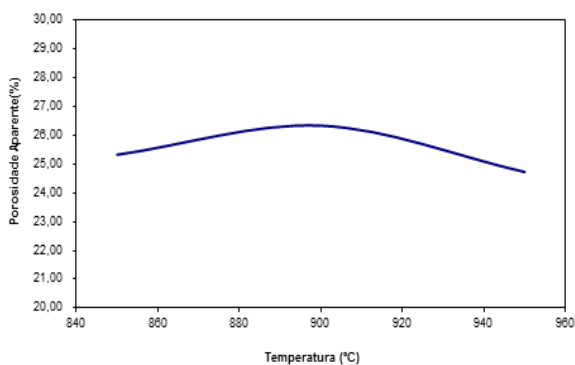


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 088 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

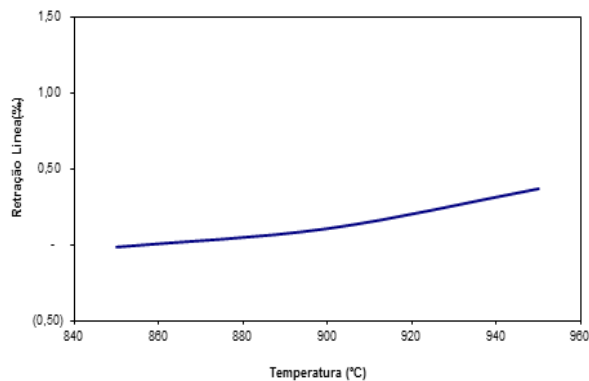


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 088 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.003/16-LABEMAT

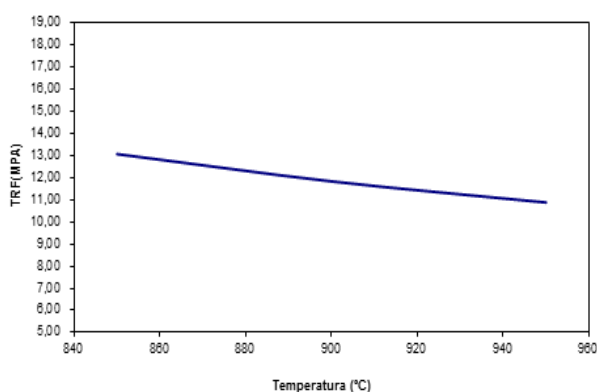
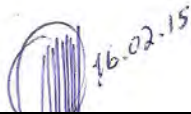



Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 088 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Natal/RN, 16 de fevereiro de 2016.



Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT


José Nildo Galdino
Pesquisador


Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor


Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora


Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora


Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.003/16-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra LL 088	Antes da sinterização	Temperaturas de Sinterização (°C)		
	110°C	850°C	900°C	950°C
Registro Fotográfico				

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.004/16-LABEMAT

**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.004/16-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 091).

Nº Ordem de Serviço: 2700/15.

Nº Proposta: 174/15.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaios tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.004/16-LABEMAT



LL 091

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quarteadado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;

- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850 °C, 900 °C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.004/16-LABEMAT

temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B – RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 091.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 091	18,82	Altamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 091.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	2,20	97,80
425	3,80	96,20
180	5,60	94,40
150	5,80	94,20
106	6,70	93,30
75	9,10	90,90
45	12,90	87,10
32	22,70	77,30
Aparador	100,00	-

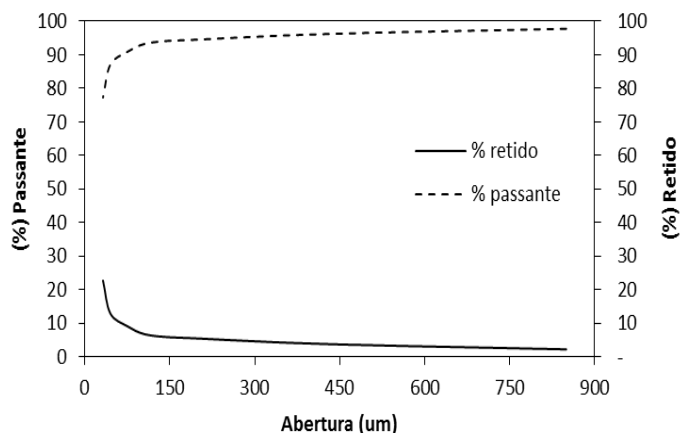


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 091.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pérsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.004/16-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 091.

LL 091	
Óxidos	(%)
SiO ₂	51,88
Al ₂ O ₃	33,27
Fe ₂ O ₃	3,16
MgO	2,28
K ₂ O	1,75
TiO ₂	0,58
SO ₃	0,06
ZrO ₂	0,02
MnO	0,01
P.F.	6,99

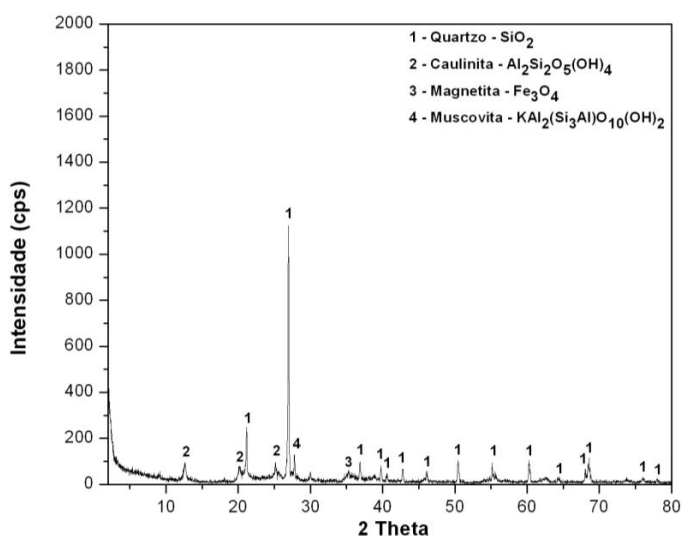


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 091.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 091 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 091	850°C	Creme escuro	11,46 ± 1,04	(0,07) ± 0,05	13,22 ± 0,14	25,97 ± 0,23	1,96 ± 0,00	7,50 ± 0,92
	900°C	Creme escuro	10,73 ± 0,75	0,36 ± 0,18	13,34 ± 0,59	26,41 ± 0,87	1,98 ± 0,02	9,05 ± 0,74
	950°C	Creme escuro	11,11 ± 0,19	0,56 ± 0,05	13,01 ± 0,09	25,73 ± 0,13	1,98 ± 0,00	8,27 ± 0,42

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

[Handwritten signatures and dates]
 16.02.15
 Kerson P. Soares



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.004/16-LABEMAT

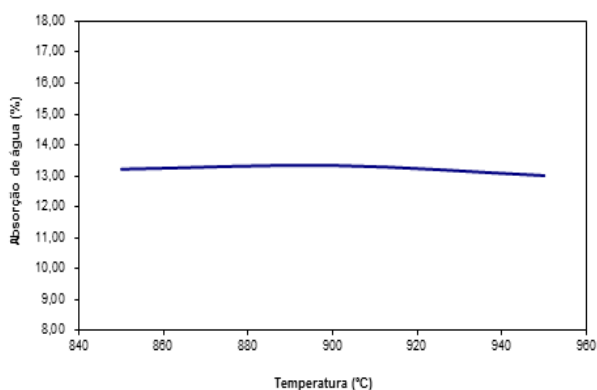


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 091 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

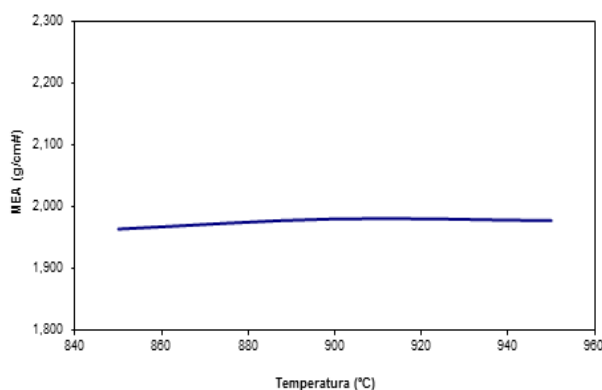


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 091 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

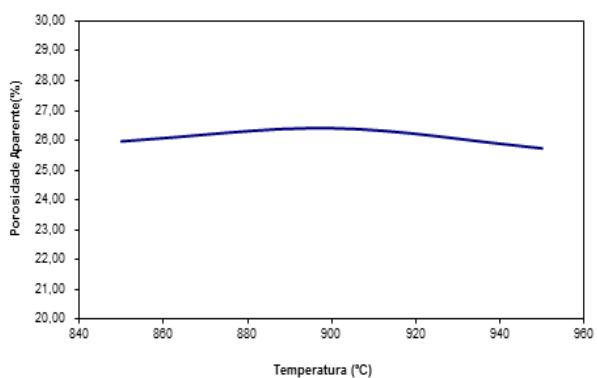


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 091 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

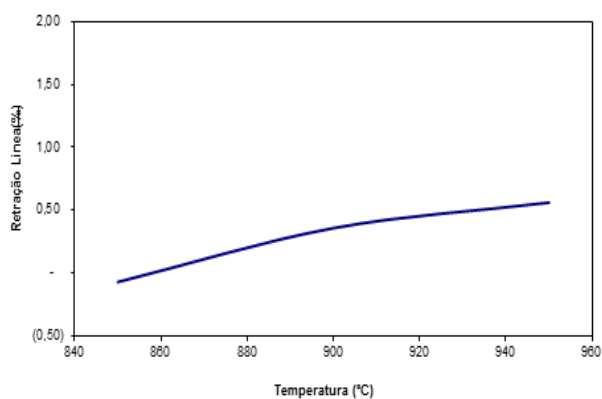

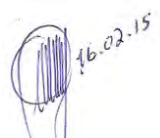
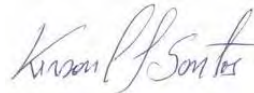


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 091 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.004/16-LABEMAT

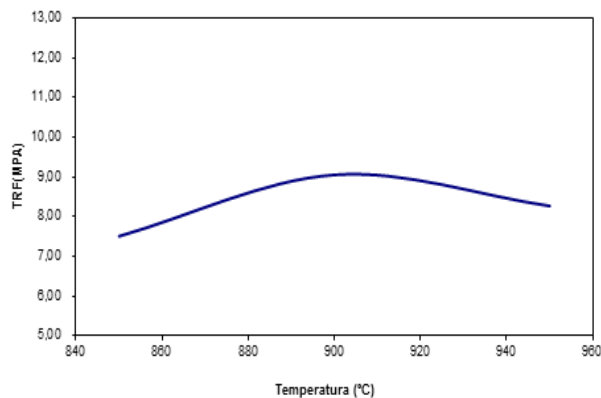


Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 091 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

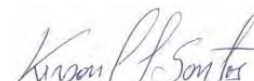
Natal/RN, 16 de fevereiro de 2016.


16.02.16

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT



José Nildo Galdino
Pesquisador



Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor



Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora



Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora



Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.004/16-LABEMAT

ANEXO 01

Amostra LL 091	Antes da sinterização	Temperaturas de Sinterização (°C)		
	110°C	850°C	900°C	950°C
Registro Fotográfico				

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espéc
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

16.02.15



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.005/16-LABEMAT

**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.005/16-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológico em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 094).

Nº Ordem de Serviço: 2700/15.

Nº Proposta: 174/15.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaio tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.005/16-LABEMAT



LL 094

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quarteado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;

- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850 °C, 900 °C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.005/16-LABEMAT

temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B – RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 094.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 094	16,03	Altamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 094.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	1,00	99,00
425	1,80	98,20
180	3,00	97,00
150	3,50	96,50
106	5,50	94,50
75	8,80	91,20
45	14,20	85,80
32	23,90	76,10
Aparador	100,00	-

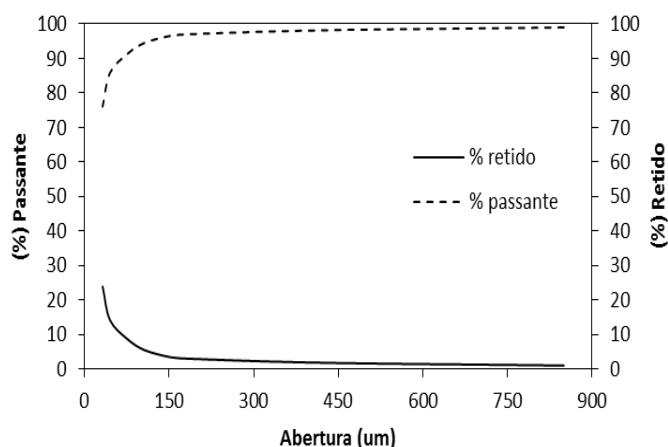


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 094.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pérsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.005/16-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 094.

LL 094	
Óxidos	(%)
SiO ₂	56,07
Al ₂ O ₃	29,36
MgO	2,99
Fe ₂ O ₃	2,90
K ₂ O	2,33
TiO ₂	0,57
SO ₃	0,05
ZrO ₂	0,02
MnO	0,02
SrO	0,01
P.F.	5,68

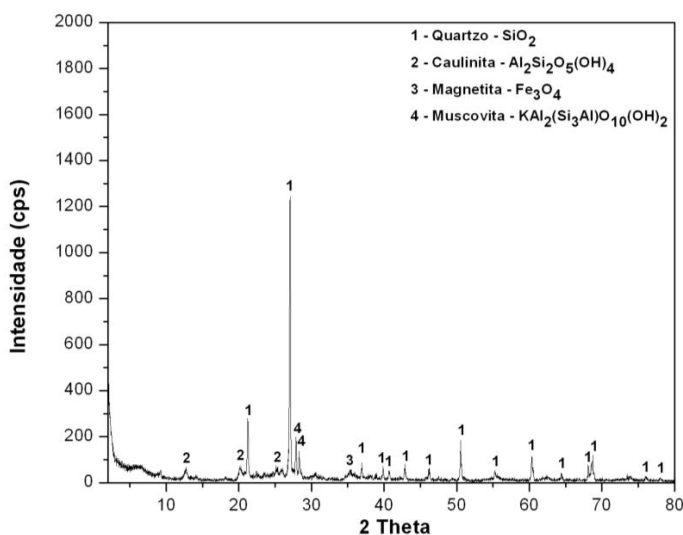


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 094.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 094 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 094	850°C	Creme escuro	10,80 ± 0,69	0,18 ± 0,16	9,62 ± 0,35	19,93 ± 0,62	2,07 ± 0,01	12,63 ± 0,18
	900°C	Creme escuro	11,78 ± 0,10	0,43 ± 0,25	10,33 ± 0,42	21,34 ± 0,87	2,06 ± 0,00	11,50 ± 1,70
	950°C	Creme escuro	11,73 ± 0,11	0,71 ± 0,05	8,49 ± 0,24	17,79 ± 0,45	2,10 ± 0,01	15,67 ± 0,69

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.005/16-LABEMAT

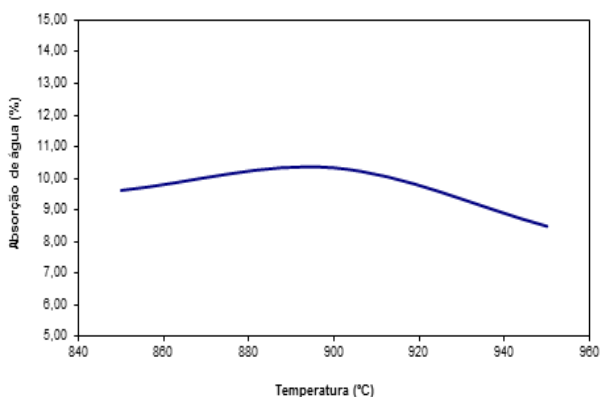


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 094 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

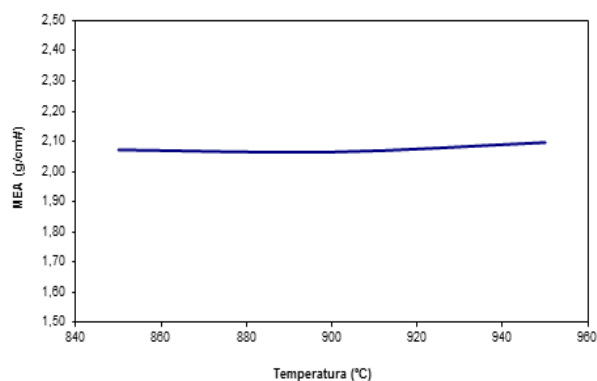


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 094 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

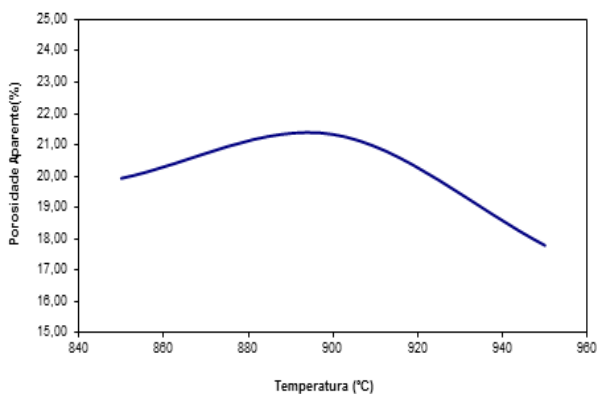


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 094 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

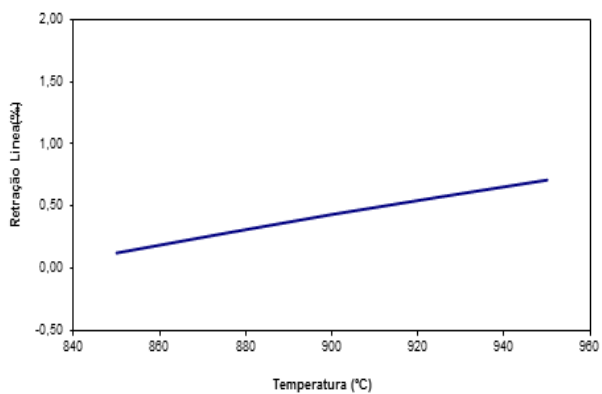


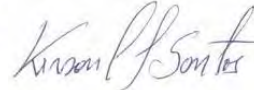


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 094 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.005/16-LABEMAT

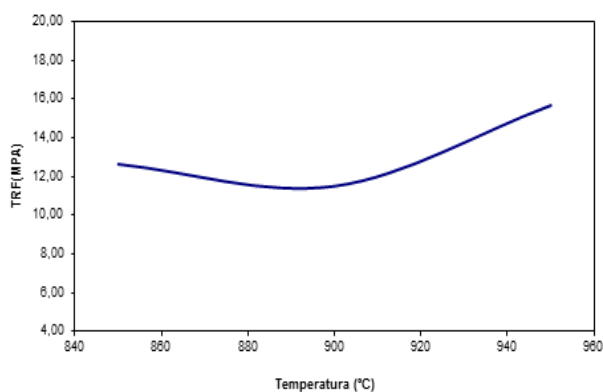
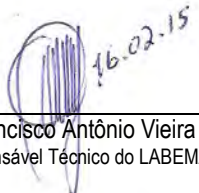
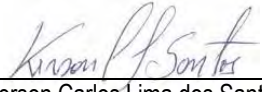


Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 094 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Natal/RN, 16 de fevereiro de 2016.

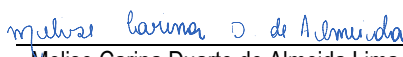

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT


José Nildo Galdino
Pesquisador


Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor


Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora


Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora


Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.005/16-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra LL 094	Antes da sinterização	Temperaturas de Sinterização (°C)		
	110°C	850°C	900°C	950°C
Registro Fotográfico				

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.006/16-LABEMAT



**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.006/16-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 096A).

Nº Ordem de Serviço: 2700/15.

Nº Proposta: 174/15.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaios tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.006/16-LABEMAT



LL 096A

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quarteadado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;

- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850 °C, 900 °C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.006/16-LABEMAT

temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B – RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 094.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 096A	4,37	Fracamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 096A.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	0,90	99,10
425	1,00	99,00
180	2,00	98,00
150	2,20	97,80
106	5,50	94,50
75	10,70	89,30
45	17,20	82,80
32	29,40	70,60
Aparador	100,00	-

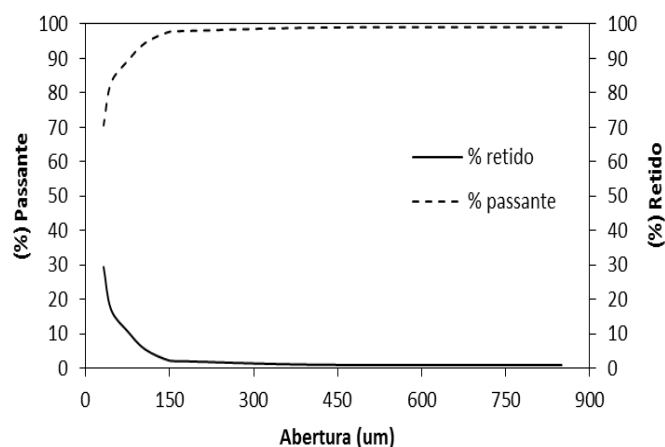


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 096A.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pérsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.006/16-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 096A.

LL 096A	
Óxidos	(%)
SiO ₂	60,82
Al ₂ O ₃	27,32
MgO	1,37
Fe ₂ O ₃	1,32
K ₂ O	1,10
TiO ₂	0,72
SO ₃	0,09
ZrO ₂	0,04
MnO	0,04
P.F.	7,18

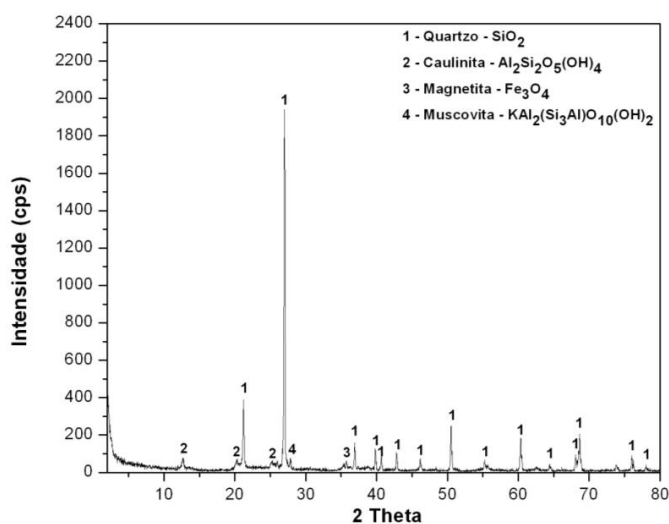


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 096A.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 096A sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 096A	850°C	Creme Claro	10,23 ± 0,35	(0,33) ± 0,04	12,52 ± 0,30	25,51 ± 1,81	2,04 ± 0,15	5,23 ± 0,35
	900°C	Creme Claro	10,58 ± 0,22	(0,23) ± 0,09	13,01 ± 0,11	25,65 ± 0,17	1,97 ± 0,00	4,81 ± 0,62
	950°C	Creme Claro	10,36 ± 0,16	(0,19) ± 0,02	12,54 ± 0,11	24,78 ± 0,18	1,98 ± 0,00	4,92 ± 0,12

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

[Handwritten signatures and dates]
 16.02.15
 Kerson P. Santos



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.006/16-LABEMAT

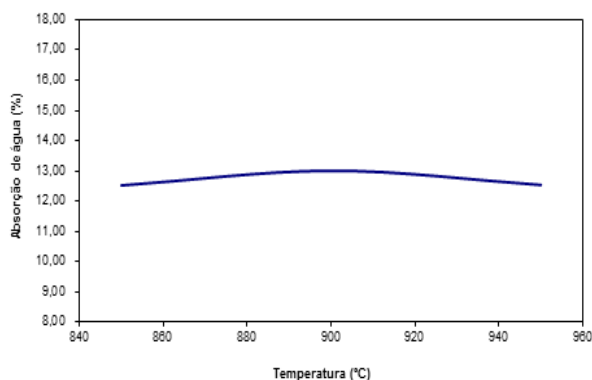


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 096A sinterizados a 850, 900 e 950°C.

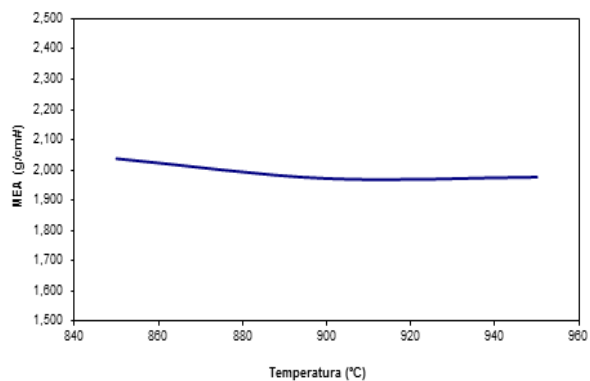


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 096A sinterizados a 850, 900 e 950°C.

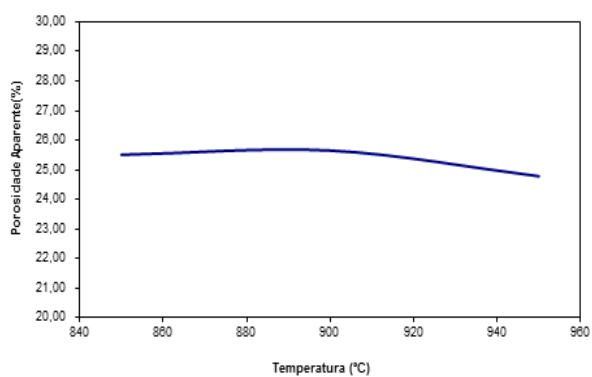


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 096A sinterizados a 850, 900 e 950°C.

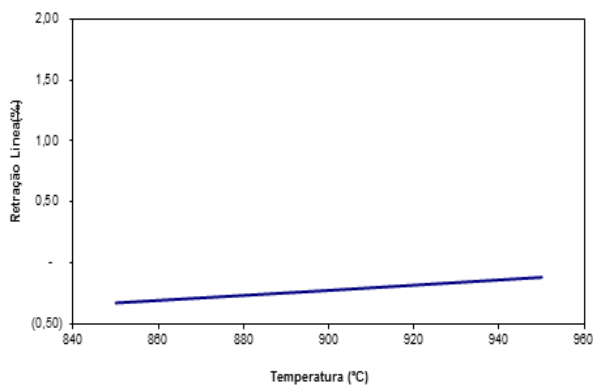

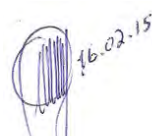
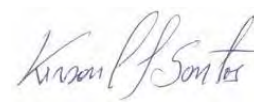


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 096A sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.006/16-LABEMAT

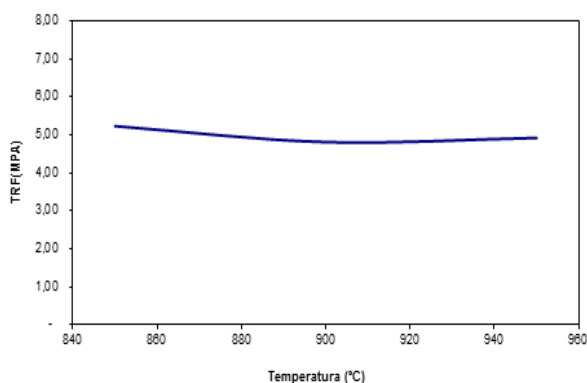
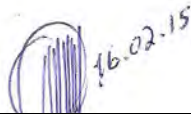
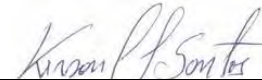


Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 096A sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Natal/RN, 16 de fevereiro de 2016.

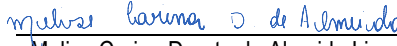

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT


José Nildo Galdino
Pesquisador


Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor


Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora


Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora


Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

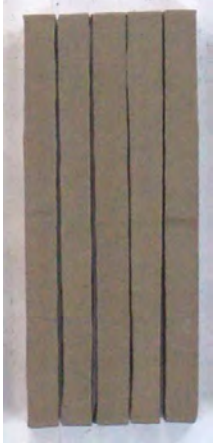



Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.006/16-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra LL 096A	Antes da sinterização	Temperaturas de Sinterização (°C)		
	110°C	850°C	900°C	950°C
Registro Fotográfico				

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.007/16-LABEMAT

**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.007/16-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 096B).

Nº Ordem de Serviço: 2700/15.

Nº Proposta: 174/15.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaios tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.007/16-LABEMAT



LL 096B

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);
- Para a análise química, o material foi quarteadado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;
- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;
- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850 °C, 900 °C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.007/16-LABEMAT

temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B – RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 096B.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 096B	18,25	Altamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 096B.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	2,90	97,10
425	3,50	96,50
180	4,50	95,50
150	4,70	95,30
106	6,00	94,00
75	7,40	92,60
45	9,50	90,50
32	14,40	85,60
Aparador	100,00	-

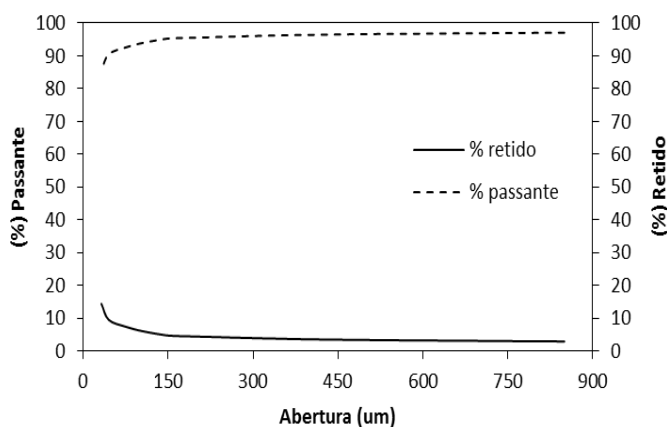


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 096B.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.007/16-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 096B.

LL 096B	
Óxidos	(%)
SiO ₂	54,77
Al ₂ O ₃	27,85
MgO	3,54
Fe ₂ O ₃	3,44
K ₂ O	2,77
TiO ₂	0,71
MnO	0,18
ZrO ₂	0,02
Y ₂ O ₃	0,01
P.F.	6,71

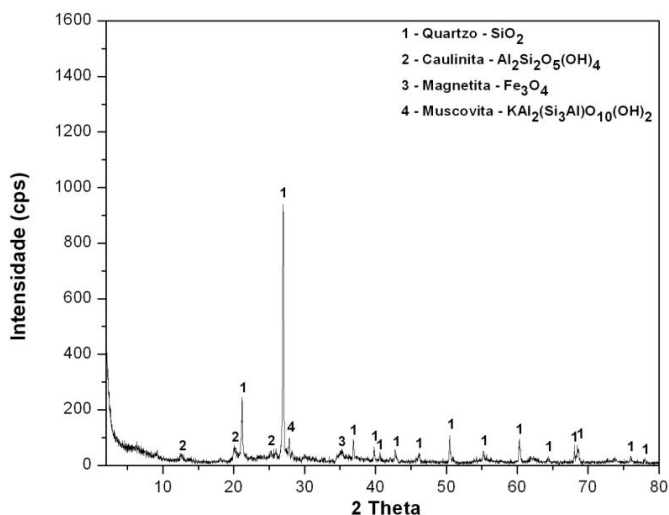


Figura 03. Difractograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 096B.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 096B sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 096B	850°C	Laranja	12,20 ± 0,20	0,18 ± 0,15	10,02 ± 0,57	20,47 ± 1,21	2,00 ± 0,10	13,57 ± 1,28
	900°C	Laranja	12,82 ± 0,15	0,52 ± 0,12	10,40 ± 0,43	21,52 ± 0,72	2,07 ± 0,02	13,02 ± 1,56
	950°C	Laranja	12,64 ± 0,18	1,06 ± 0,18	8,63 ± 0,21	18,01 ± 0,40	2,09 ± 0,01	12,32 ± 1,54

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado. Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

16.02.15



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.007/16-LABEMAT

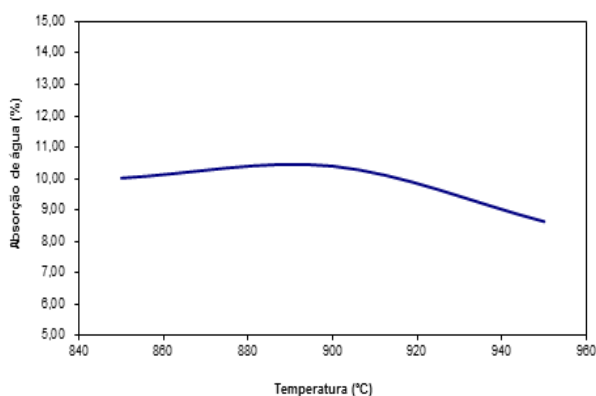


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 096B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

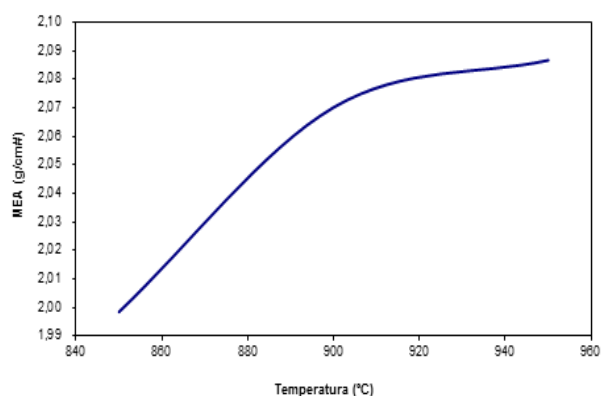


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 096B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

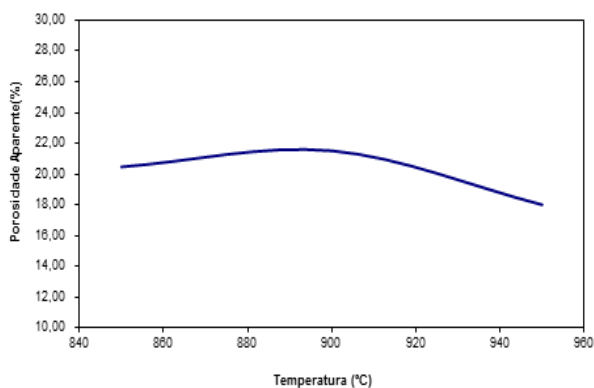


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 096B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

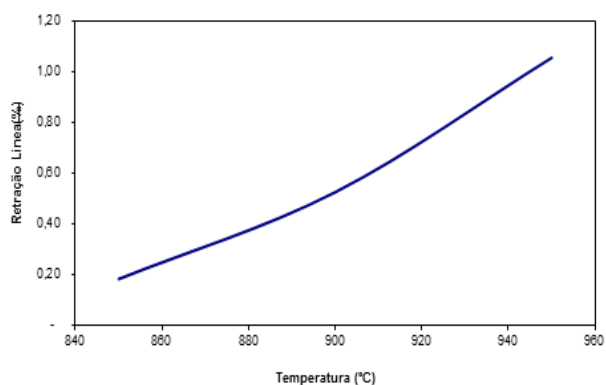


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 096B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.007/16-LABEMAT

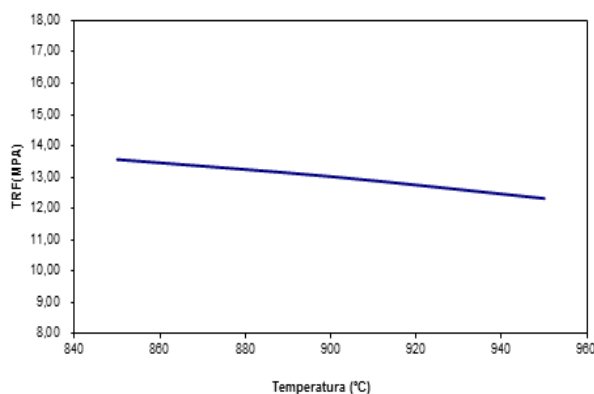
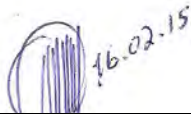
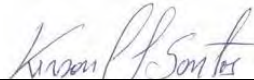


Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 096B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Natal/RN, 16 de fevereiro de 2016.

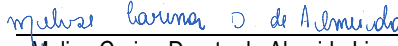

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT


José Nildo Galdino
Pesquisador


Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor


Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora


Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora


Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

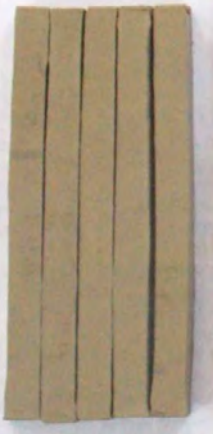
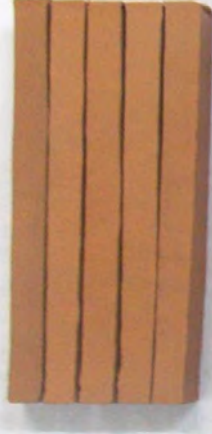


Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.007/16-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra LL 096B	Antes da sinterização	Temperaturas de Sinterização (°C)		
	110°C	850°C	900°C	950°C
Registro Fotográfico				

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.008/16-LABEMAT



**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.008/16-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 098).

Nº Ordem de Serviço: 2700/15.

Nº Proposta: 174/15.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaios tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.008/16-LABEMAT



LL 098

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quarteadado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;

- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850 °C, 900 °C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.008/16-LABEMAT

temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B – RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 098.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 098	15,35	Altamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 098.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	1,20	98,80
425	2,20	97,80
180	3,70	96,30
150	4,10	95,90
106	5,00	95,00
75	7,30	92,70
45	12,50	87,50
32	25,00	75,00
Aparador	100,00	-

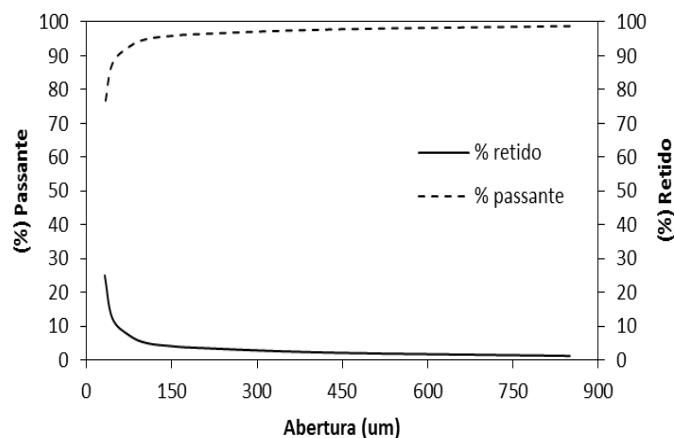


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 098.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.008/16-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 098.

LL 098	
Óxidos	(%)
SiO ₂	53,06
Al ₂ O ₃	33,15
Fe ₂ O ₃	3,44
MgO	1,69
K ₂ O	1,47
TiO ₂	0,58
SO ₃	0,05
ZrO ₂	0,03
MnO	0,02
SrO	0,01
P.F.	6,50

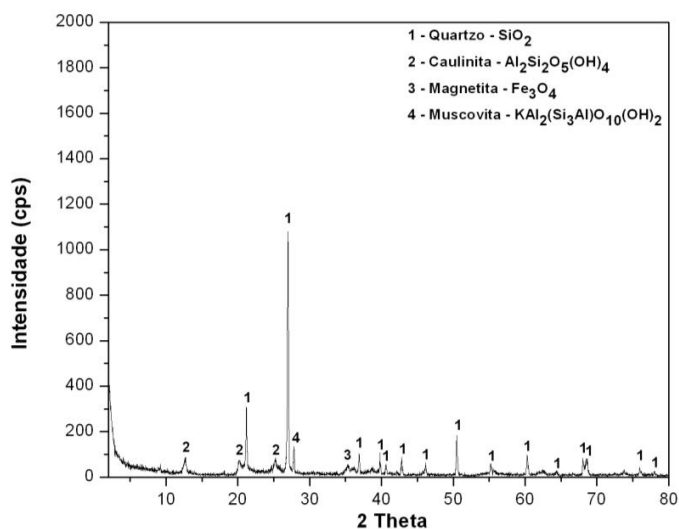


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 098.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 098 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 098	850°C	Creme escuro	12,28 ± 0,37	(0,05) ± 0,12	13,00 ± 0,07	25,67 ± 0,11	1,98 ± 0,00	9,83 ± 1,13
	900°C	Creme escuro	12,51 ± 0,23	0,28 ± 0,12	13,36 ± 0,10	26,44 ± 0,17	1,98 ± 0,00	9,96 ± 1,14
	950°C	Creme escuro	14,45 ± 0,26	0,40 ± 0,11	12,59 ± 0,48	25,04 ± 0,83	1,99 ± 0,01	9,53 ± 0,90

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado. Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.008/16-LABEMAT

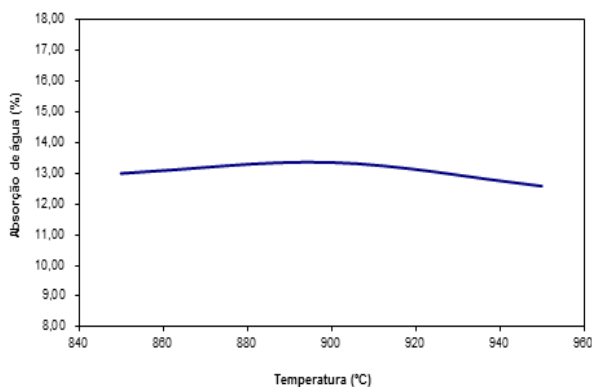


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 098 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

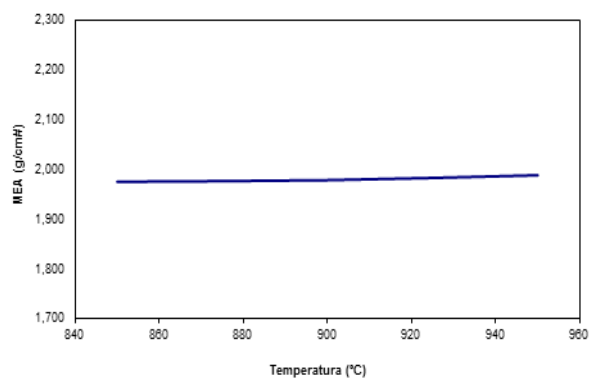


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 098 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

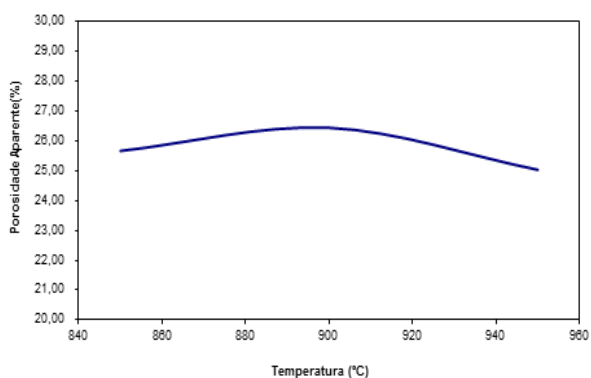


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 098 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

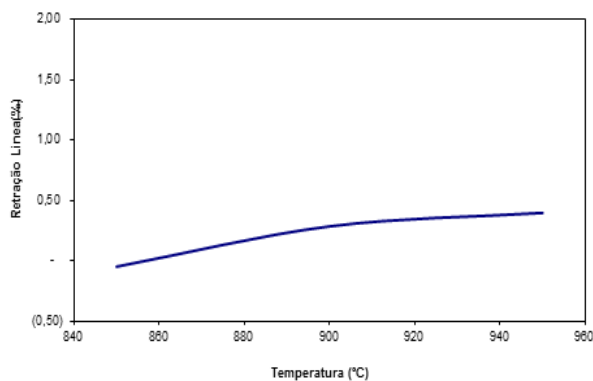


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 098 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

16.02.15



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.008/16-LABEMAT

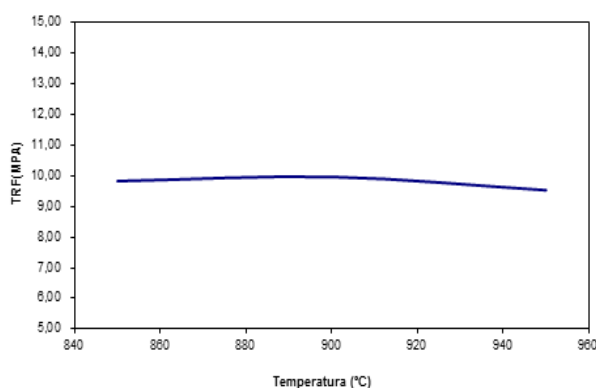
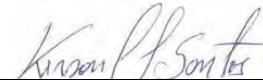


Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 098 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Natal/RN, 16 de fevereiro de 2016.

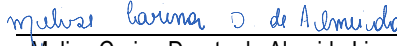

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT


José Nildo Galdino
Pesquisador


Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor


Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora


Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora


Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

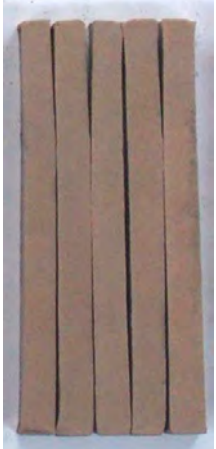
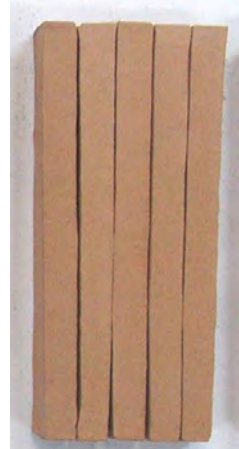


Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.008/16-LABEMAT

ANEXO 01

Amostra LL 098	Antes da sinterização	Temperaturas de Sinterização (°C)		
	110°C	850°C	900°C	950°C
Registro Fotográfico				

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.040/15-LABEMAT



**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.040/15-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 007B).

Nº Ordem de Serviço: 0157/15.

Nº Proposta: 053/14.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaio tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.040/15-LABEMAT



Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quartado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;

- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C,

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15
Krisson P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.040/15-LABEMAT

900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B - RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 007B.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 007B	4,67	Fracamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 007B.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	2,50	97,50
425	3,80	96,20
180	6,40	93,60
150	7,20	92,80
100	23,40	76,60
75	44,20	55,80
45	49,20	50,80
32	55,30	44,70
Aparador	100	-

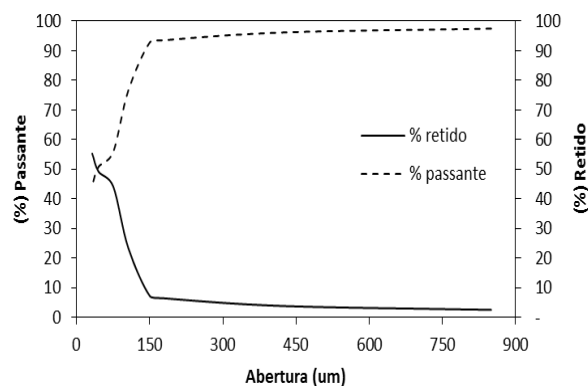


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 007B.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.040/15-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 007B.

LL 007B	
Óxidos	(%)
SiO ₂	57,71
Al ₂ O ₃	32,72
Fe ₂ O ₃	2,86
TiO ₂	0,55
K ₂ O	0,25
SO ₃	0,12
CaO	0,03
ZrO ₂	0,02
MnO	0,02
P.F.	5,72

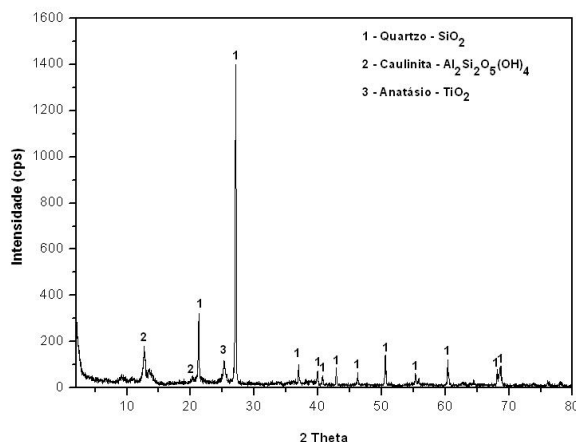


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 007B.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 007B sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 007B	850°C	Vermelho Claro	10,86 ± 0,36	0,43 ± 0,08	17,38 ± 0,33	32,02 ± 0,41	1,84 ± 0,01	1,18 ± 0,32
	900°C	Vermelho Claro	10,60 ± 0,13	0,60 ± 0,12	17,68 ± 0,14	32,69 ± 0,27	1,85 ± 0,01	1,50 ± 0,37
	950°C	Vermelho Claro	9,82 ± 0,18	0,97 ± 0,04	17,77 ± 0,26	33,15 ± 0,33	1,87 ± 0,01	1,47 ± 0,64

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado. Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.040/15-LABEMAT

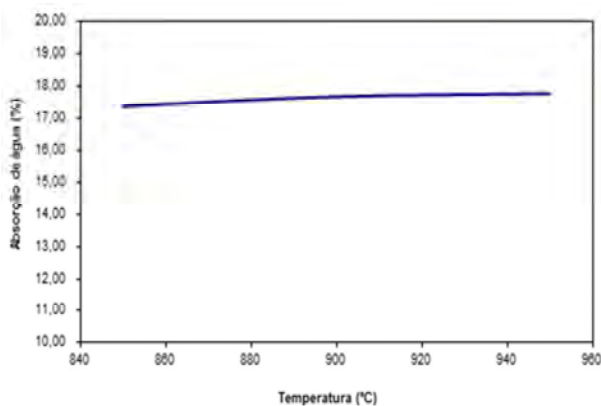


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 007B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

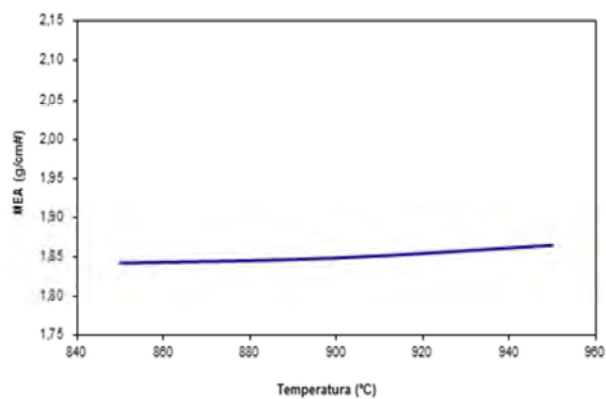


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 007B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

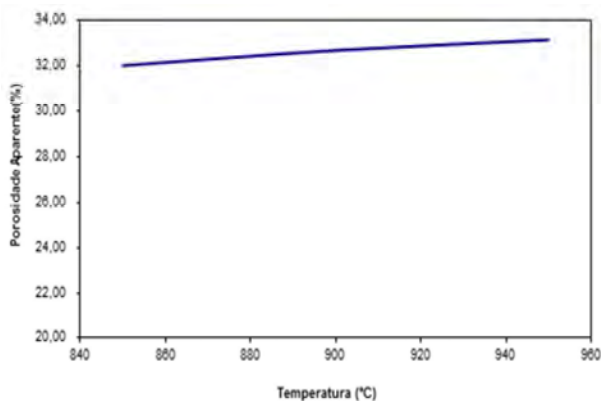


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 007B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

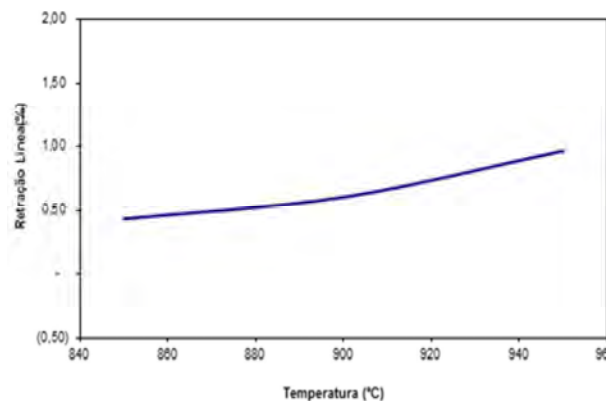


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 007B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.040/15-LABEMAT

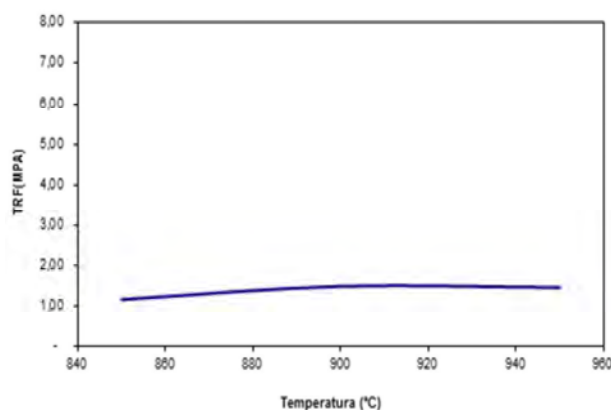



Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 007B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

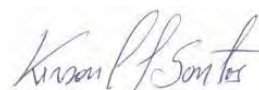
Natal/RN, 23 de março de 2015.

 23.03.15

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT



José Nildo Galdino
Pesquisador



Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor



Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora



Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora



Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

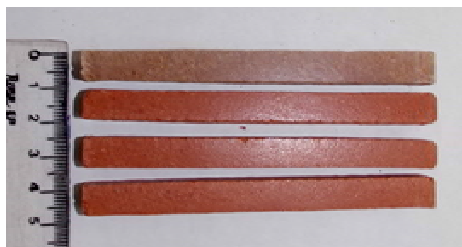
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.040/15-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra

LL
007B



Antes da sinterização

Sinterizada 850°C

Sinterizada 900°C

Sinterizada 950°C

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.041/15-LABEMAT



**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.041/15-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 012B).

Nº Ordem de Serviço: 0157 /15.

Nº Proposta: 053/14.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaios tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.041/15-LABEMAT



LL-012B

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quarteado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;


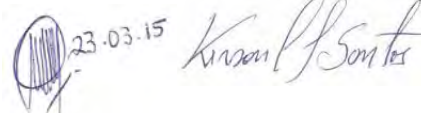
- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C,

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.041/15-LABEMAT

900°C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B - RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 012B.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 012B	-	Não Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 012B.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	0,20	99,80
425	0,60	99,40
180	1,70	98,30
150	2,20	97,80
100	3,50	96,50
75	4,20	95,80
45	4,80	95,20
32	6,40	93,60
Aparador	100	-

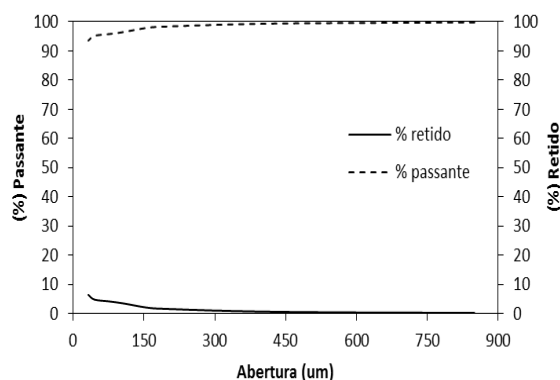


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 012B.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.041/15-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 012B.

LL 012B	
Óxidos	(%)
SiO ₂	43,33
Al ₂ O ₃	39,46
Fe ₂ O ₃	1,27
MgO	0,85
K ₂ O	0,67
TiO ₂	0,64
SO ₃	0,06
ZrO ₂	0,01
Cr ₂ O ₃	0,01
P.F.	13,70

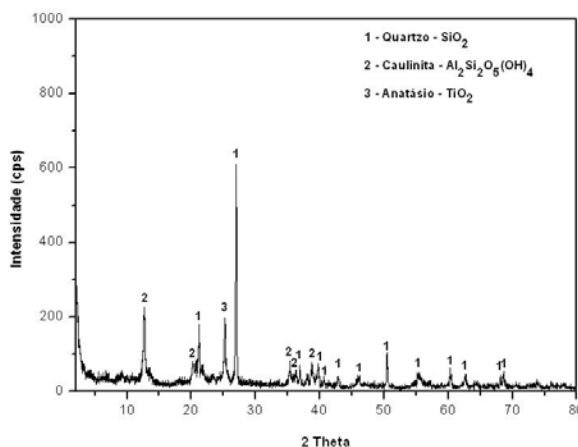


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 012B.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 012B sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 012B	850°C	Rosa	11,15 ± 0,40	0,40 ± 0,20	17,23 ± 0,34	31,18 ± 0,42	1,81 ± 0,01	2,71 ± 1,53
	900°C	Rosa	11,19 ± 0,13	0,88 ± 0,11	17,37 ± 0,60	31,60 ± 0,84	1,82 ± 0,02	4,83 ± 0,83
	950°C	Rosa	10,79 ± 0,11	1,33 ± 0,09	17,46 ± 0,20	32,10 ± 0,27	1,84 ± 0,01	5,66 ± 0,37

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado. Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.041/15-LABEMAT

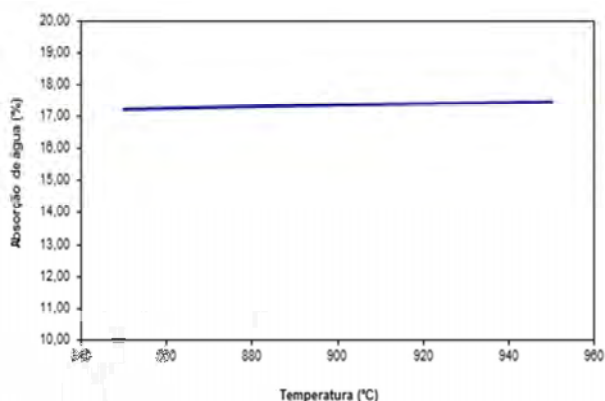


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 012B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

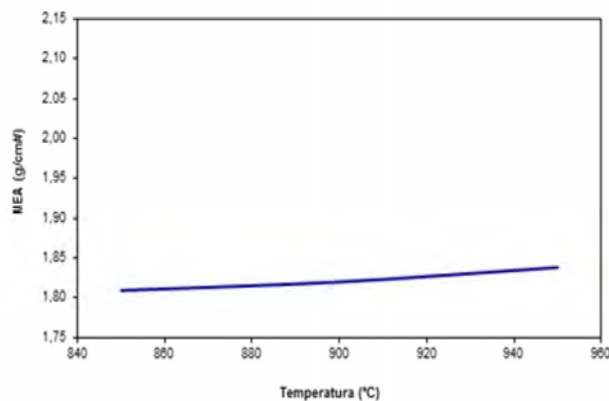


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 012B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

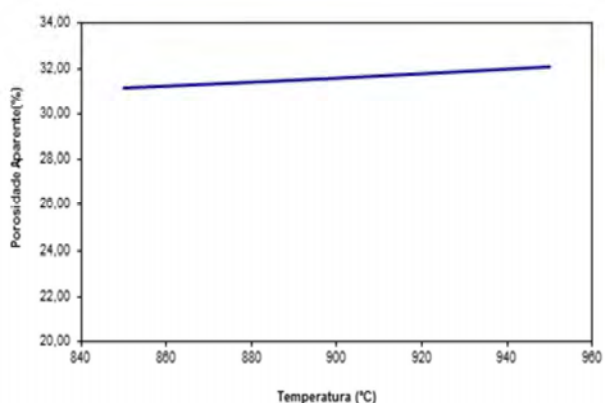


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 012B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

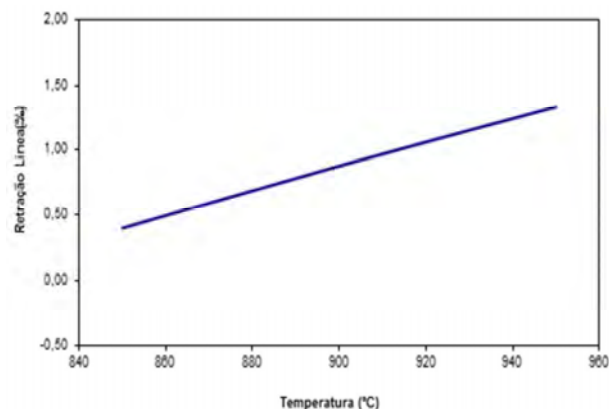


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 012B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15

Krisson P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.041/15-LABEMAT

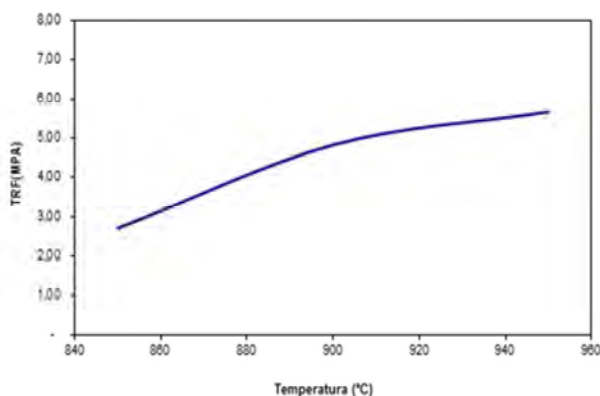



Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 012B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

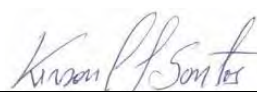
Natal/RN, 23 de março de 2015.

 23-03-15

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT



José Nildo Galdino
Pesquisador



Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor



Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora



Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora



Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.041/15-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra

LL 012B



Antes da sinterização

Sinterizada 850°C

Sinterizada 900°C

Sinterizada 950°C

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.042/15-LABEMAT



**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.042/15-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 018D).

Nº Ordem de Serviço: 0157 /15.

Nº Proposta: 053/14.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaios tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.042/15-LABEMAT



LL-018D

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quarteadado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;


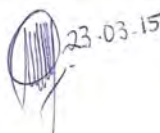
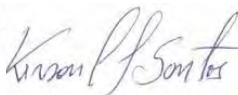
- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C,

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



23-03-15




CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.042/15-LABEMAT

900°C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B - RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 018D.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 018D	16,91	Altamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 018D.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	2,30	97,70
425	2,80	97,20
180	3,60	96,40
150	3,90	96,10
100	4,90	95,10
75	7,30	92,70
45	9,90	90,10
32	17,00	83,00
Aparador	100	-

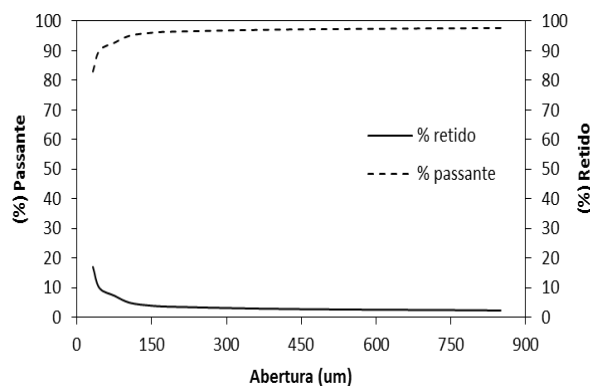


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 018D.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.042/15-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 018D.

LL 018D	
Óxidos	(%)
CaO	28,45
SiO ₂	20,48
Al ₂ O ₃	14,76
Fe ₂ O ₃	2,38
MgO	1,62
K ₂ O	0,42
TiO ₂	0,35
MnO	0,09
SrO	0,02
CuO	0,01
ZnO	0,01
P.F.	31,41

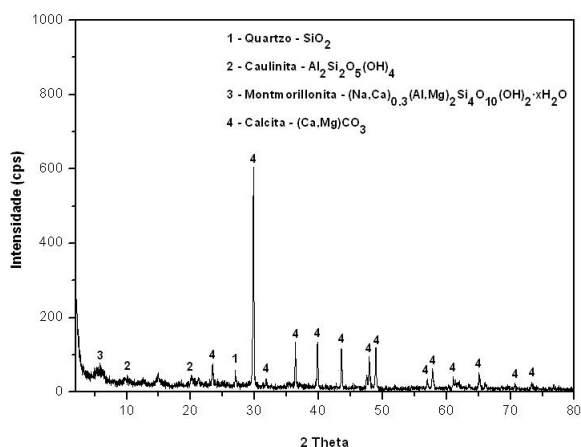


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 018D.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 018D sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 018D	850°C	Creme Claro	11,11 ± 0,16	1,28 ± 0,21	27,90 ± 1,74	45,66 ± 2,17	1,64 ± 0,02	2,52 ± 1,76
	900°C	Creme Claro	8,95 ± 3,25	0,65 ± 0,39	31,38 ± 0,32	48,98 ± 1,06	1,56 ± 0,02	6,79 ± 2,72
	950°C	Creme Esverdeado	8,73 ± 0,73	(0,04) ± 0,22	32,75 ± 1,02	49,41 ± 1,36	1,51 ± 0,02	6,27 ± 0,56

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado. Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.042/15-LABEMAT

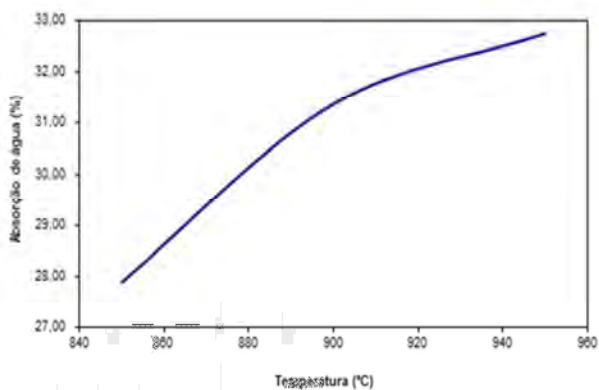


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 018D sinterizados a 850, 900 e 950°C.

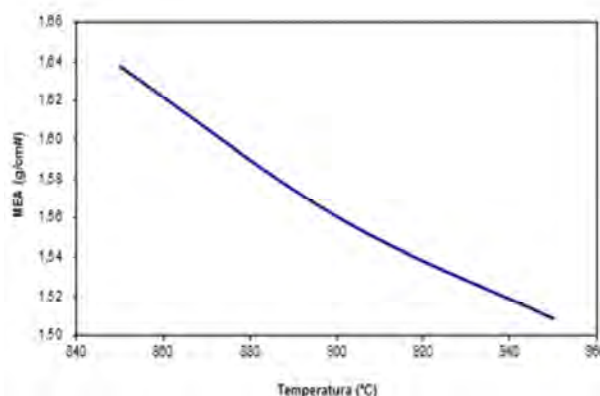


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 018D sinterizados a 850, 900 e 950°C.

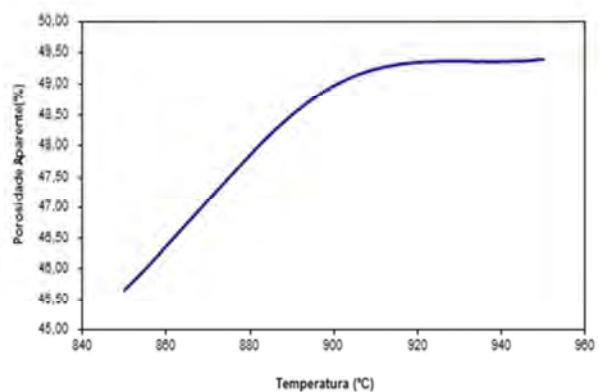


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 018D sinterizados a 850, 900 e 950°C.

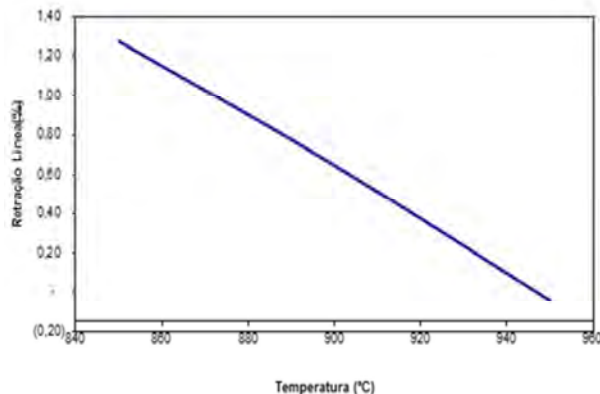


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 018D sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15

Kinson P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.042/15-LABEMAT

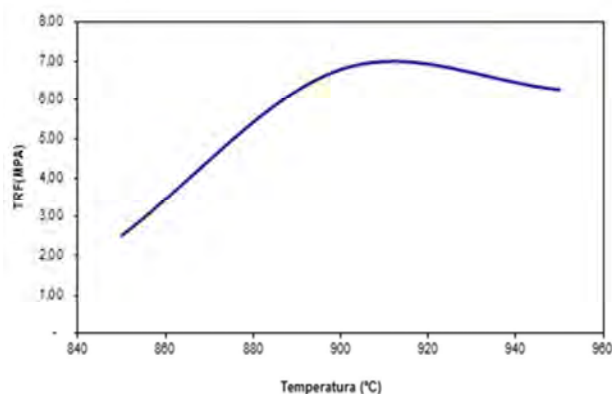



Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 018D sinterizados a 850, 900 e 950°C.

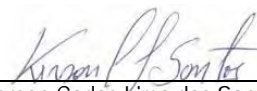
Natal/RN, 23 de março de 2015.

 23.03.15

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT



José Nildo Galdino
Pesquisador



Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor



Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora



Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora



Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.042/15-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra

LL 018D



Antes da sinterização

Sinterizada 850°C

Sinterizada 900°C

Sinterizada 950°C

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.043/15-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.043/15-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 018E).

Nº Ordem de Serviço: 0157/15.

Nº Proposta: 053/14.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaio tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.043/15-LABEMAT



LL-018E

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quartado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;

- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C,

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.043/15-LABEMAT

900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B – RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 018E.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 018E	3,48	Fracamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 018E.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	12,80	87,20
425	17,80	82,20
180	28,60	71,40
150	31,00	69,00
100	39,60	60,40
75	45,50	54,50
45	48,90	51,10
32	55,80	44,20
Aparador	100	-

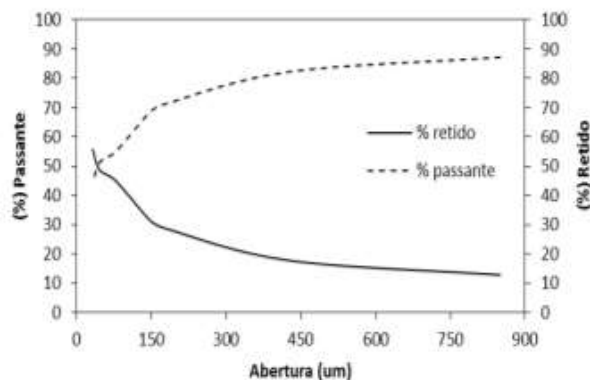


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 018E.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pérsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15

Krisson P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
 Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.043/15-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 018E.

LL 018E	
Óxidos	(%)
SiO ₂	49,30
Al ₂ O ₃	35,07
Fe ₂ O ₃	12,39
MgO	1,90
TiO ₂	0,73
K ₂ O	0,30
CaO	0,14
SO ₃	0,08
MnO	0,03
Cr ₂ O ₃	0,03
ZrO ₂	0,02
ZnO	0,01
P.F.	N.A.

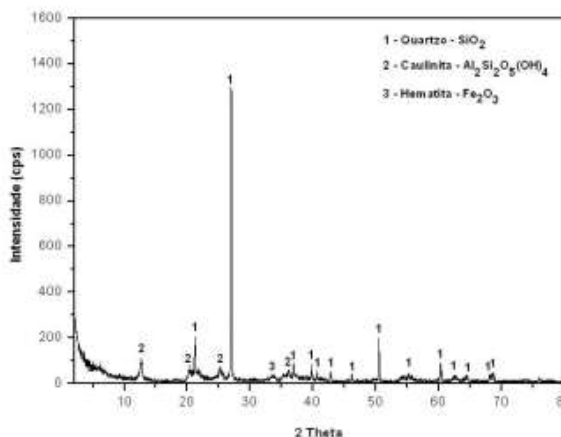


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 018E.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 018E sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 018E	850°C	Vermelho	12,36 ± 0,15	0,34 ± 0,14	14,30 ± 0,07	29,44 ± 0,16	2,06 ± 0,00	3,96 ± 0,43
	900°C	Vermelho	11,95 ± 0,11	0,69 ± 0,05	14,60 ± 0,09	30,12 ± 0,13	2,06 ± 0,00	3,85 ± 0,22
	950°C	Vermelho	10,81 ± 0,24	0,92 ± 0,04	14,32 ± 0,09	29,65 ± 0,14	2,07 ± 0,00	3,81 ± 0,16

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.043/15-LABEMAT

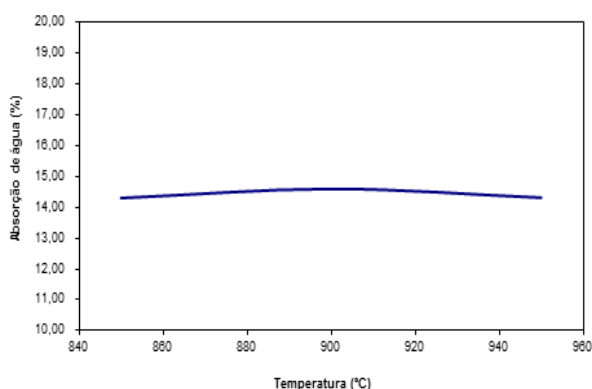


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 018E sinterizados a 850, 900 e 950°C.

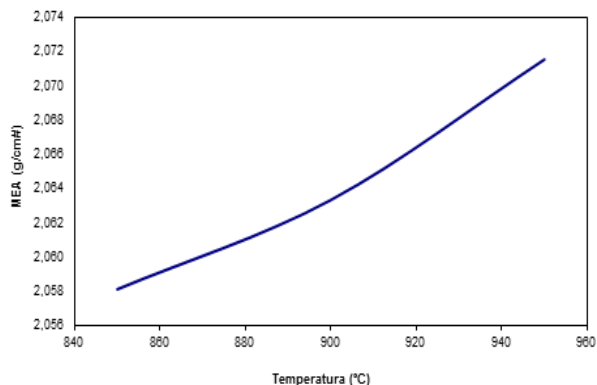


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 018E sinterizados a 850, 900 e 950°C.

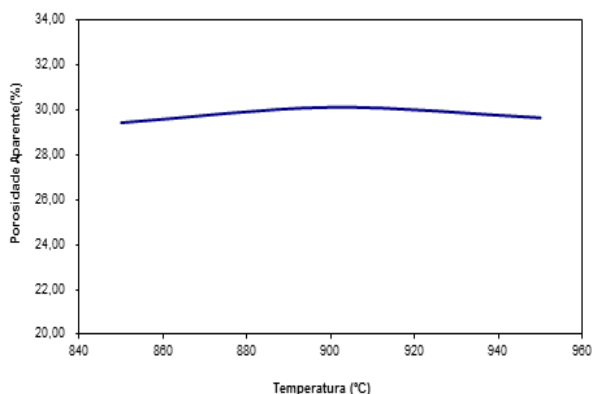


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 018E sinterizados a 850, 900 e 950°C.

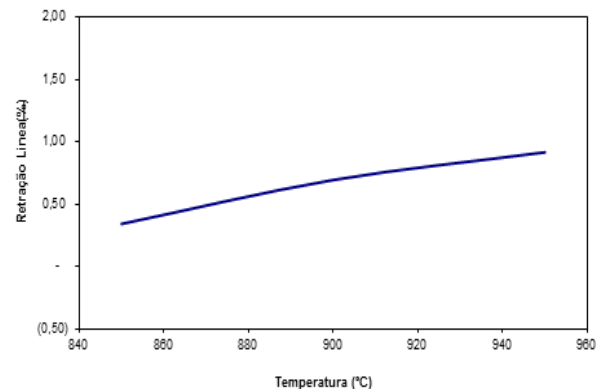

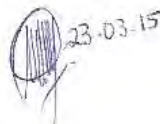
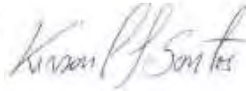


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 018E sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.043/15-LABEMAT

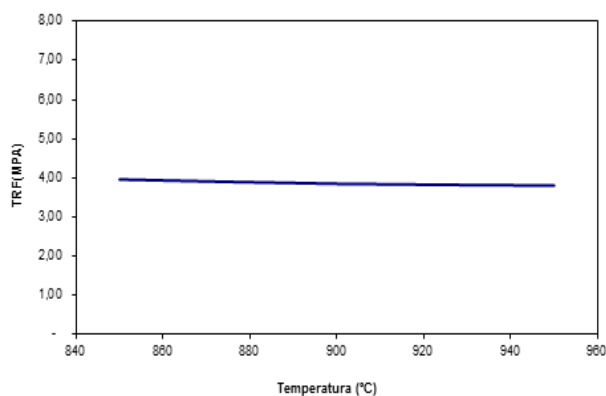


Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 018E sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Natal/RN, 23 de março de 2015.

23-03-15

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT

José Nildo Galdino
Pesquisador

Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor

Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora

Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora

Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.043/15-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra

LL 018E



Antes da sinterização

Sinterizada 850°C

Sinterizada 900°C

Sinterizada 950°C

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.044/15-LABEMAT



**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.044/15-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 027).

Nº Ordem de Serviço: 0157/15.

Nº Proposta: 053/14.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaios tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



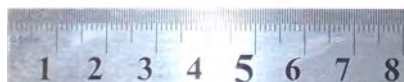
CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.044/15-LABEMAT



LL-027

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quartado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;

- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,05 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C,

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.044/15-LABEMAT

900°C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B - RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 027.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 027	8,00	Mediamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 027.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	1,20	98,80
425	2,00	98,00
180	5,10	94,90
150	6,50	93,50
100	14,30	85,70
75	22,40	77,60
45	26,20	73,80
32	26,20	73,80
Aparador	100	-

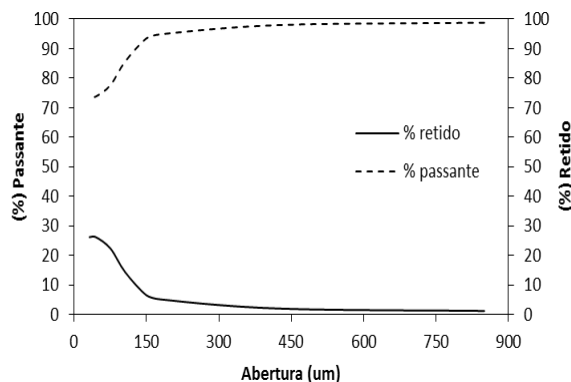


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 027.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15

Krisian P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.044/15-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 027.

LL 027	
Óxidos	(%)
SiO ₂	60,82
Al ₂ O ₃	28,60
Fe ₂ O ₃	2,38
MgO	1,34
K ₂ O	1,22
TiO ₂	0,70
SO ₃	0,08
V ₂ O ₅	0,05
ZrO ₂	0,04
MnO	0,02
P.F.	4,75

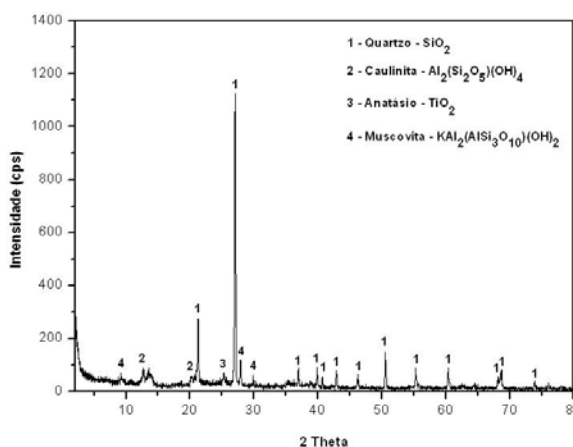


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 027.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 027 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 027	850°C	Laranja Claro	10,33 ± 0,13	(0,32) ± 0,09	11,49 ± 0,10	23,49 ± 0,19	2,04 ± 0,00	4,89 ± 0,39
	900°C	Laranja Claro	9,80 ± 0,11	(0,18) ± 0,03	11,90 ± 0,07	24,24 ± 0,10	2,04 ± 0,00	5,37 ± 0,51
	950°C	Laranja Claro	8,65 ± 0,10	0,01 ± 0,06	11,87 ± 0,03	24,20 ± 0,05	2,04 ± 0,00	5,69 ± 0,25

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.044/15-LABEMAT

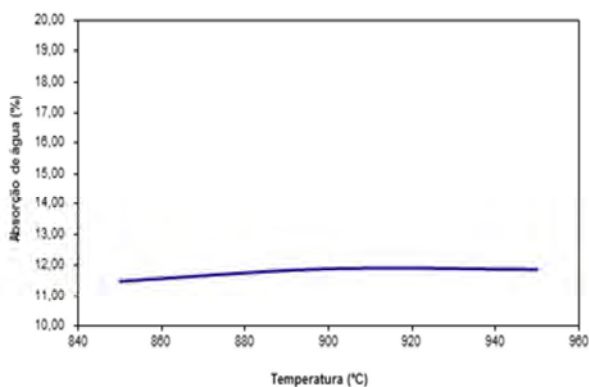


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 027 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

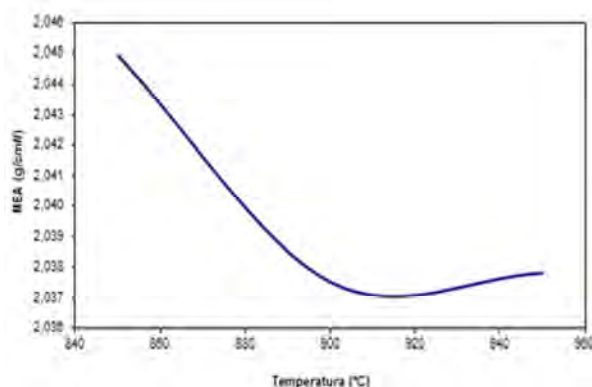


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 027 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

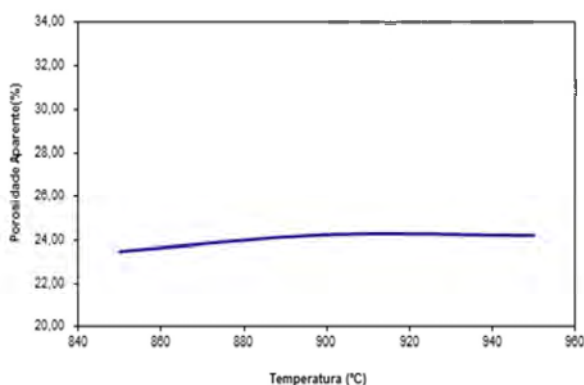


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 027 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

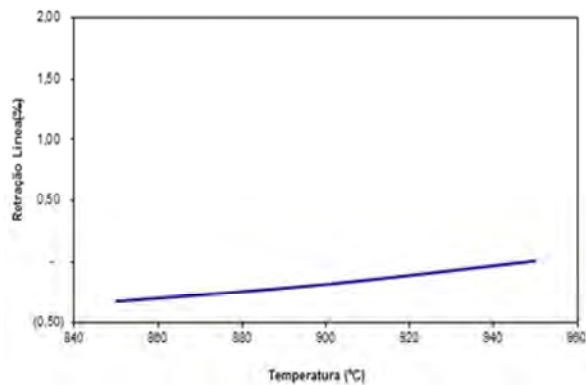


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 027 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.044/15-LABEMAT

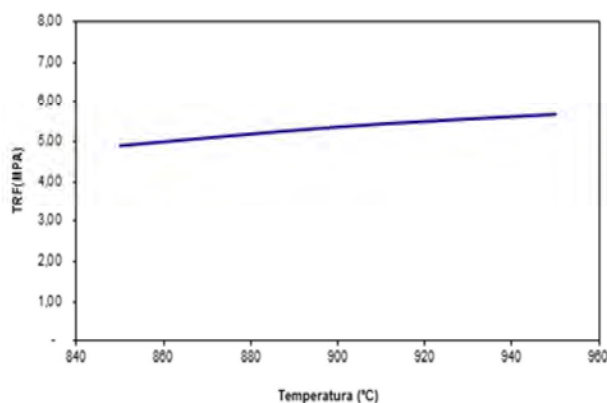



Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 027 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

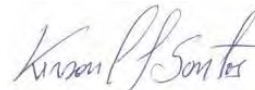
Natal/RN, 23 de março de 2015.

 23.03.15

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT



José Nildo Galdino
Pesquisador



Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor



Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora



Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora



Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.044/15-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra

LL 027



Antes da sinterização

Sinterizada 850°C

Sinterizada 900°C

Sinterizada 950°C

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.045/15-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.045/15-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 029).

Nº Ordem de Serviço: 0157/15.

Nº Proposta: 053/14.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaios tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.045/15-LABEMAT



LL-029

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quarteadado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;

- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850 °C,

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.045/15-LABEMAT

900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B - RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 029.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 029	7,56	Mediamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 029.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	0,40	99,60
425	1,00	99,00
180	1,80	98,20
150	2,10	97,90
100	2,70	97,30
75	3,50	96,50
45	4,80	95,20
32	10,60	89,40
Aparador	100	-

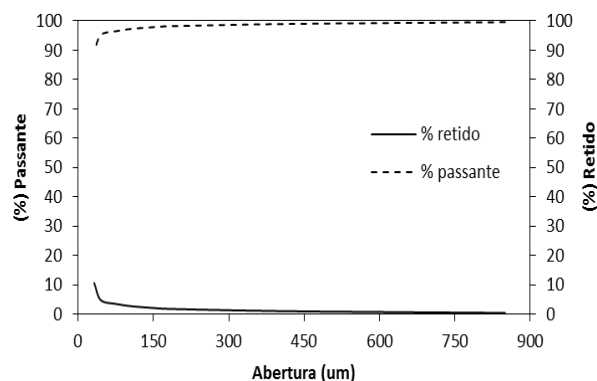


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 029.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15

Krisian P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.045/15-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 029.

LL 029	
Óxidos	(%)
SiO ₂	53,11
Al ₂ O ₃	30,16
Fe ₂ O ₃	4,49
MgO	2,80
K ₂ O	2,76
TiO ₂	0,63
SO ₃	0,06
MnO	0,03
ZrO ₂	0,02
ZnO	0,01
P.F.	5,93

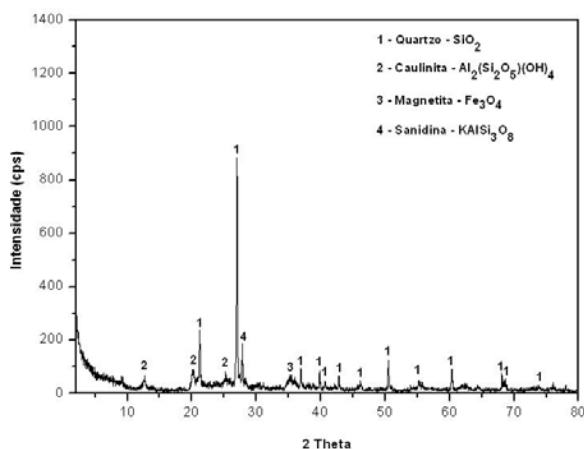


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 029.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 029 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 029	850°C	Vermelho	11,05 ± 0,30	0,45 ± 0,13	11,14 ± 0,20	22,93 ± 0,33	2,06 ± 0,01	12,96 ± 1,65
	900°C	Vermelho	10,50 ± 0,19	1,10 ± 0,08	10,77 ± 0,10	22,37 ± 0,19	2,08 ± 0,00	14,96 ± 0,98
	950°C	Vermelho	9,02 ± 0,47	1,61 ± 0,07	10,09 ± 0,11	21,19 ± 0,11	2,10 ± 0,01	16,38 ± 1,76

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado. Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15
 Krisian P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.045/15-LABEMAT

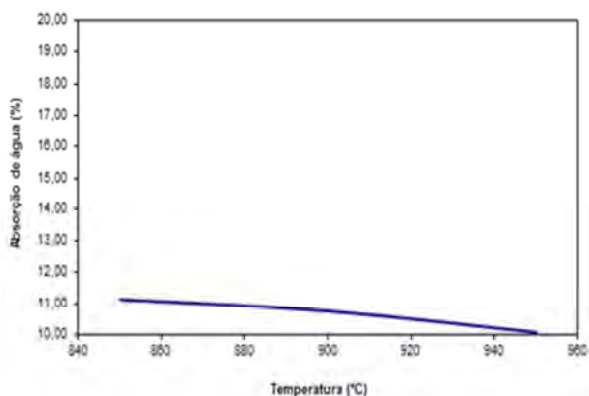


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 029 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

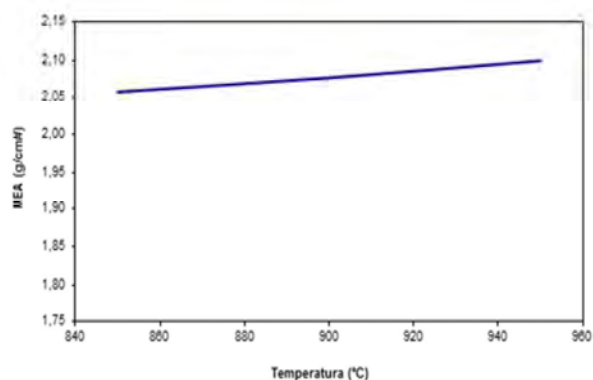


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 029 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

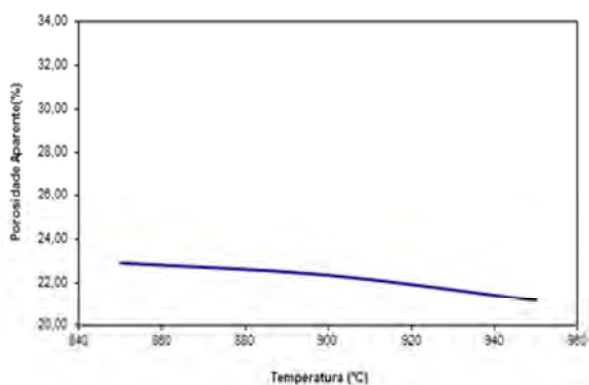


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 029 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

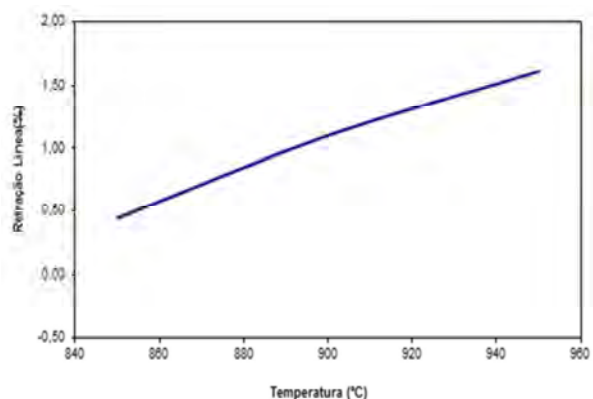


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 029 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.045/15-LABEMAT

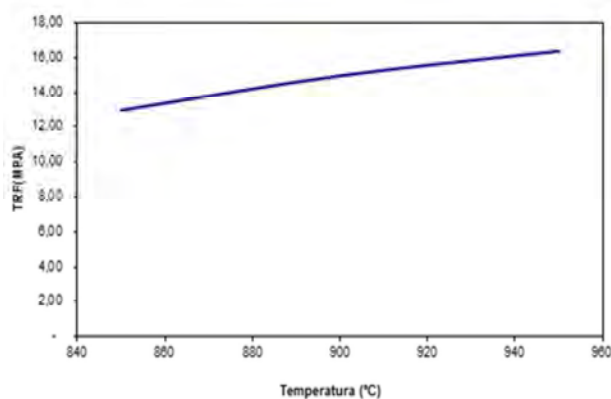



Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 029 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

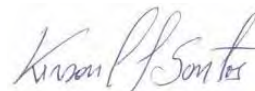
Natal/RN, 23 de março de 2015.

 23.03.15

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT



José Nildo Galdino
Pesquisador



Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor



Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora



Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora



Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.045/15-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra

LL 029



Antes da sinterização

Sinterizada 850°C

Sinterizada 900°C

Sinterizada 950°C

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15
Krisian P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.046/15-LABEMAT

**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.046/15-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 064).

Nº Ordem de Serviço: 0157/15.

Nº Proposta: 053/14.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaio tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.046/15-LABEMAT



LL-064

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);
- Para a análise química, o material foi quarteadado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;
- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;
- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,05 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.046/15-LABEMAT

temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura a flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B - RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 064.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 064	10,65	Mediamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 064.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	3,40	96,60
425	3,70	96,30
180	4,20	95,80
150	4,40	95,60
100	5,80	94,20
75	10,50	89,50
45	15,60	84,40
32	37,20	62,80
Aparador	100	-

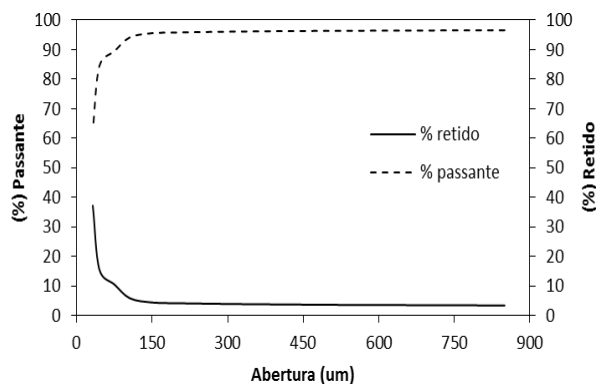


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 064.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.046/15-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 064.

LL 064	
Óxidos	(%)
SiO ₂	59,27
Al ₂ O ₃	27,45
K ₂ O	2,89
MgO	2,59
Fe ₂ O ₃	2,57
TiO ₂	0,58
SO ₃	0,06
MnO	0,05
ZrO ₂	0,03
SrO	0,01
P.F.	4,50

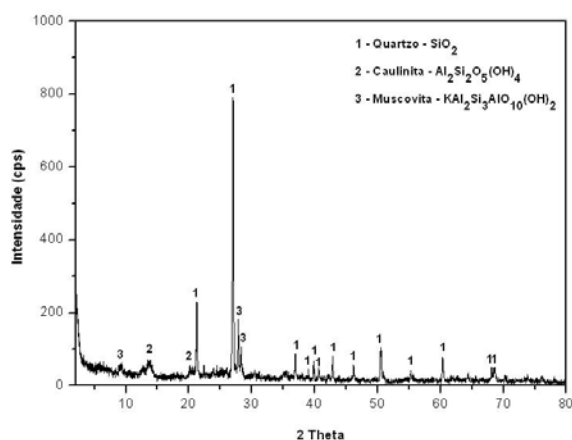


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 064.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 064 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 064	850°C	Laranja Claro	11,28 ± 0,35	(0,42) ± 0,06	12,42 ± 0,10	24,65 ± 0,16	1,98 ± 0,00	5,69 ± 0,71
	900°C	Laranja Claro	11,00 ± 0,22	(0,46) ± 0,08	12,74 ± 0,10	25,18 ± 0,16	1,98 ± 0,00	6,13 ± 0,29
	950°C	Laranja Claro	9,57 ± 0,38	(0,25) ± 0,14	12,65 ± 0,09	25,02 ± 0,14	1,98 ± 0,00	6,37 ± 0,87

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15

Krisian P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.046/15-LABEMAT

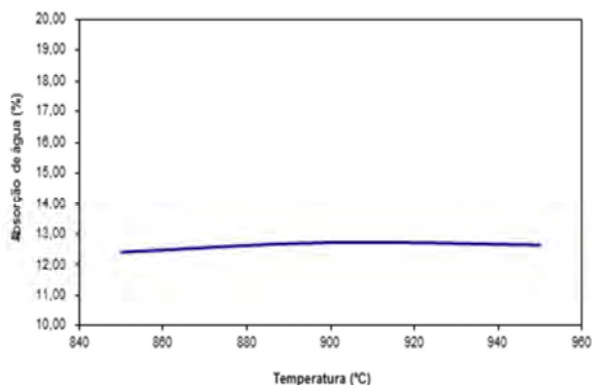


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 064 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

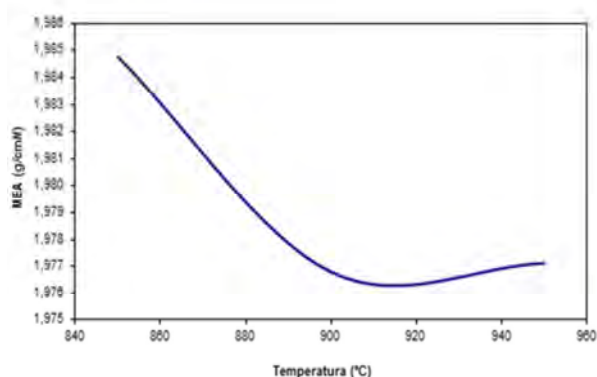


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 064 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

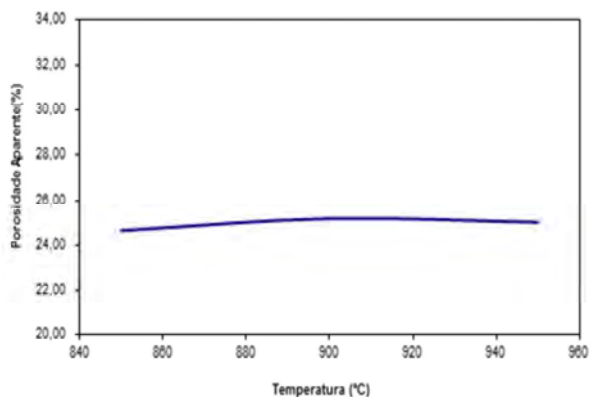


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 064 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

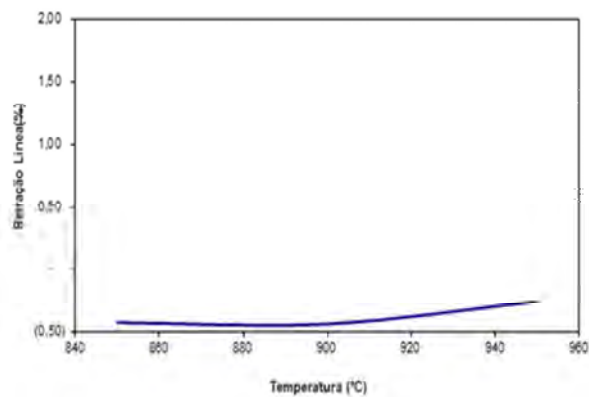


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 064 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

[Handwritten signatures and date]
 23-03-15
 Kerson P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.046/15-LABEMAT

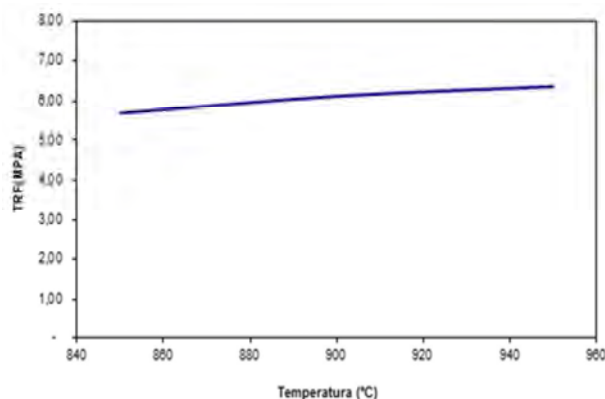



Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 064 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

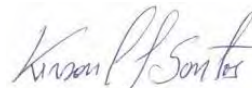
Natal/RN, 23 de março de 2015.

 23.03.15

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT



José Nildo Galdino
Pesquisador



Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor



Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora



Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora



Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.046/15-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra

LL 064



Antes da sinterização

Sinterizada 850°C

Sinterizada 900°C

Sinterizada 950°C

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15

Kevin P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.047/15-LABEMAT

**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.047/15-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL 065).

Nº Ordem de Serviço: 0157/15.

Nº Proposta: 053/14.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaios tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.047/15-LABEMAT



LL-065

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quarteadado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;

- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850 °C, 900 °C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.047/15-LABEMAT

temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B - RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL 065.

Amostra	IP (%)	Característica
LL 065	9,69	Mediamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 065.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	3,00	97,00
425	3,60	96,40
180	4,50	95,50
150	5,10	94,90
100	6,80	93,20
75	9,80	90,20
45	14,30	85,70
32	29,70	70,30
Aparador	100	-

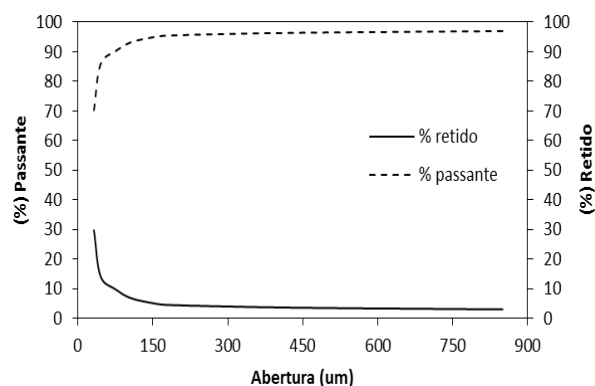


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL 065.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.047/15-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL 065.

LL 065	
Óxidos	(%)
SiO ₂	50,77
Al ₂ O ₃	36,58
Fe ₂ O ₃	2,75
MgO	1,34
K ₂ O	0,89
TiO ₂	0,55
SO ₃	0,06
ZrO ₂	0,03
MnO	0,01
P.F.	7,02

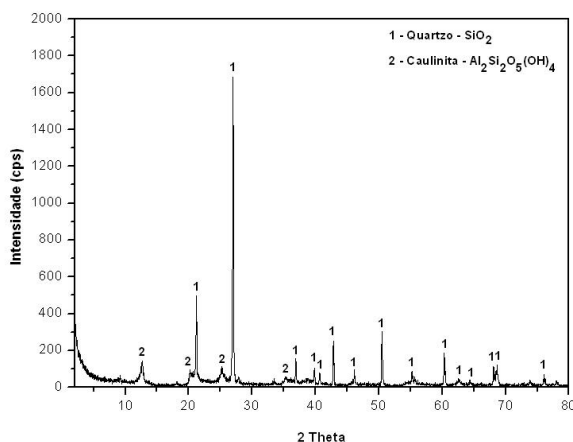


Figura 03. Difratograma apresentando as fases identificadas na amostra LL 065.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL 065 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL 065	850°C	Creme	10,51 ± 0,33	(0,12) ± 0,05	14,97 ± 0,25	28,63 ± 0,35	1,91 ± 0,01	6,18 ± 0,62
	900°C	Creme	10,49 ± 0,12	0,15 ± 0,07	15,55 ± 0,27	29,67 ± 0,36	1,91 ± 0,01	6,73 ± 0,71
	950°C	Creme	9,62 ± 0,11	0,26 ± 0,03	15,74 ± 0,21	29,97 ± 0,28	1,90 ± 0,01	7,45 ± 0,90

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.047/15-LABEMAT

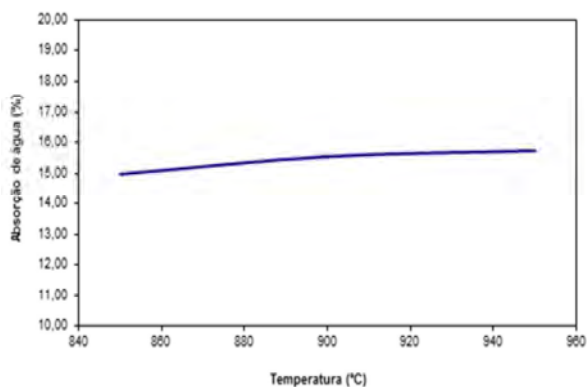


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 065 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

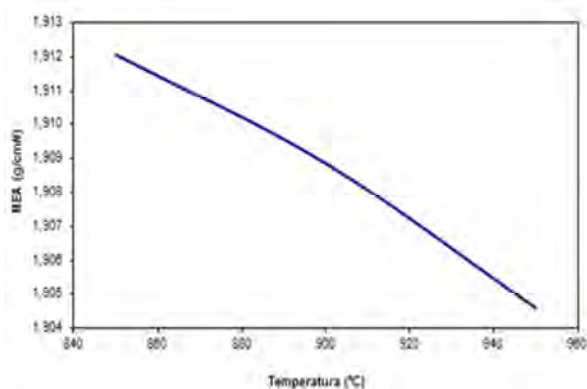


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 065 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

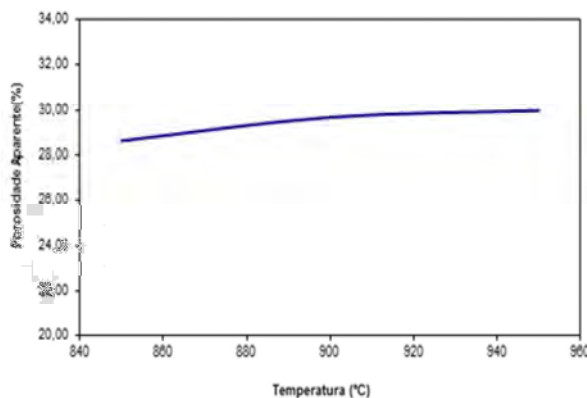


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 065 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

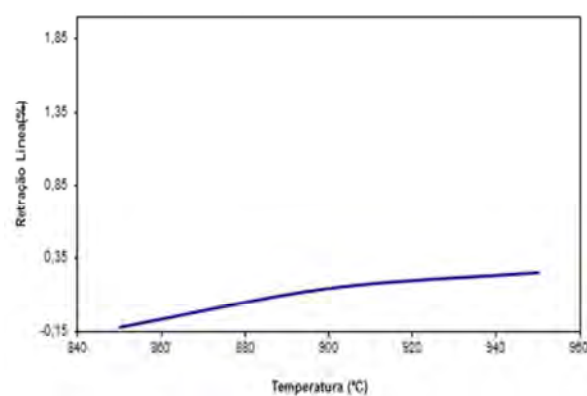


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 065 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15

Krisian P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.047/15-LABEMAT

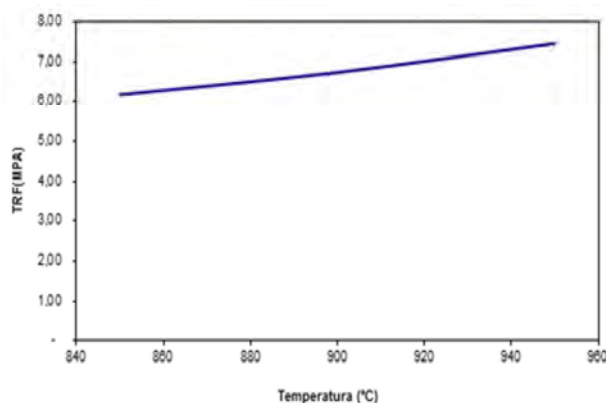



Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL 065 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

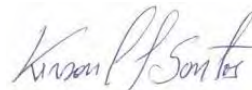
Natal/RN, 23 de março de 2015.

 23.03.15

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT



José Nildo Galdino
Pesquisador



Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor



Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora



Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora



Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

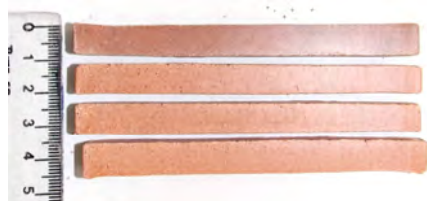
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.047/15-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra

LL 065



Antes da sinterização

Sinterizada 850°C

Sinterizada 900°C

Sinterizada 950°C

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.048/15-LABEMAT

**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.048/15-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (LL R030).

Nº Ordem de Serviço: 0157/15.

Nº Proposta: 053/14.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaio tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



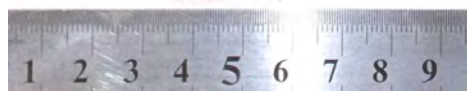
CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.048/15-LABEMAT



LL-R030

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);

- Para a análise química, o material foi quarteado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;

- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;

- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850 °C, 900 °C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.048/15-LABEMAT

temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B – RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra LL R030.

Amostra	IP (%)	Característica
LL R030	4,46	Fracamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra LL R030.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	0,40	99,60
425	0,90	99,10
180	1,90	98,10
150	2,40	97,60
100	3,10	96,90
75	4,30	95,70
45	5,80	94,20
32	14,10	85,90
Aparador	100	-

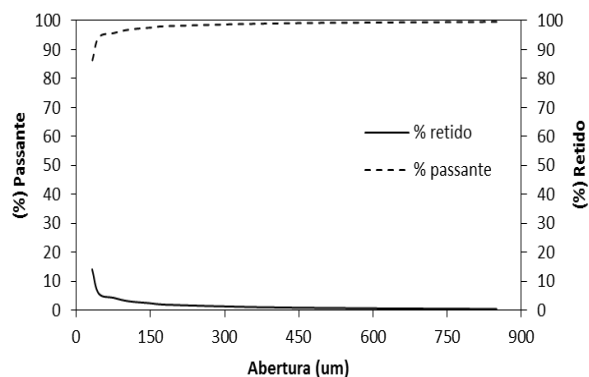


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra LL R030.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15

Krisian P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
 Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.048/15-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra LL R030.

LL R030	
Óxidos	(%)
SiO ₂	57,72
Al ₂ O ₃	29,26
K ₂ O	2,84
MgO	2,46
Fe ₂ O ₃	2,03
TiO ₂	0,60
SO ₃	0,19
MnO	0,06
ZrO ₂	0,03
Y ₂ O ₃	0,02
SrO	0,01
ZnO	0,01
P.F.	4,77

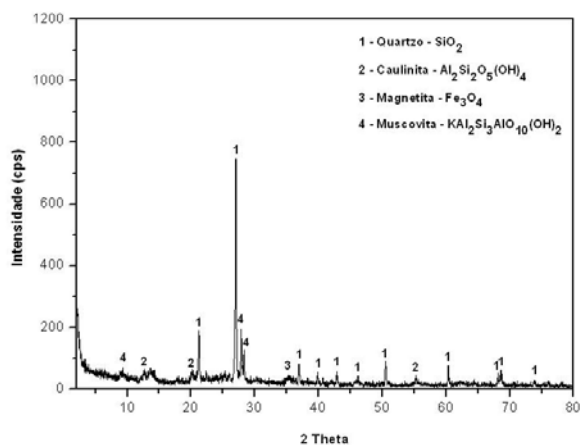


Figura 03. Difractograma apresentando as fases identificadas na amostra LL R030.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra LL R030 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
LL R030	850°C	Laranja Claro	10,62 ± 0,09	(0,38) ± 0,03	11,91 ± 1,28	22,90 ± 0,17	2,00 ± 0,05	7,96 ± 0,44
	900°C	Laranja Claro	10,14 ± 0,14	(0,23) ± 0,07	11,57 ± 0,07	23,29 ± 0,10	2,01 ± 0,00	7,86 ± 0,56
	950°C	Laranja Claro	8,82 ± 0,94	(0,04) ± 0,09	11,39 ± 0,09	22,90 ± 0,14	2,03 ± 0,02	8,01 ± 0,74

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



 23-03-15
 



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.048/15-LABEMAT

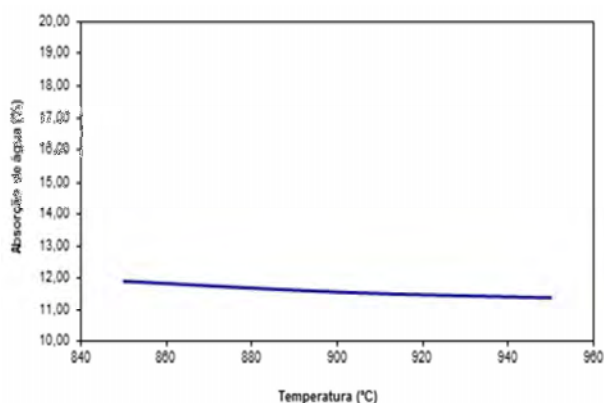


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL R030 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

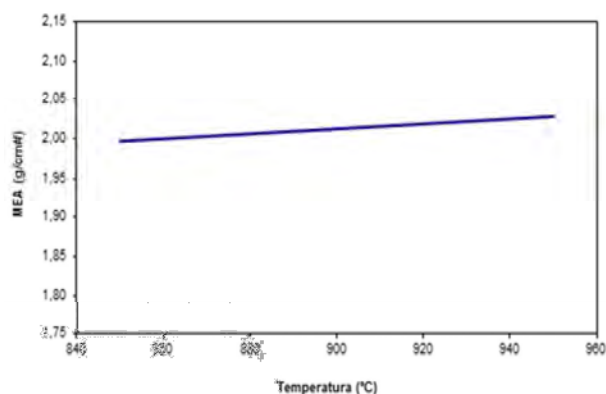


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL R030 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

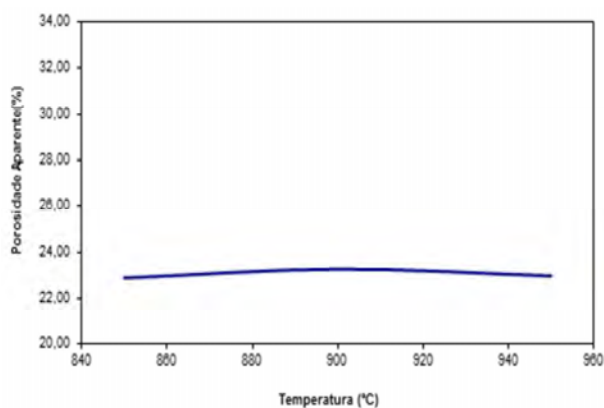


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL R030 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

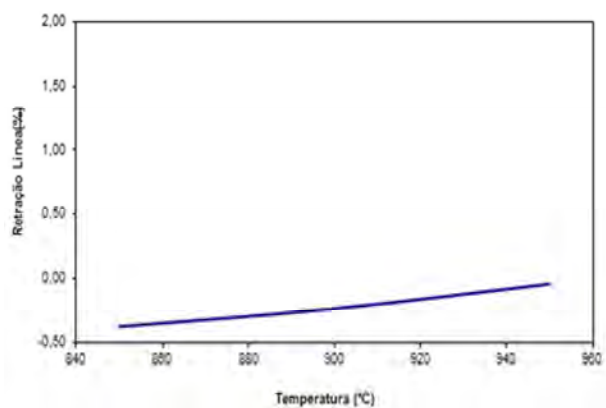


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL R030 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.048/15-LABEMAT

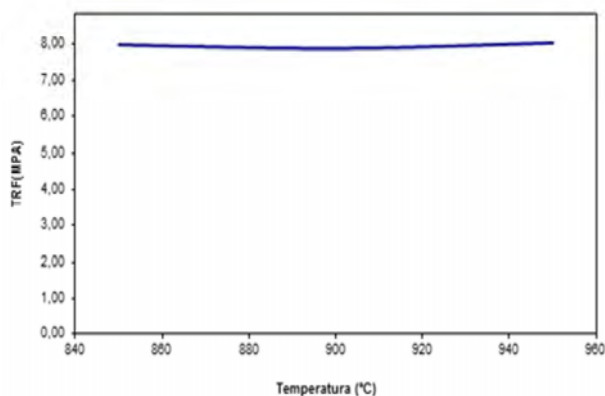


Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra LL R030 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Natal/RN, 23 de março de 2015.

23.03.15

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT

José Nildo Galdino
Pesquisador

Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor

Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora

Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora

Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.048/15-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra

LL R030



Antes da sinterização

Sinterizada 850°C

Sinterizada 900°C

Sinterizada 950°C

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.049/15-LABEMAT

**RELATÓRIO DE ANÁLISE
DE MATERIAIS**

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.049/15-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – RETE – Residência de Teresina.

SOLICITANTE: Sra. Elizângela Soares Amaral.

CONTATO: (86) 3221-4792. E-MAIL: elizangela.amaral@cprm.gov.br.

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise granulométrica, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: 01 amostra (KP 008B).

Nº Ordem de Serviço: 0157/15.

Nº Proposta: 053/14.

A – PROCEDIMENTO

O material enviado para análises (Figura 01), por solicitação do cliente foi submetido aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da composição química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Ensaio tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação de cor após sinterização;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

A identificação do material foi fornecida pelo cliente.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.049/15-LABEMAT



KP-008B

Figura 01. Material fornecido para análise.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas oito peneiras, sendo elas: 20# (850 μm), 35# (425 μm), 80# (180 μm), 100# (150 μm), 150# (106 μm), 200# (75 μm), 325# (45 μm) e 450# (25 μm);
- Para a análise química, o material foi quarteadado, moído (200#) e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos;
- A difração de Raios-x foi realizada em amostra moída a 200# e o equipamento utilizado foi o XRD-6000 da marca Shimadzu;
- A argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 100# e homogeneizados com adição de 10% de água e em seguida prensados em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950 °C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.049/15-LABEMAT

temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura a flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

B - RESULTADOS

A Tabela 01 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 01. Índice de plasticidade obtido na amostra MP-008B.

Amostra	IP (%)	Característica
KP-008B	7,38	Mediamente Plástica

A Figura 02 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada e a Tabela 02 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada.

Tabela 02. Distribuição granulométrica da amostra KP-008B.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
850	0,20	99,80
425	0,40	99,60
180	1,10	98,90
150	1,30	98,70
100	1,70	98,30
75	2,70	97,30
45	4,20	95,80
32	13,50	86,50
Aparador	100	-

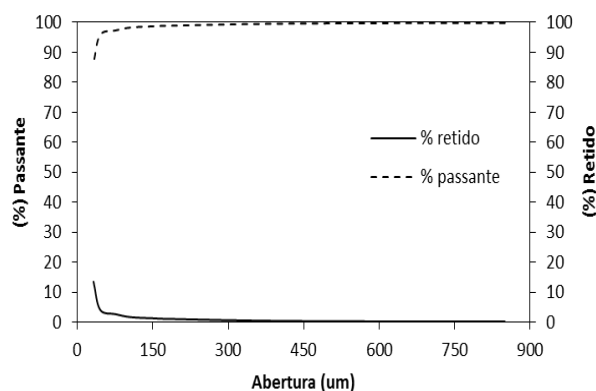


Figura 02. Distribuição granulométrica da amostra KP-008B.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15



**CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS**

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.049/15-LABEMAT

A Tabela 03 a seguir apresenta o resultado da análise química semiquantitativa em % de peso em óxido com valor de perda ao fogo da argila em estudo e a Figura 03 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.

Tabela 03 – Resultado da análise química semiquantitativa da amostra KP-008B.

KP-008B	
Óxidos	(%)
SiO ₂	44,16
Al ₂ O ₃	44,10
Fe ₂ O ₃	1,15
TiO ₂	0,83
MgO	0,65
K ₂ O	0,25
SO ₃	0,09
ZrO ₂	0,02
Cr ₂ O ₃	0,01
MnO	0,01
P.F.	8,73

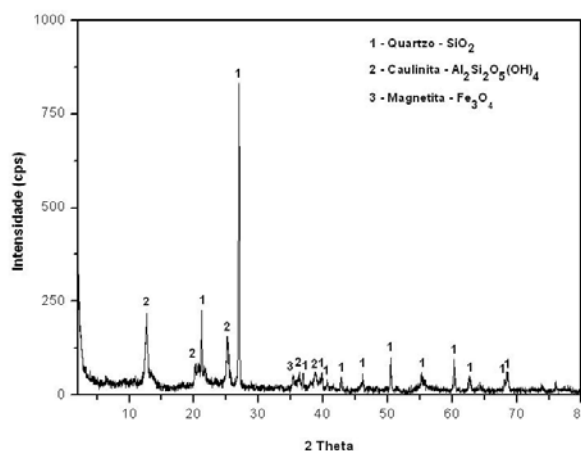


Figura 03. Difratoograma apresentando as fases identificadas na amostra KP-008B.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra avaliada, sendo eles: cor, índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As Figuras de 04 a 08 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios.

As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04. Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra KP-008B sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Umidade de Conformação	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
KP-008B	850°C	Rosa	10,96 ± 0,21	0,96 ± 0,03	18,93 ± 0,34	33,33 ± 0,41	1,76 ± 0,01	2,98 ± 1,67
	900°C	Rosa	10,66 ± 0,15	1,27 ± 0,06	18,67 ± 0,72	33,12 ± 0,95	1,77 ± 0,02	3,83 ± 0,80
	950°C	Rosa	10,23 ± 0,17	1,98 ± 0,04	18,63 ± 0,22	33,64 ± 0,26	1,81 ± 0,01	4,52 ± 0,43

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.049/15-LABEMAT

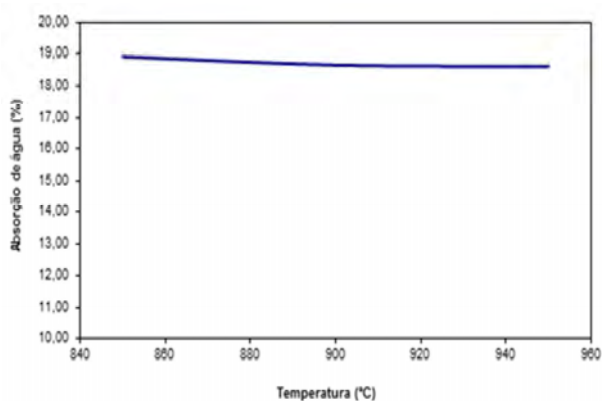


Figura 04. Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra KP-008B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

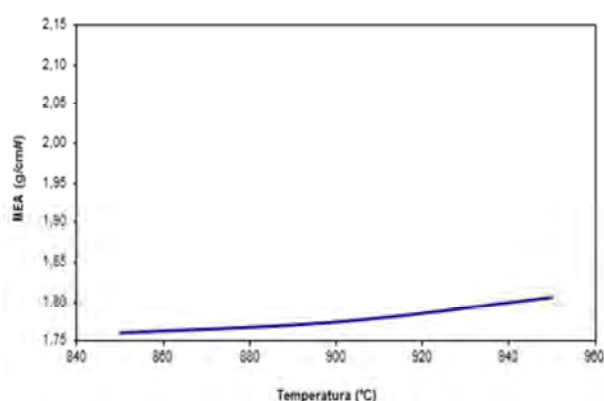


Figura 05. Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra KP-008B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

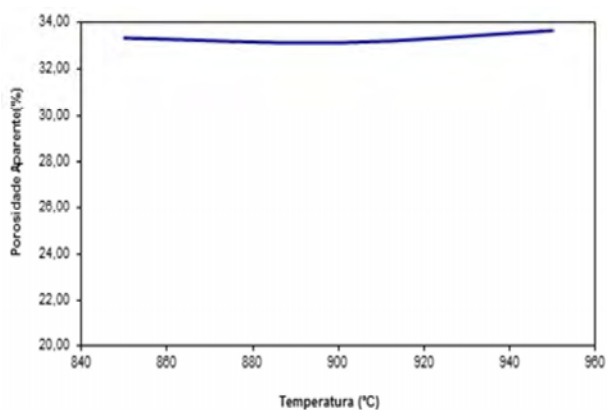


Figura 06. Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra KP-008B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

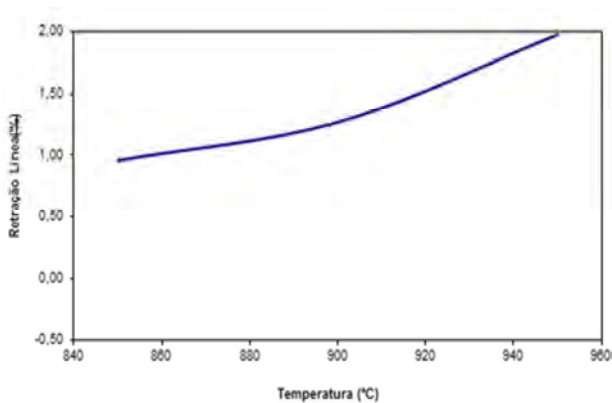


Figura 07. Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra KP-008B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23.03.15

Krisson P. Santos



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.049/15-LABEMAT

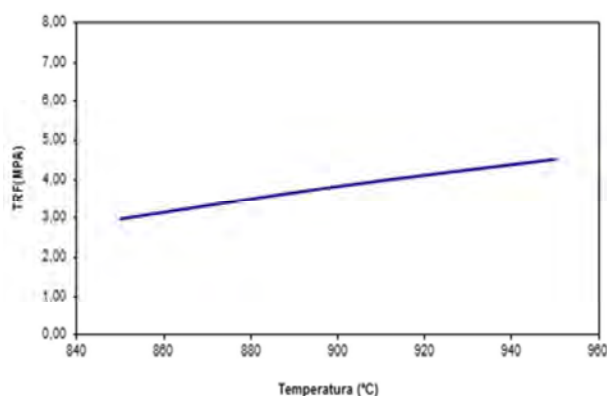



Figura 08. Curva de % TRF para os corpos-de-prova obtidos da amostra KP-008B sinterizados a 850, 900 e 950°C.

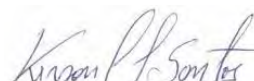
Natal/RN, 23 de março de 2015.

 23.03.15

Francisco Antônio Vieira
Responsável Técnico do LABEMAT



José Nildo Galdino
Pesquisador



Kerson Carlos Lima dos Santos
Técnico Executor



Andréa Santos Pinheiro
Técnica Executora



Angélica Gilksana Souza de Lima
Técnica Executora



Melise Carina Duarte de Almeida Lima
Técnica Executora

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS
UNPA - Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologia
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59063-400 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 00.049/15-LABEMAT

ANEXO 1

Amostra

KP 008B



Antes da sinterização

Sinterizada 850°C

Sinterizada 900°C

Sinterizada 950°C

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

23-03-15

ANEXO IV

ANÁLISES E ENSAIOS DE BRITA



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

DE: LABORATÓRIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

PARA: CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
SUPERINTENDÊNCIA DO PIAUÍ



ASSUNTO:

Resultado de ensaios de Distribuição Granulométrica, Massa Específica Real e Aparente, Índices Físicos e Índice de Forma de amostras de agregado miúdo (brita), proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-025.

Recife, 29 de fevereiro de 2016

Júlio César de Souza
Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
29/02/2016



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

PARECER TÉCNICO

Prezados Senhores,

Estamos enviando, nesta oportunidade, os resultados de análises de brita provenientes de rocha cristalina do Estado do Piauí encaminhada pela CPRM – Superintendência do Piauí.

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-025

AValiação DO RESULTADO DOS ENSAIOS TECNOLÓGICOS:

- A distribuição granulométrica indica um diâmetro médio (D_{50}) do material britado de cerca de $\frac{1}{2}$ " (12,5 mm) e uma presença de finos nas frações areia e argila de aproximadamente 0,44%.
- A densidade aparente do material britado foi de 1.456 ton/m³, valor esse compatível com as médias esperadas para esse tipo de material (britado). Comparando-se com a densidade do maciço rochoso, que é de 2.789 ton/m³ pode-se estimar um empolamento de cerca de 50%.
- O material britado apresentou um índice de forma médio de 2,44% indicando que o mesmo atenderá as especificações em relação a esse parâmetro (3,0% máximo) para aplicação em concretos.
- Os índices físicos do material mostraram valores de absorção aparente variando entre 0,177 e 0,192% e porosidade aparente de 0,495% indicando uma boa coesão do material rochoso.
- O desgaste abrasivo Los Angeles mostrou-se satisfatório apresentando um valor de 14,88 para a faixa B, atendendo os limites para aplicação em concreto (30%).
- O índice de forma do material britado apresentou com resultado uma forma predominantemente cúbica (80% das amostras) com relações médias $b/a = 0,71$ e $c/b = 0,69$. Foram encontradas também formas lamelar (7,5% das amostras), alongada (10% das amostras) e alongada-lamelar (2,5%).

Júlio César de Souza
Eng^o de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
29/02/2016



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

**RESULTADO DE ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE
APARENTE**

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-025. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de rocha félsica pouco anisotrópica, com estrutura que expressa formas tendentes à oblata e prolata distinguíveis pela granulometria dos cristais extensivamente supra milimétrica. Não se verificam planos de cisalhamento, nem silicificação. Essas porções félsicas revelam presenças de cor creme e branca acinzentada, sugestivas de K-feldspatos e plagioclásios, sendo os cristais dos primeiros, algo maiores, da ordem de até 3 a 5 mm. Algumas britas apresentam indícios de injeções ou recristalizações em dimensões superiores a 5 mm. Ênfase ao conteúdo bastante quartzoso das britas que se diferenciam pela maior presença de quartzo (cerca de 30%), K-feldspato (cerca de 60%) com cores creme e rósea; e maior pobreza em plagioclásio (cerca de 10%).

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:

Norma ABNT NBR 7418.

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Porosidade aparente (%)	0,192%
-------------------------	--------

CONCLUSÕES:

Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se que o índice de material pulverulento é de 0,192%.

Júlio César de Souza
Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
29/02/2016



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

RESULTADO DE ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES FÍSICOS

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-025. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de rocha félsica pouco anisotrópica, com estrutura que expressa formas tendentes à oblata e prolata distinguíveis pela granulometria dos cristais extensivamente supra milimétrica. Não se verificam planos de cisalhamento, nem silicificação. Essas porções félsicas revelam presenças de cor creme e branca acinzentada, sugestivas de K-feldspatos e plagioclásios, sendo os cristais dos primeiros, algo maiores, da ordem de até 3 a 5 mm. Algumas britas apresentam indícios de injeções ou recristalizações em dimensões superiores a 5 mm. Ênfase ao conteúdo bastante quartzoso das britas que se diferenciam pela maior presença de quartzo (cerca de 30%), K-feldspato (cerca de 60%) com cores creme e rósea; e maior pobreza em plagioclásio (cerca de 10%).

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:

Norma ABNT NBR 7418

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Massa específica seca (g/cm ³)	2,789 ± 0,051
Massa específica saturada (g/cm ³)	2,794 ± 0,050
Porosidade (%)	0,495 ± 0,169
Absorção (%)	0,192 ± 0,074

CONCLUSÕES:

Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se que os índices físicos apresentam valores de massa específica variando de mediana a alta e índices de porosidade e absorção de água aparentes baixos.

Júlio César de Souza
Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
29/02/2016



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

RESULTADO DE ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-025. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de rocha félsica pouco anisotrópica, com estrutura que expressa formas tendentes à oblata e prolata distinguíveis pela granulometria dos cristais extensivamente supra milimétrica. Não se verificam planos de cisalhamento, nem silicificação. Essas porções félsicas revelam presenças de cor creme e branca acinzentada, sugestivas de K-feldspatos e plagioclásios, sendo os cristais dos primeiros, algo maiores, da ordem de até 3 a 5 mm. Algumas britas apresentam indícios de injeções ou recristalizações em dimensões superiores a 5 mm. Ênfase ao conteúdo bastante quartzoso das britas que se diferenciam pela maior presença de quartzo (cerca de 30%), K-feldspato (cerca de 60%) com cores creme e rósea; e maior pobreza em plagioclásio (cerca de 10%).

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:

Norma ABNT NBR 725/1982

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Densidade aparente seca (ton /m³) **1,456 ± 0,006**

CONCLUSÕES:

Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se a massa específica aparente situa-se em torno de 1,456 ton/m³, estando dentro dos resultados médios para britas empoladas.

Júlio César de Souza
Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
29/02/2016



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

RESULTADO DE ENSAIOS DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-025. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de rocha félsica pouco anisotrópica, com estrutura que expressa formas tendentes à oblata e prolata distinguíveis pela granulometria dos cristais extensivamente supra milimétrica. Não se verificam planos de cisalhamento, nem silicificação. Essas porções félsicas revelam presenças de cor creme e branca acinzentada, sugestivas de K-feldspatos e plagioclásios, sendo os cristais dos primeiros, algo maiores, da ordem de até 3 a 5 mm. Algumas britas apresentam indícios de injeções ou recristalizações em dimensões superiores a 5 mm. Ênfase ao conteúdo bastante quartzoso das britas que se diferenciam pela maior presença de quartzo (cerca de 30%), K-feldspato (cerca de 60%) com cores creme e rósea; e maior pobreza em plagioclásio (cerca de 10%).

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:


Normas ABNT NBR 7.211/2005.

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Diâmetro médio (D_{50}): 12,5 mm

CONCLUSÕES:

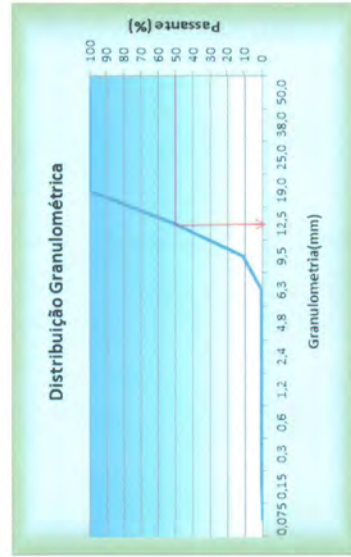
Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se que o material tem uma distribuição granulométrica com diâmetro médio (D_{50}) de 1/2" (12,5 mm) e diâmetro máximo também de 1/2" (12,5 mm). A distribuição granulométrica é apresentada a seguir. A presença de finos na fração areia e argila (< 4,75 mm) na amostra ensaiada ascendeu a cerca de 0,44%. A curva granulométrica do material está dentro dos limites ótimo e utilizável da norma NBR 7211 para brita 1.


Júlio César de Souza
Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
29/02/2016

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE BRITA - AMOSTRA LL-R-025A

Granulometria (mm)	Retido (g)	Passante (g)	% retido	% passante	Retido acumulado	Passante acumulado
50,0	0	5003	0,00	100,00	0,00	100,00
38,0	0	5003	0,00	100,00	0,00	100,00
25,0	0	5003	0,00	100,00	0,00	100,00
19,0	0	5003	0,00	100,00	0,00	100,00
12,5	2417	2586	48,31	51,69	48,31	51,69
9,5	2038	547	40,74	10,94	89,06	10,94
6,3	525	22	10,50	0,44	99,56	0,44
4,8	30	12	0,19	0,25	99,75	0,25
2,4	0	12	0,01	0,24	99,76	0,24
1,2	0	12	0,00	0,24	99,76	0,24
0,6	0	11	0,01	0,23	99,77	0,23
0,3	1	11	0,01	0,22	99,78	0,22
0,15	1	9	0,03	0,19	99,81	0,19
0,075	9	0	0,19	0,00	100,00	0,00
<0,075	0	0	0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL	5003	5003	100,00			

Granulometria	Acumulado
50,0	100,00
38,0	100,00
25,0	100,00
19,0	100,00
12,5	51,69
9,5	10,94
6,3	0,44
4,8	0,25
2,4	0,24
1,2	0,24
0,6	0,23
0,3	0,22
0,15	0,19
0,075	0,00
	0,00

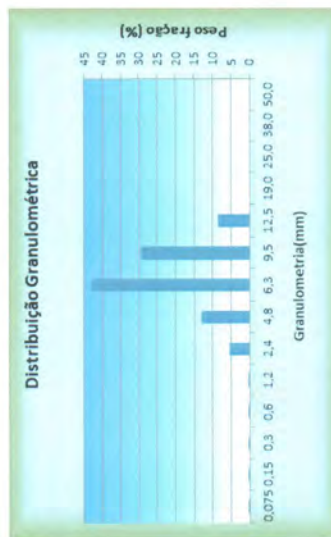


Júlio César de Souza
 Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
 CREA/RS: 68.932 - D
 09/04/2012

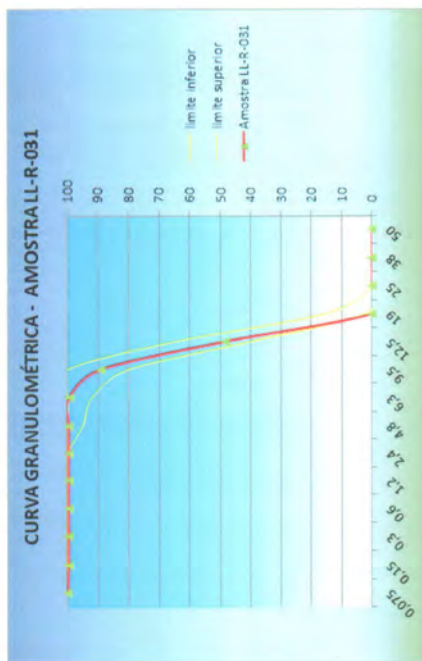
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE BRITA - AMOSTRA LL-R-025A

Granulometria (mm)	Retido (g)	Passante (g)	% retido	% passante	Retido acumulado	Passante acumulado
50,0	0	4999	0,00	100,00	0,00	100,00
38,0	0	4999	0,00	100,00	0,00	100,00
25,0	0	4999	0,00	100,00	0,00	100,00
19,0	0	4999	0,00	100,00	0,00	100,00
12,5	422,10	4577	8,44	91,56	8,44	91,56
9,5	1475,51	3101	29,52	62,04	37,96	62,04
6,3	2141,83	960	42,85	19,20	80,80	19,20
4,8	6477,74	312	12,96	6,24	93,76	6,24
2,4	269,44	42	5,39	0,85	99,15	0,85
1,2	3,29	39	0,07	0,78	99,22	0,78
0,6	2,62	36	0,05	0,73	99,27	0,73
0,3	2,78	34	0,06	0,67	99,33	0,67
0,15	13,12	21	0,26	0,41	99,59	0,41
0,075	20,38	0	0,41	0,00	100,00	0,00
<0,075	0	0	0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL	4999	4999	100,00			

Granulometria	Percentual
50,0	0,00
38,0	0,00
25,0	0,00
19,0	0,00
12,5	8,44
9,5	29,52
6,3	42,85
4,8	12,96
2,4	5,39
1,2	0,07
0,6	0,05
0,3	0,06
0,15	0,26
0,075	0,41
	0,00



Júlio César de Souza
 Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
 CREA/RS: 68.932 – D
 09/04/2012



Peneira	Limites		Amostra
	Inferior	Superior	
50,00	0,00	0,00	0,00
38,00	0,00	0,00	0,00
25,00	0,00	0,00	0,00
19,00	2,00	15,00	0,00
12,50	40,00	65,00	48,31
9,50	80,00	100,00	89,06
6,30	92,00	100,00	95,56
4,80	95,00	100,00	95,75
2,40	100,00	100,00	99,76
1,20	100,00	100,00	99,76
0,60	100,00	100,00	99,77
0,30	100,00	100,00	99,78
0,15	100,00	100,00	99,81
0,08	100,00	100,00	100,00

Julio César de Souza
 Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
 CREA/RS: 68.932 – D
 09/04/2012



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

RESULTADO DE ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-025. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de rocha félsica pouco anisotrópica, com estrutura que expressa formas tendentes à oblata e prolata distinguíveis pela granulometria dos cristais extensivamente supra milimétrica. Não se verificam planos de cisalhamento, nem silicificação. Essas porções félsicas revelam presenças de cor creme e branca acinzentada, sugestivas de K-feldspatos e plagioclásios, sendo os cristais dos primeiros, algo maiores, da ordem de até 3 a 5 mm. Algumas britas apresentam indícios de injeções ou recristalizações em dimensões superiores a 5 mm. Ênfase ao conteúdo bastante quartzoso das britas que se diferenciam pela maior presença de quartzo (cerca de 30%), K-feldspato (cerca de 60%) com cores creme e rósea; e maior pobreza em plagioclásio (cerca de 10%).

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:

Norma da ABNT NBR 6954/1990.

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Índice de forma:

Relações (médias):

a/b:	0,76
b/c:	0,59

Classificação:

cúbica

CONCLUSÕES:

Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se que as amostras analisadas possuem forma predominantemente cúbica (50% das amostras) com relações médias $b/a = 0,76$ e $c/b = 0,59$. Foram encontradas também formas lamelar (45% das amostras) e alongada (5% das amostras).

Júlio César de Souza
Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
09/04/2012

Índice forma
 ABNT = NBR 6954/90
 forma (mm)

Amostra	a	b	c	Relações	b/a	c/b	Forma
1	28 28	18 23	8 58	1	0.64	0.47	Lamelar
2	31 38	12 48	11 72	2	0.40	0.94	Alongada
3	17 30	14 63	13 89	3	0.85	0.95	Cúbica
4	30 19	18 22	8 87	4	0.60	0.49	Lamelar
5	27 51	16 41	14 06	5	0.60	0.86	Cúbica
6	33 29	15 39	8 68	6	0.46	0.56	Alongada
7	28 15	18 01	8 95	7	0.64	0.50	Lamelar
8	18 40	13 85	11 76	8	0.75	0.85	Cúbica
9	26 95	18 41	6 67	9	0.68	0.36	Lamelar
10	18 18	16 08	10 27	10	0.88	0.64	Cúbica
11	19 21	16 47	12 77	11	0.86	0.78	Cúbica
12	24 17	20 03	9 07	12	0.83	0.45	Lamelar
13	25 32	15 59	8 66	13	0.62	0.56	Cúbica
14	22 69	19 71	9 62	14	0.87	0.49	Lamelar
15	20 07	18 79	10 77	15	0.94	0.57	Cúbica
16	27 55	15 56	12 82	16	0.56	0.82	Cúbica
17	27 19	16 33	12 72	17	0.60	0.78	Cúbica
18	23 71	17 62	11 19	18	0.74	0.64	Cúbica
19	22 55	17 82	6 85	19	0.79	0.36	Lamelar
20	25 32	15 31	11 38	20	0.60	0.74	Cúbica
21	21 56	17 48	11 48	21	0.81	0.66	Cúbica
22	17 61	15 79	9 98	22	0.90	0.63	Cúbica
23	24 80	14 80	11 59	23	0.60	0.78	Cúbica
24	23 63	17 76	5 38	24	0.75	0.30	Lamelar
25	23 26	19 07	11 58	25	0.82	0.61	Cúbica
26	22 47	22 20	8 81	26	0.99	0.40	Lamelar
27	19 83	17 34	10 38	27	0.87	0.60	Cúbica
28	20 19	15 22	9 17	28	0.75	0.60	Cúbica
29	21 15	16 33	13 70	29	0.77	0.84	Cúbica
30	21 67	18 77	8 52	30	0.87	0.45	Lamelar
31	21 63	17 47	13 38	31	0.81	0.77	Cúbica
32	19 59	15 68	6 90	32	0.80	0.44	Lamelar
33	23 03	14 69	6 13	33	0.64	0.42	Lamelar
34	20 74	19 15	6 00	34	0.92	0.31	Lamelar
35	25 78	19 68	9 64	35	0.76	0.49	Lamelar
36	20 30	16 87	12 68	36	0.83	0.75	Cúbica
37	21 84	21 04	9 22	37	0.96	0.44	Lamelar
38	22 37	17 08	7 90	38	0.76	0.46	Lamelar
39	20 17	18 67	8 63	39	0.93	0.46	Lamelar
40	22 29	17 93	7 27	40	0.80	0.41	Lamelar

Média: 0.76 0.59

Classificação	Alongada Amostras	(%)
cúbicas	20	50
lamelar	18	45
alongada	2	5
alongada-lamelar	0	0
Total	40	



Júlio César de Souza
 Eng^o de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
 CREA/RS: 68.932 – D
 09/04/2012



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

RESULTADO DE ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-025. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de rocha félsica pouco anisotrópica, com estrutura que expressa formas tendentes à oblata e prolata distinguíveis pela granulometria dos cristais extensivamente supra milimétrica. Não se verificam planos de cisalhamento, nem silicificação. Essas porções félsicas revelam presenças de cor creme e branca acinzentada, sugestivas de K-feldspatos e plagioclásios, sendo os cristais dos primeiros, algo maiores, da ordem de até 3 a 5 mm. Algumas britas apresentam indícios de injeções ou recristalizações em dimensões superiores a 5 mm. Ênfase ao conteúdo bastante quartzoso das britas que se diferenciam pela maior presença de quartzo (cerca de 30%), K-feldspato (cerca de 60%) com cores creme e rósea; e maior pobreza em plagioclásio (cerca de 10%).

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:

Norma da ABNT NBR 7809/2006.

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Índice de forma:

Relação "c / e"

2,438 ± 0,895

CONCLUSÕES:

Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se que as amostras analisadas possuem índice de forma médio de 2,438%, abaixo do limite estabelecida para aplicações em concreto (3,0).

Júlio César de Souza
Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
09/04/2012



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

Do: Geólogo Evenildo Bezerra de Melo. CREA 4163-D-PE
A o: Dr. Júlio César de Souza
Ref.: Amostra sob investigação para retomada de pedra utilizada como brita (Amostra coletada e remetida pelo cliente)

Estudo Petrográfico em Amostras de Brita para Controle de Qualidade segundo normas NBR 15.777/2008 e 7211/2009.

Data: 24 / 02 / 2016

INTRODUÇÃO

Coletada pelo cliente foi encaminhada no mês de Janeiro / 2016, amostra de brita, cuja procedência é o Estado do Piauí.

Segundo informações transmitidas pelo Engenheiro de Minas Júlio César de Souza, a amostra ocorre em área de investigação da CPRM-PI, no Estado do Piauí.

O material foi catalogado com **Jan 16 Amostra PI 1** e **Jan 16 Amostra PI 2**

MATERIAL RECEBIDO

Foram recebidas amostras de brita, cujas dimensões maiores variam desde 1,0 cm até 2,5 cm, com predomínio em 2,0cm, o que significa brita 19mm, com variação desde 12mm até 25mm, correspondentes às atuais britas 2 e 3.

Tratam-se de representantes de tipos litológicos, genericamente aglutinados pelas predominâncias de cor clara (**LL-R-025**).

Todavia, as amostras escuras puderam ser divididas em três litotipos, diferenciadas por sua textura e composição mineral, conforme investigação procedida com apoio de lupa, inclusive binocular. Enfatiza-se que não foi possível investigação microscópica sob luz polarizada, dadas as dimensões das amostras.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

MACROSCOPIA

Tratam-se de rochas félsicas pouco anisotrópicas, produtoras de britas com estrutura que expressa formas tendentes à oblata e prolata, distinguíveis pela granulometria dos cristais extensivamente supramilimétrica.

Não há explicitude de marcadores de deformação, pois não se verificam planos de cisalhamento, nem silicificação.

As amostras são predominantemente constituídas por minerais félsicos.

Essas porções félsicas revelam presenças de cor creme e branca acinzentada, sugestivas de K-feldspatos e plagioclásios, sendo os cristais dos primeiros, algo maiores, da ordem de até 3 a 5 mm.

Algumas britas apresentam indícios de injeções ou recristalizações em dimensões superiores a 5 mm.

Estas britas não permitiram observar estiramento nem forma de sigmoides, o que pode ser explicado pela carência de micas.

Embora sem extensividade, há variações do brilho nas superfícies dos feldspatos, denunciando uma cintilância que pode apontar para alterações do tipo carbonatação.

Embora rara, há presença de mineral verde, mais granular do que tabular, sugestivamente epidoto, que a literatura associa com saussuritização e, também, com locais de cisalhamento, cuja investigação microscópica precisará ser procedida.

A ausência de minerais micáceos escuros, susceptíveis à oxidação e à hidratação, aponta para boas perspectivas contra a alterabilidade, reforçadas pela granulometria supramilimétrica dos cristais.

Todavia, as mesmas características incluem essas britas na perspectiva de limitação das resistências à compressão e ao impacto, sobretudo pela grande quantidade de quartzo.

Recomendável mapeamentos de detalhe nas frentes da pedreira para que sejam identificados e evitados os locais com possíveis cisalhamentos.

Por fim, a ênfase ao conteúdo bastante quartzoso das britas claras que se diferenciam pela maior presença de quartzo (cerca de 30%), K-feldspato (cerca de 60%) com cores creme e rósea, maior pobreza em plagioclásio (cerca de 10%).

Chama-se a atenção para a necessidade de procedimento de estudo em seções delgadas, alusivos à microscopia sob luz polarizada, na expectativa de melhor qualificar os litotipos do ponto de vista do objetivo de sua aplicação final em concretos.



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**

Esta iniciativa deva ser acompanhada pelo mapeamento de detalhe de corpos nos maciços rochosos com este litotipo, pois, conforme experiências, a reatividade do agregado graúdo, mais frequentemente procedente de rochas silicáticas, está vinculada com a composição química dos seus minerais, tanto primários como de alteração.

Os estudos de RAA – reação álcali-agregado - e RAS – reação álcali-silica, revelam a preocupação com a presença de silixitos, não raro associados com zonas de cisalhamento..

Portanto, a identificação da presença de sílica amorfa – opala, calcedônia ou ágata - associada ou não com zonas de cisalhamento, é fator orientador à busca do detalhamento.

Outrossim, há texturas em minerais essenciais resultantes de cristalização sob regime de deformação, como o exemplo da extinção ondulante no quartzo. Como o quartzo não possui clivagem resulta em microfissuramento mais acentuado e, portanto permeabilidade local, talvez interferente nos processos de reatividade da brita ou agregado graúdo.

Do exposto, há possibilidade de melhor quantificação da extinção ondulante do quartzo e associá-la com a susceptibilidade de minerais essenciais revelarem, ou desfiarem caminhos da alterabilidade. Nesta linha também se torna interessante a identificação das composições relativas dos plagioclásios, quanto aos conteúdos de Na_2O e CaO , o que resulta na alterabilidade / reatividade da brita.

Enfim, quando as britas revelarem indícios, é oportuno checar quanto à presença de silixito, necessariamente investigável.

CONCLUSÕES

Dependendo das recomendáveis investigações microscópicas sob luz polarizada, embasamento de estudo textural e petrográfico há alguns fatores merecedores de atenção:

- Há chances de alterabilidade das amostras, no que diz respeito à natureza estrutural do maciço rochoso, pois chama a atenção a quantidade de quartzo, cujos cristais são susceptíveis de deformação;
- Outras alterações precisam ser investigadas, sobretudo aquelas ligadas com a formação de minerais hidratados ou hidratáveis, como possíveis alterações para sericita;

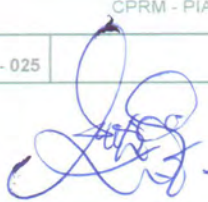

A handwritten signature in blue ink, consisting of several stylized, overlapping strokes.



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**

- A presença de alterações carbonáticas confere melhoria da resistência ao impacto, mas é preciso qualificar a alcalinidade da correspondente composição dos plagioclásios;
- A possibilidade da presença de silexito levanta riscos quanto à susceptibilidade de Reação Álcali-Silicato – RAS .


Evenildo Bezerra de Melo - Geólogo
Professor Associado 4 DEGEO/CTG/UFPE

TABELA- Massa mínima, por amostra de ensaio.				AMOSTRA PARA ABRASÃO "LOS ANGELES"							
Dimensão máxima característica do agregado - (mm)		Massa mínima da amostra de ensaio (kg)		AMOSTRA REDUZIDA, POR QUARTEAMENTO							
4,8		1,0		DIAMETRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO DO AGREGADO - mm							
9,5		5,0									
19,0		7,0		PESO AMOSTRA SECA - gramas		5.000,0					
25,4		10,0		SOMA DAS FRAÇÕES RETIDAS		16,0					
38,0		15,0		DIFERENÇA - gramas (%)		0,0					
50,0		20,0				ACEITA					
PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PENEIRAS DE MALHAS QUADRADAS ASTM											
SÉRIE PENEIRAS		PESO RETIDO PARCIAL	PESO QUE PASSA ACUMUL	% PASSANDO	% RETIDA		ESTUDO DAS POSSIBILIDADES DE ENQUADRAMENTO NA GRADUAÇÃO				
POLOU Nº	mm.				-	ACUMUL					
3 "	76,0	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0					
2 1/2 "	63,5	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0					
2 "	50,8	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0					
1 1/2 "	38,1	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0					
1 "	25,4	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0					
3/4 "	19,1	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0					
1/2 "	12,7	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0					
3/8 "	9,5	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0					
1/4 "	6,3	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0					
Nº 4	4,8	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0					
Nº 8	2,4	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0					
PARTÍCULAS ≤ 2,36 mm		16,0	PESO DA AMOSTRA								
FAIXA ENSAIADA		B	MASSA RETIDA DIAMETRO >1,7 mm		4256	VALOR DO ABRASÃO LOS ANGELES		14,88			
GRADUAÇÃO DA FAIXA	PENEIRAS DE ABERTURAS DE MALHAS QUADRADAS		PESOS DAS FRAÇÕES DE ACORDO COM AS FAIXAS								
	PASSA	RETIDO	A	B	C	D	E	F	G		
	3 "	2 1/2 "					2500±50				
	2 1/2 "	2 "					2500±50				
	2 "	1 1/2 "					5000±50	5000±25			
	1 1/2 "	1 "	1250±25					5000±25	5000±25		
	1 "	3/4 "	1250±25						5000±25		
	3/4 "	1/2 "	1250±25	2500±10							
	1/2 "	3/8 "	1250±25	2500±10							
	3/8 "	1/4 "			2500±10						
	1/4 "	Nº 4			2500±10						
	Nº 4	Nº 8				5000±10					
Nº DE ESFERAS DE AÇO			12	11	8	6	12	12	12		
MASSAS TOTAIS (gramas)			5000±25	5000±25	5000±25	5000±25	10000±100	10000±75	10000±50		
Nº ROTAÇÕES DO TAMBOR			500	500	500	500	1000	1000	1000		
PESO DA AMOSTRA INICIAL											
AMOSTRAS		CPRM - PIAUÍ				DATA:		05/02/16			
PROCEDENCIA:		Nº 1 (CLARA) LL - R - 025				OPERADOR:		REGISTRO			
						Garcia		6001			
				ENSAIO DE ABRASÃO "LOS ANGELES"				DNER ME - 035/98			
								Prop. DATA:			



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

DE: LABORATÓRIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

PARA: CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
SUPERINTENDÊNCIA DO PIAUÍ



Tipo 1



Tipo 2



Tipo 3

ASSUNTO:

Resultado de ensaios de Distribuição Granulométrica, Massa Específica Real e Aparente, Índices Físicos e Índice de Forma de amostras de agregado miúdo (brita), proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-031.

Recife, 29 de fevereiro de 2016

Júlio César de Souza
Eng^o de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
29/02/2016



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

PARECER TÉCNICO

Prezados Senhores,

Estamos enviando, nesta oportunidade, os resultados de análises de brita provenientes de rocha cristalina do Estado do Piauí encaminhada pela CPRM – Superintendência do Piauí.

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-031

AValiação DO RESULTADO DOS ENSAIOS TECNOLÓGICOS:

- A distribuição granulométrica indica um diâmetro médio (D_{50}) do material britado de cerca de $\frac{1}{2}$ " (12,5 mm) e uma presença de finos nas frações areia e argila de aproximadamente 0,08%.
- A densidade aparente do material britado foi de 1.450 ton/m³, valor esse compatível com as médias esperadas para esse tipo de material (britado). Comparando-se com a densidade do maciço rochoso, que é de 2.856 ton/m³ pode-se estimar um empolamento de cerca de 50%.
- O material britado apresentou um índice de forma médio de 2,17% indicando que o mesmo atenderá as especificações em relação a esse parâmetro (3,0% máximo) para aplicação em concretos.
- Os índices físicos do material mostraram valores de absorção aparente variando entre 0,180 e 0,207% e porosidade aparente de 0,514% indicando uma boa coesão do material rochoso.
- O desgaste abrasivo Los Angeles mostrou-se satisfatório apresentando um valor de 11 para a faixa B, atendendo os limites para aplicação em concreto (30%).
- O índice de forma do material britado apresentou com resultado uma forma predominantemente cúbica (80% das amostras) com relações médias $b/a = 0,71$ e $c/b = 0,69$. Foram encontradas também formas lamelar (7,5% das amostras), alongada (10% das amostras) e alongada-lamelar (2,5%).

Júlio César de Souza
Eng^o de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
29/02/2016



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

**RESULTADO DE ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE
APARENTE**

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-031. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de representantes de tipos litológicos, genericamente aglutinados pelas predominâncias de cor escura. Todavia, as amostras escuras (LL-R-031) puderam ser divididas em três litotipos, diferenciadas por sua textura e composição mineral. Trata-se de rochas anisotrópicas, produtoras de britas com estrutura que expressa forma oblata a oblato-prolata, distinguíveis extensivamente como matriz mais fina. Há localizadamente, tênue xistosidade. A matriz, predominantemente submilimétrica, é acinzentada escura, mas há indícios de materiais fêlsicos. Os três tipos presentes são classificados como: Tipo 1 (21% das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzodiorito a Quartzo monzodiorito finos e gnáissicos; Tipo 2 (56 % das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzo monzodiorito Granodiorito, inequigranular a porfirítico (Biotita >> hornblenda); Tipo 3 (23% das amostras) - Quartzo Sienito a Quartzo Monzo Sienito com variações para Sienogranito com enclaves Quartzo Monzosieníticos

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:

Norma ABNT NBR 7418.

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Porosidade aparente (%) **0,207%**

CONCLUSÕES:

Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se que o índice de material pulverulento é de 0,207%.

Júlio César de Souza
Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 - D
29/02/2016



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

RESULTADO DE ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES FÍSICOS

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-031. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de representantes de tipos litológicos, genericamente aglutinados pelas predominâncias de cor escura. Todavia, as amostras escuras (LL-R-031) puderam ser divididas em três litotipos, diferenciadas por sua textura e composição mineral. Trata-se de rochas anisotrópicas, produtoras de britas com estrutura que expressa forma oblata a oblato-prolata, distinguíveis extensivamente como matriz mais fina. Há localizadamente, tênue xistosidade. A matriz, predominantemente submilimétrica, é acinzentada escura, mas há indícios de materiais fêlsicos. Os três tipos presentes são classificados como: Tipo 1 (21% das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzodiorito a Quartzo monzodiorito finos e gnáissicos; Tipo 2 (56 % das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzo monzodiorito Granodiorito, inequigranular a porfirítico (Biotita >> hornblenda); Tipo 3 (23% das amostras) - Quartzo Sienito a Quartzo Monzo Sienito com variações para Sienogranito com enclaves Quartzo Monzosieníticos

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:


Norma ABNT NBR 7418

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Massa específica seca (g/cm ³)	2,856 ± 0,043
Massa específica saturada (g/cm ³)	2,862 ± 0,044
Porosidade (%)	0,514 ± 0,276
Absorção (%)	0,180 ± 0,095

CONCLUSÕES:

Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se que os índices físicos apresentam valores de massa específica variando de mediana a alta e índices de porosidade e absorção de água aparentes baixos.


Júlio César de Souza
Eng^o de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
29/02/2016



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

RESULTADO DE ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE
APARENTE

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-031. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de representantes de tipos litológicos, genericamente aglutinados pelas predominâncias de cor escura. Todavia, as amostras escuras (LL-R-031) puderam ser divididas em três litotipos, diferenciadas por sua textura e composição mineral. Trata-se de rochas anisotrópicas, produtoras de britas com estrutura que expressa forma oblata a oblato-prolata, distinguíveis extensivamente como matriz mais fina. Há localizadamente, tênue xistosidade. A matriz, predominantemente submilimétrica, é acinzentada escura, mas há indícios de materiais félsicos. Os três tipos presentes são classificados como: Tipo 1 (21% das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzodiorito a Quartzo monzodiorito finos e gnáissicos; Tipo 2 (56 % das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzo monzodiorito Granodiorito, inequigranular a porfirítico (Biotita >> hornblenda); Tipo 3 (23% das amostras) - Quartzo Sienito a Quartzo Monzo Sienito com variações para Sienogranito com enclaves Quartzo Monzosieníticos

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:

Norma ABNT NBR 725/1982

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Densidade aparente seca (ton /m³) 1,450 ± 0,011

CONCLUSÕES:

Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se a massa específica aparente situa-se em torno de 1,450 ton/m³, estando dentro dos resultados médios para britas empoladas.

Júlio César de Souza
Eng^o de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 - D
29/02/2016



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

RESULTADO DE ENSAIOS DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-031. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de representantes de tipos litológicos, genericamente aglutinados pelas predominâncias de cor escura. Todavia, as amostras escuras (LL-R-031) puderam ser divididas em três litotipos, diferenciadas por sua textura e composição mineral. Trata-se de rochas anisotrópicas, produtoras de britas com estrutura que expressa forma oblata a oblato-prolata, distinguíveis extensivamente como matriz mais fina. Há localizadamente, tênue xistosidade. A matriz, predominantemente submilimétrica, é acinzentada escura, mas há indícios de materiais félsicos. Os três tipos presentes são classificados como: Tipo 1 (21% das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzodiorito a Quartzo monzodiorito finos e gnáissicos; Tipo 2 (56 % das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzo monzodiorito Granodiorito, inequiangular a porfirítico (Biotita >> hornblenda); Tipo 3 (23% das amostras) - Quartzo Sienito a Quartzo Monzo Sienito com variações para Sienogranito com enclaves Quartzo Monzosieníticos

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:

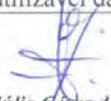
Normas ABNT NBR 7.211/2005.

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Diâmetro médio (D_{50}): 12,5 mm

CONCLUSÕES:

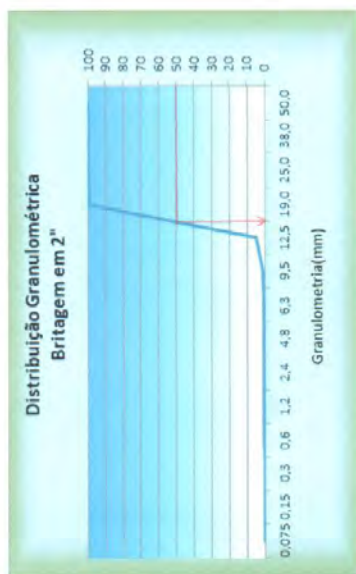
Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se que o material tem uma distribuição granulométrica com diâmetro médio (D_{50}) de $\frac{1}{2}$ " (12,5 mm) e diâmetro máximo também de $\frac{1}{2}$ " (12,5 mm). A distribuição granulométrica é apresentada a seguir. A presença de finos na fração areia e argila (< 4,75 mm) na amostra ensaiada ascendeu a cerca de 0,08%. A curva granulométrica do material está fora dos limites ótimo e utilizável da norma NBR 7211 para brita 1.


Júlio César de Souza
Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 - D
29/02/2016

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE BRITA - AMOSTRA LL-R-031

Granulometria (mm)	Retido (g)	Passante (g)	% retido	% passante	Retido acumulado	Passante acumulado
50,0	0	5032	0,00	100,00	0,00	100,00
38,0	0	5032	0,00	100,00	0,00	100,00
25,0	0	5032	0,00	100,00	0,00	100,00
19,0	33	4999	0,66	99,34	0,66	99,34
12,5	4750	249	94,39	4,95	95,05	4,95
9,5	201	48	4,00	0,95	99,05	0,95
6,3	45	3	0,89	0,06	99,94	0,06
4,8	0	3	0,00	0,06	99,94	0,06
2,4	0	3	0,00	0,06	99,94	0,06
1,2	1	2	0,01	0,04	99,96	0,04
0,6	0	2	0,01	0,03	99,97	0,03
0,3	0	1	0,01	0,03	99,97	0,03
0,15	0	1	0,01	0,02	99,98	0,02
0,075	1	0	0,02	0,00	100,00	0,00
<0,075	0	0	0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL	5032	5032	100,00			

Granulometria	Acumulado
50,0	100,00
38,0	100,00
25,0	100,00
19,0	99,34
12,5	4,95
9,5	0,95
6,3	0,06
4,8	0,06
2,4	0,06
1,2	0,04
0,6	0,03
0,3	0,03
0,15	0,02
0,075	0,00
	0,00

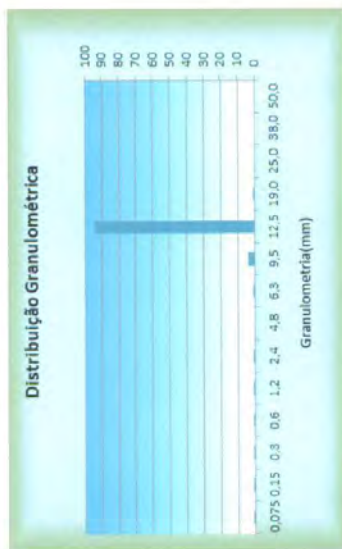



Júlio César de Souza
 Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
 CREA/RS: 68.932 - D
 09/04/2012

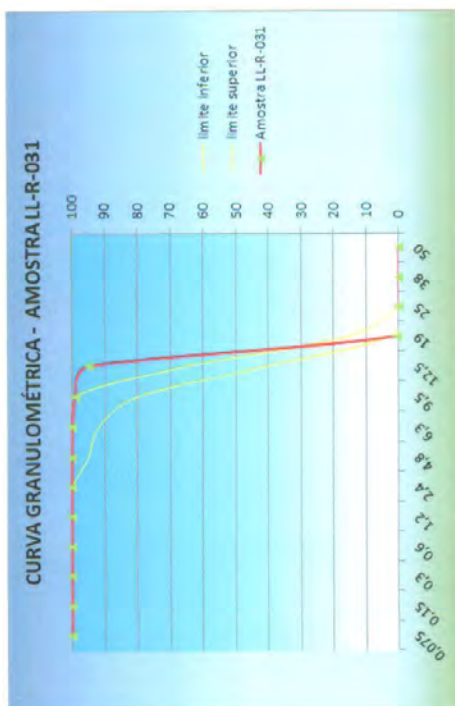
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE BRITA - AMOSTRA LU-R-031

Granulometria (mm)	Retido (g)	Passante (g)	% retido	% passante	Retido acumulado	Passante acumulado
50,0	0	5032	0,00	100,00	0,00	100,00
38,0	0	5032	0,00	100,00	0,00	100,00
25,0	0	5032	0,00	100,00	0,00	100,00
19,0	33	4999	0,66	99,34	0,66	99,34
12,5	4750	249	94,39	4,95	95,05	4,95
9,5	201	48	4,00	0,95	99,05	0,95
6,3	45	3	0,89	0,06	99,94	0,06
4,8	0	3	0,00	0,06	99,94	0,06
2,4	0	3	0,00	0,06	99,94	0,06
1,2	1	2	0,01	0,04	99,96	0,04
0,6	0	2	0,01	0,03	99,97	0,03
0,3	0	1	0,01	0,03	99,97	0,03
0,15	0	1	0,01	0,02	99,98	0,02
0,075	1	0	0,02	0,00	100,00	0,00
<0,075	0	0	0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL	5032	5032	100,00			

Granulometria	Percentual
50,0	0,00
38,0	0,00
25,0	0,00
19,0	0,66
12,5	94,39
9,5	4,00
6,3	0,89
4,8	0,00
2,4	0,00
1,2	0,01
0,6	0,01
0,3	0,01
0,15	0,01
0,075	0,02
	0,00



Júlio César de Souza
 Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
 CREA/RS: 68.932 – D
 09/04/2012



Peneira	Limites		Amostra
	Inferior	Superior	
50,00	0,00	0,00	0,00
38,00	0,00	0,00	0,00
25,00	0,00	0,00	0,00
19,00	2,00	15,00	0,66
12,50	40,00	65,00	95,05
9,50	80,00	100,00	99,05
6,30	92,00	100,00	99,94
4,80	95,00	100,00	99,94
2,40	100,00	100,00	99,94
1,20	100,00	100,00	99,96
0,60	100,00	100,00	99,97
0,30	100,00	100,00	99,97
0,15	100,00	100,00	99,98
0,08	100,00	100,00	100,00

Júlio César de Souza
 Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
 CREA/RS: 68.932 – D
 09/04/2012



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

RESULTADO DE ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-031. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de representantes de tipos litológicos, genericamente aglutinados pelas predominâncias de cor escura. Todavia, as amostras escuras (LL-R-031) puderam ser divididas em três litotipos, diferenciadas por sua textura e composição mineral. Trata-se de rochas anisotrópicas, produtoras de britas com estrutura que expressa forma oblata a oblato-prolata, distinguíveis extensivamente como matriz mais fina. Há localizadamente, tênue xistosidade. A matriz, predominantemente submilimétrica, é acinzentada escura, mas há indícios de materiais félsicos. Os três tipos presentes são classificados como: Tipo 1 (21% das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzodiorito a Quartzo monzodiorito finos e gnáissicos; Tipo 2 (56 % das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzo monzodiorito Granodiorito, inequigranular a porfirítico (Biotita >> hornblenda); Tipo 3 (23% das amostras) - Quartzo Sienito a Quartzo Monzo Sienito com variações para Sienogranito com enclaves Quartzo Monzosieníticos

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:

Norma da ABNT NBR 6954/1990.

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Índice de forma:

Relações (médias):

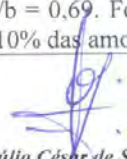
a/b:	0,71
b/c:	0,69

Classificação:

cúbica

CONCLUSÕES:

Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se que as amostras analisadas possuem forma predominantemente cúbica (80% das amostras) com relações médias $b/a = 0,71$ e $c/b = 0,69$. Foram encontradas também formas lamelar (7,5% das amostras), alongada (10% das amostras) e alongada-lamelar (2,5%).


Júlio César de Souza
Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 – D
09/04/2012

Índice forma			
ABNT = NBR 6954/90			
forma (mm)			
Amostra	a	b	c
1	38,35	17,65	12,34
2	40,06	20,49	14,03
3	40,91	17,21	11,64
4	33,32	22,75	13,55
5	27,41	16,00	13,92
6	39,61	16,07	8,34
7	25,66	19,44	15,40
8	30,19	19,97	14,15
9	26,96	18,16	14,69
10	33,25	16,37	12,52
11	30,27	21,05	7,55
12	25,71	18,70	15,90
13	15,65	15,14	13,32
14	28,09	20,42	13,97
15	20,50	20,50	15,11
16	23,16	19,91	15,47
17	24,40	18,36	9,86
18	31,64	23,37	13,30
19	31,38	19,76	17,80
20	29,41	21,46	10,93
21	21,39	17,92	12,48
22	27,03	15,08	13,62
23	28,03	17,86	16,33
24	22,36	16,16	12,13
25	22,60	17,21	13,61
26	25,65	24,93	8,99
27	24,77	20,51	12,03
28	22,23	18,82	10,08
29	27,33	18,50	15,90
30	30,24	13,53	11,41
31	26,19	21,92	12,58
32	19,48	16,25	9,79
33	26,70	16,10	10,74
34	26,92	18,50	13,12
35	23,52	17,86	12,54
36	26,12	23,03	17,33
37	33,57	17,09	7,18
38	30,58	24,45	16,54
39	26,95	23,33	11,96
40	26,59	19,81	15,10

Relações	b/a	c/b	Forma
1	0,46	0,70	Alongada
2	0,51	0,68	Cúbica
3	0,42	0,68	Alongada
4	0,68	0,60	Cúbica
5	0,58	0,67	Cúbica
6	0,43	0,49	Alongada-Lamelar
7	0,76	0,79	Cúbica
8	0,66	0,71	Cúbica
9	0,67	0,81	Cúbica
10	0,49	0,76	Alongada
11	0,70	0,36	Lamelar
12	0,73	0,85	Cúbica
13	0,97	0,88	Cúbica
14	0,73	0,68	Cúbica
15	1,00	0,74	Cúbica
16	0,86	0,78	Cúbica
17	0,75	0,54	Cúbica
18	0,74	0,57	Cúbica
19	0,63	0,90	Cúbica
20	0,73	0,51	Cúbica
21	0,84	0,70	Cúbica
22	0,56	0,90	Cúbica
23	0,64	0,91	Cúbica
24	0,72	0,75	Cúbica
25	0,76	0,79	Cúbica
26	0,97	0,36	Lamelar
27	0,83	0,59	Cúbica
28	0,85	0,54	Cúbica
29	0,68	0,86	Cúbica
30	0,45	0,84	Alongada
31	0,84	0,57	Cúbica
32	0,83	0,60	Cúbica
33	0,60	0,67	Cúbica
34	0,69	0,71	Cúbica
35	0,76	0,70	Cúbica
36	0,88	0,75	Cúbica
37	0,51	0,42	Lamelar
38	0,80	0,68	Cúbica
39	0,87	0,51	Cúbica
40	0,75	0,76	Cúbica

Média 0,71 0,69

Classificação	Alongada	
	Amostras	(%)
cúbicas	32	80
lamelar	3	7,5
alongada	4	10
alongada-lamelar	1	2,5
Total	40	



Júlio César de Souza
Eng° de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 - D
09/04/2012



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

RESULTADO DE ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA

ROCHA: Rocha granítica cinza proveniente do Estado do Piauí, denominada LL-R-031. Projeto DEREM 4293.710

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

Trata-se de representantes de tipos litológicos, genericamente aglutinados pelas predominâncias de cor escura. Todavia, as amostras escuras (LL-R-031) puderam ser divididas em três litotipos, diferenciadas por sua textura e composição mineral. Trata-se de rochas anisotrópicas, produtoras de britas com estrutura que expressa forma oblata a oblato-prolata, distinguíveis extensivamente como matriz mais fina. Há localizadamente, tênue xistosidade. A matriz, predominantemente submilimétrica, é acinzentada escura, mas há indícios de materiais félsicos. Os três tipos presentes são classificados como: Tipo 1 (21% das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzodiorito a Quartzo monzodiorito finos e gnáissicos; Tipo 2 (56 % das amostras) - Biotita-hornblenda Quartzo monzodiorito Granodiorito, inequigranular a porfirítico (Biotita >> hornblenda); Tipo 3 (23% das amostras) - Quartzo Sienito a Quartzo Monzo Sienito com variações para Sienogranito com enclaves Quartzo Monzosieníticos

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO:

Norma da ABNT NBR 7809/2006.

RESULTADO DOS ENSAIOS:

Índice de forma:
Relação "c / e" 2,174 ± 0,720

CONCLUSÕES:

Pelos resultados dos ensaios realizados conclui-se que as amostras analisadas possuem índice de forma médio de 2,174%, abaixo do limite estabelecida para aplicações em concreto (3,0).

Júlio César de Souza
Engº de Minas, Prof. DEMINAS/UFPE
CREA/RS: 68.932 - D
09/04/2012



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

Do: Geólogo Evenildo Bezerra de Melo. CREA 4163-D-PE
A o: Dr. Júlio César de Souza
Ref.: Amostra sob investigação para retomada de pedra utilizada como brita (Amostra coletada e remetida pelo cliente)

Estudo Petrográfico em Amostras de Brita para Controle de Qualidade segundo normas NBR 15.777/2008 e 7211/2009.

Data: 24 / 02 / 2016

INTRODUÇÃO

Coletada pelo cliente foi encaminhada no mês de Janeiro / 2016, amostra de brita, cuja procedência é o Estado do Piauí.

Segundo informações transmitidas pelo Engenheiro de Minas Júlio César de Souza, a amostra ocorre em área de investigação da CPRM-PI, no Estado do Piauí.

O material foi catalogado com **Jan 16 Amostra PI 1** e **Jan 16 Amostra PI 2**

MATERIAL RECEBIDO

Foram recebidas amostras de brita, cujas dimensões maiores variam desde 1,0 cm até 2,5 cm, com predomínio em 2,0 cm, o que significa brita 19 mm, com variação desde 12 mm até 25 mm, correspondentes às atuais britas 2 e 3.

Trata-se de representantes de tipos litológicos, genericamente aglutinados pelas predominâncias de cor escura (amostra LL-R-031) e clara (amostra LL-R-025).

Todavia, as amostras escuras (LL-R-031) puderam ser divididas em três litotipos, diferenciadas por sua textura e composição mineral, conforme investigação procedida com apoio de lupa binocular. Enfatiza-se que não foi possível à investigação microscópica sob luz polarizada, dadas às dimensões das amostras.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

MACROSCOPIA

Tratam-se de rochas anisotrópicas, produtoras de britas com estrutura que expressa forma oblata a oblato-prolata, distinguíveis extensivamente como matriz mais fina. Há localizadamente, tênue xistosidade.

Não há confiabilidade para determinação de marcadores de deformação

A matriz, predominantemente submilimétrica, é acinzentada escura, mas há indícios de materiais félsicos.

Essas porções félsicas revelam presenças de cor creme e branca acinzentada, sugestivas de K-feldspatos e plagioclásios, sendo os cristais dos primeiros, algo maiores, da ordem de até 3 a 5 mm.

Quanto às dimensões dos cristais, centimétricos são os mais presentes, na matriz e nas injeções, respectivamente.

Algumas britas permitiram observar estiramento e forma de sigmoides, mas a preocupação é com a presença de silixito com espessura milimétrica.

Há variações no brilho nas superfícies dos feldspatos, denunciando uma cintilância que pode apontar para alterações do tipo carbonatação.

A presença de mineral verde, textura granular sugere a presença de epidoto, não raro associado, na literatura, com saussuritização, que precisa ser investigada através da microscopia.

A presença de minerais micáceos escuros, susceptíveis à oxidação e à hidratação, aponta para perspectivas de alterabilidade, dado que, todavia não se observa nas britas, aparentemente sem presença de manchamentos.

Outrossim, a granulometria milimétrica a submilimétrica de alguns minerais, especialmente as micas e os plagioclásios deve estimular processos de alterabilidade, embora, também as inclua na perspectiva de boa resistência à compressão.

É recomendável o mapeamento de detalhe nas frentes da pedreira para que sejam identificados e evitados os locais com possíveis cisalhamentos.

Como estímulo ao detalhamento supracitado, há o favorecimento à resistência e coesão do material graças à anisotropia nas britas e presença de mica e anfibólio. Naturalmente, destaque para os litotipos com subordinação quantitativa do quartzo.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke.



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**

RESULTADO DA TRIAGEM DO MATERIAL RECEBIDO

Procedida a triagem, resumiram-se três tipos de rochas, na tabela seguinte:

Litotipos identificados a partir da triagem na amostra LL-R-031		
Tipo 1	21% das amostras	Biotita-hornblenda Quartzodiorito a Quartzozonodiorito finos e gnáissicos
Tipo 2	56 % das amostras	Biotita-hornblenda Quartzozonodiorito Granodiorito, inequigranular a porfírico (Biotita >> hornblenda)
Tipo 3	23% das amostras	Quartzozonodiorito a Quartzozonodiorito com variações para Sienogranito com enclaves Quartzozonodioríticos.

Na expectativa de compreender as composições mineralógicas modais apresenta-se, na tabela seguinte, o resumo de informações obtidas com uso de lupa binocular, ao se analisarem cerca de cem amostras de britas de cor escura.

Tipo	Quartzo	Plag	K-felds	Máficos	Opacos	Hornb	Biotita
1	5%	50%	<5 %	40 %	2% (?)	11%	22 %
2	20%	40%	15 %	25 %	2% (?)	8%	15 %
3	25%	30%	30 %	15 %	1% (?)	4%	10 %

Por oportuno, chama-se a atenção para a necessidade de procedimento de estudo em seções delgadas, alusivos à microscopia sob luz polarizada, na expectativa de melhor qualificar os litotipos do ponto de vista do objetivo de sua aplicação final em concretos.

As experiências têm mostrado que a reatividade do agregado graúdo, mais frequentemente procedente de rochas silicáticas, está vinculada com a composição química dos seus minerais, tanto primária como de alteração.

O exemplo deflagrador dos estudos de RAA – reação álcali-agregado - e RAS – reação álcali-silica mostraram a preocupação com a presença de silixitos, não raro associados com zonas de cisalhamento..

Portanto, a identificação da presença de silica amorfa – opala, calcedônia ou ágata - associada ou não com zonas de cisalhamento, é fator orientador à busca do detalhamento.

Outrossim, há texturas em minerais essenciais associadas ou resultantes de cristalização sob regime de deformação, como o exemplo da extinção ondulante no quartzo. Como o quartzo não possui clivagem resulta em microfissuramento mais acentuado e, portanto permeabilidade local, talvez interferente nos processos de reatividade da brita ou agregado graúdo.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

Do exposto, à possibilidade de maior a quantificação da extinção ondulante do quartzo, as texturas de inclusão de minerais mais susceptíveis também se torna essencial a identificação das composições relativas dos plagioclásios, quanto aos conteúdos de Na_2O e CaO , o que resulta na alterabilidade / reatividade da brita.



Enfim, as britas revelaram presença de silexito, dado que precisa ser investigado em amostras localizadas na pedreira e representativas do litotipo estudado.

CONCLUSÕES

Dependendo das recomendáveis investigações microscópicas sob luz polarizada, embasamento de estudo textural e petrográfico há alguns fatores merecedores de atenção:

- Há chances de retardo da alterabilidade das amostras, no que diz respeito à natureza dos minerais ferromagnesianos, graças à quase ausência de manchamentos;
- Outras alterações precisam ser investigadas, sobretudo aquelas ligadas com a formação de minerais hidratados ou hidratáveis;;
- A granulometria média a fina dos minerais deve apontar para favorecimento à resistência à compressão e a presença dos minerais com clivagem deve contribuir com a resistência ao impacto da brita
- A presença de alterações carbonáticas confere melhoria da resistência ao impacto, mas é preciso qualificar a alcalinidade da correspondente composição dos plagioclásios ;
- A presença de silexito levanta riscos a possibilidade de Reação Álcali-Silicato – RAS.


Evenildo Bezerra de Melo - Geólogo
Professor Associado 4 DEGEO/CTG/UFPE 

TABELA- Massa mínima, por amostra de ensaio.				AMOSTRA PARA ABRASÃO "LOS ANGELES"									
Dimensão máxima característica do agregado - (mm)		Massa mínima da amostra de ensaio (kg)		AMOSTRA REDUZIDA, POR QUARTEAMENTO									
4,8		1,0		DIAMETRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO DO AGREGADO - mm									
9,5		5,0											
19,0		7,0											
25,4		10,0		PESO AMOSTRA SECA - gramas		5.000,0							
38,0		15,0		SOMA DAS FRAÇÕES RETIDAS		16,0							
50,0		20,0		DIFERENÇA - gramas (%)		0,0							
						ACEITA							
PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PENEIRAS DE MALHAS QUADRADAS ASTM													
SÉRIE PENEIRAS		PESO RETIDO PARCIAL	PESO QUE PASSA ACUMUL.	% PASSAND O	% RETIDA		ESTUDO DAS POSSIBILIDADES DE ENQUADRAMENTO NA GRADUAÇÃO						
POL OU Nº	mm				-	ACUMUL.			DIAMETROS		PESOS - g	GRADUAÇÃO	
3 "	76,0	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0	FRAÇÕES PROVÁVEIS OBTIDAS	3 "	2 1/2 "	0			
2 1/2 "	63,5	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0		2 1/2 "	2 "	0			
2 "	50,8	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0		2 "	1 1/2 "	0			
1 1/2 "	38,1	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0		1 1/2 "	1 "	0			
1 "	25,4	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0		1 "	3/4 "	0			
3/4 "	19,1	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0		3/4 "	1/2 "	0			
1/2 "	12,7	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0		1/2 "	3/8 "	0			
3/8 "	9,5	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0		3/8 "	1/4 "	0			
1/4 "	6,3	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0		1/4 "	Nº 4	0			
Nº 4	4,8	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0		Nº 4	Nº 8	0			
Nº 8	2,4	0,0	16,0	100,0	0,0	0,0							
PARTÍCULAS ≤ 2,36 mm		16,0		PESO DA AMOSTRA									
FAIXA ENSAIADA		B	MASSA RETIDA DIAMETRO >1.7 mm		4450			VALOR DO ABRASÃO LOS ANGELES		11,00			
GRADUAÇÃO DA FAIXA		PENEIRAS DE ABERTURAS DE MALHAS QUADRADAS		PESOS DAS FRAÇÕES DE ACORDO COM AS FAIXAS									
		PASSA	RETIDO	A	B	C	D	E	F	G			
3 "		2 1/2 "						2500±50					
2 1/2 "		2 "						2500±50					
2 "		1 1/2 "						5000±50	5000±25				
1 1/2 "		1 "	1250±25						5000±25	5000±25			
1 "		3/4 "	1250±25							5000±25			
3/4 "		1/2 "	1250±25	2500±10									
1/2 "		3/8 "	1250±25	2500±10									
3/8 "		1/4 "			2500±10								
1/4 "		Nº 4			2500±10								
Nº 4		Nº 8					5000±10						
Nº DE ESFERAS DE AÇO		12	11	8	6	12	12	12					
MASSAS TOTAIS (gramas)		5000±25	5000±25	5000±25	5000±25	10000±100	10000±75	10000±50					
Nº ROTAÇÕES DO TAMBOR		500	500	500	500	1000	1000	1000					
PESO DA AMOSTRA INICIAL													
AMOSTRAS		OPRM - PIAUI						DATA: 05/02/16					
PROCEDENCIA:		Nº 2 (ESCURA) LL - R - 031				OPERADOR: Garcia		REGISTRO: 6002					
						ENSAIO DE ABRASÃO "LOS ANGELES "							
						DNER ME - 035/98						Prop. DATA:	

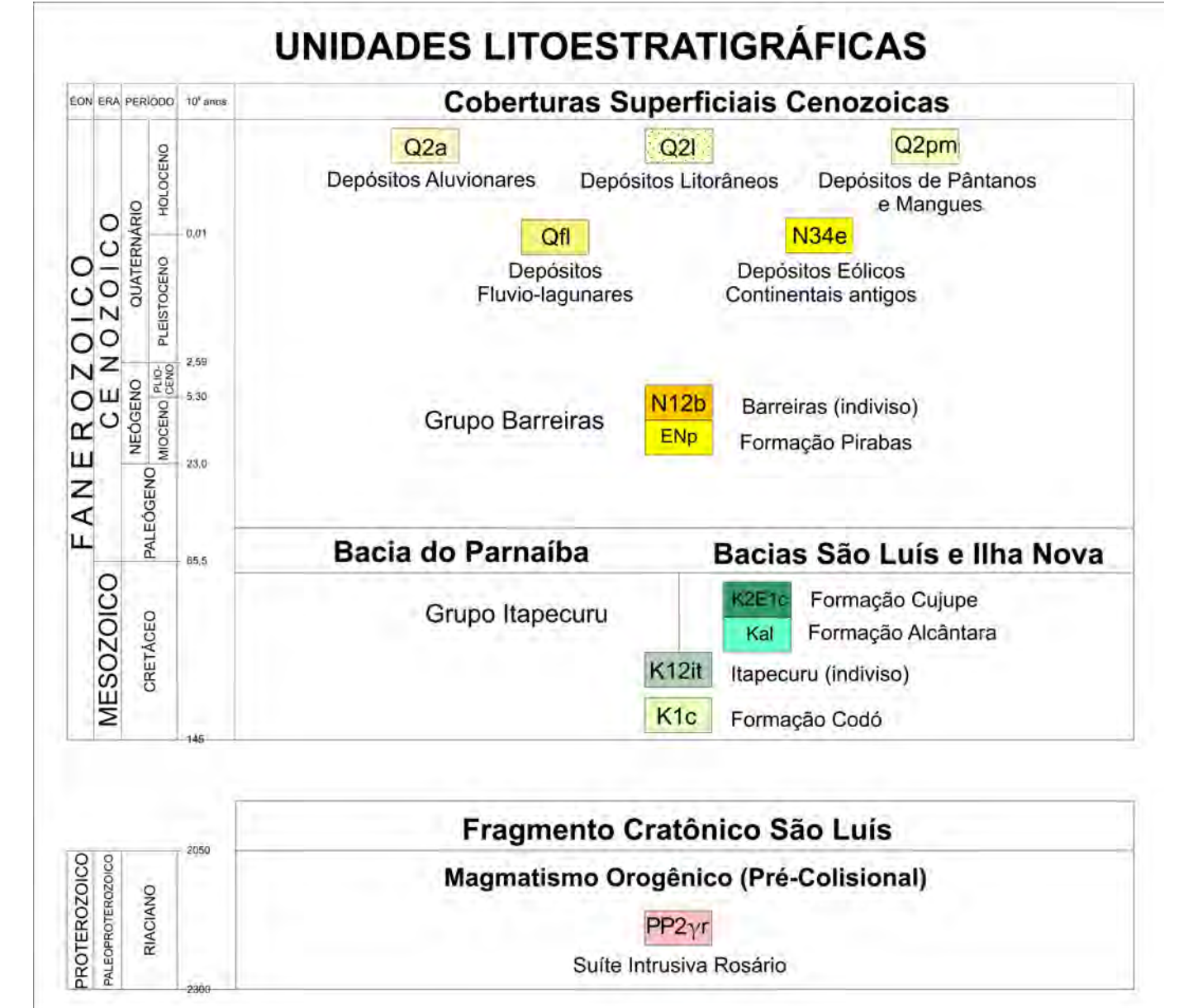
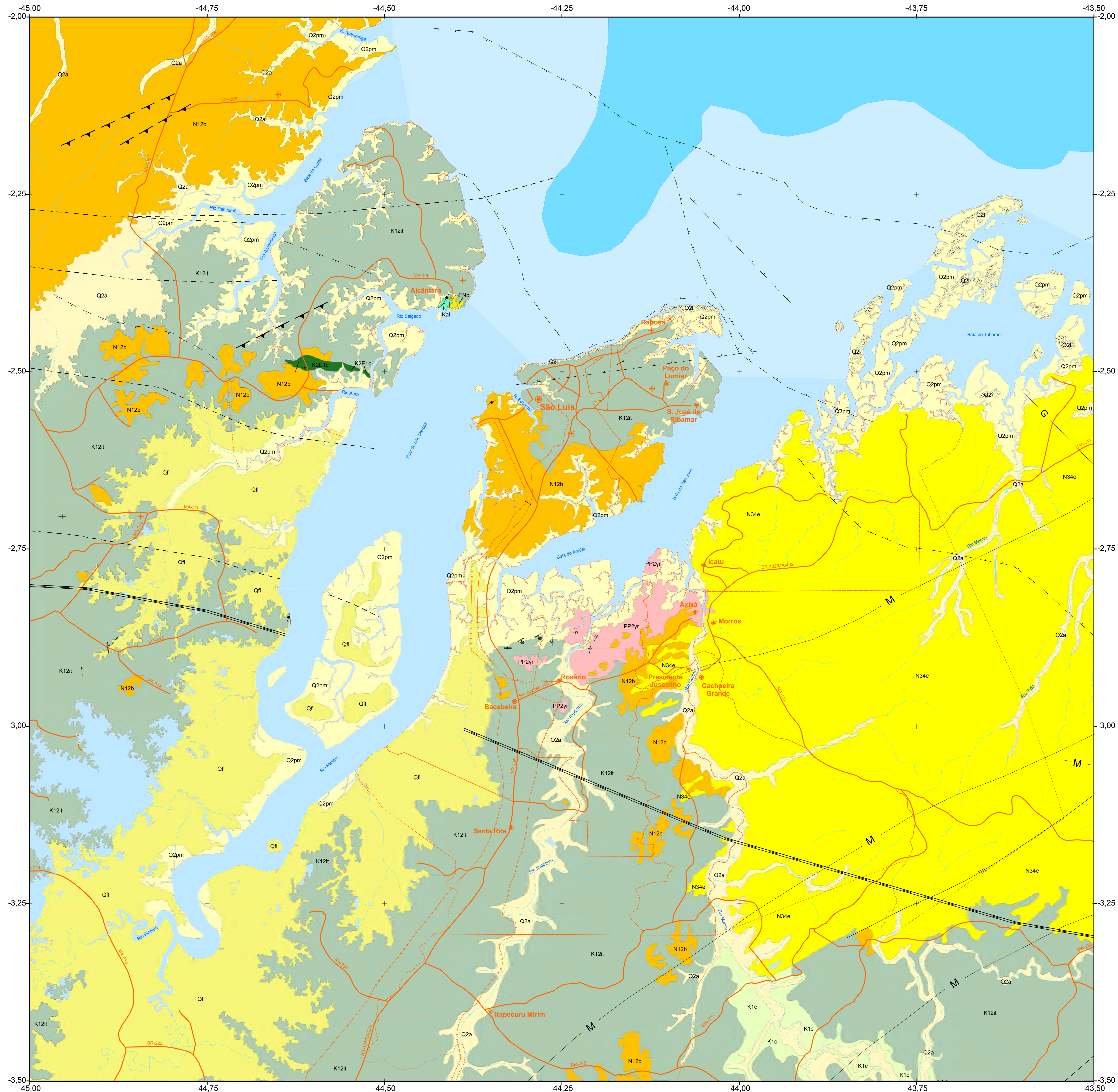
Ensaio	LL-R031 (Escura)	LL-R-025 A (clara + grossa)	LL-R-025 (clara + fina)
Massa Específica Aparente	1,450 ± 0,011	1,456 ± 0,006	1,343 ± 0,007
Massa Específica Real Seca	2,856 ± 0,043	2,789 ± 0,051	
Massa Específica Real Saturada	2,862 ± 0,044	2,794 ± 0,050	
Absorção de Água	0,180 ± 0,095	0,177 ± 0,060	
Porosidade Aparente	0,514 ± 0,276	0,495 ± 0,169	
Absorção Aparente (NBR 7418)	0,207 ± 0,110	0,192 ± 0,074	
Índice de Forma (NBR 7809) (Relação)	2,174 ± 0,720	2,438 ± 0,895	
D _{máximo}	12,50 mm	12,5	12,5
D ₅₀	12,50 mm	12,5	9,5
% < 4,75 mm (areia)	0,06%	0,25%	6,24%
% < 0,075 mm (argila)	0,02%	0,19%	0,41%

ANEXO V

MAPA GEOLÓGICO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

MAPA GEOLÓGICO
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
PROJETO MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DA REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO

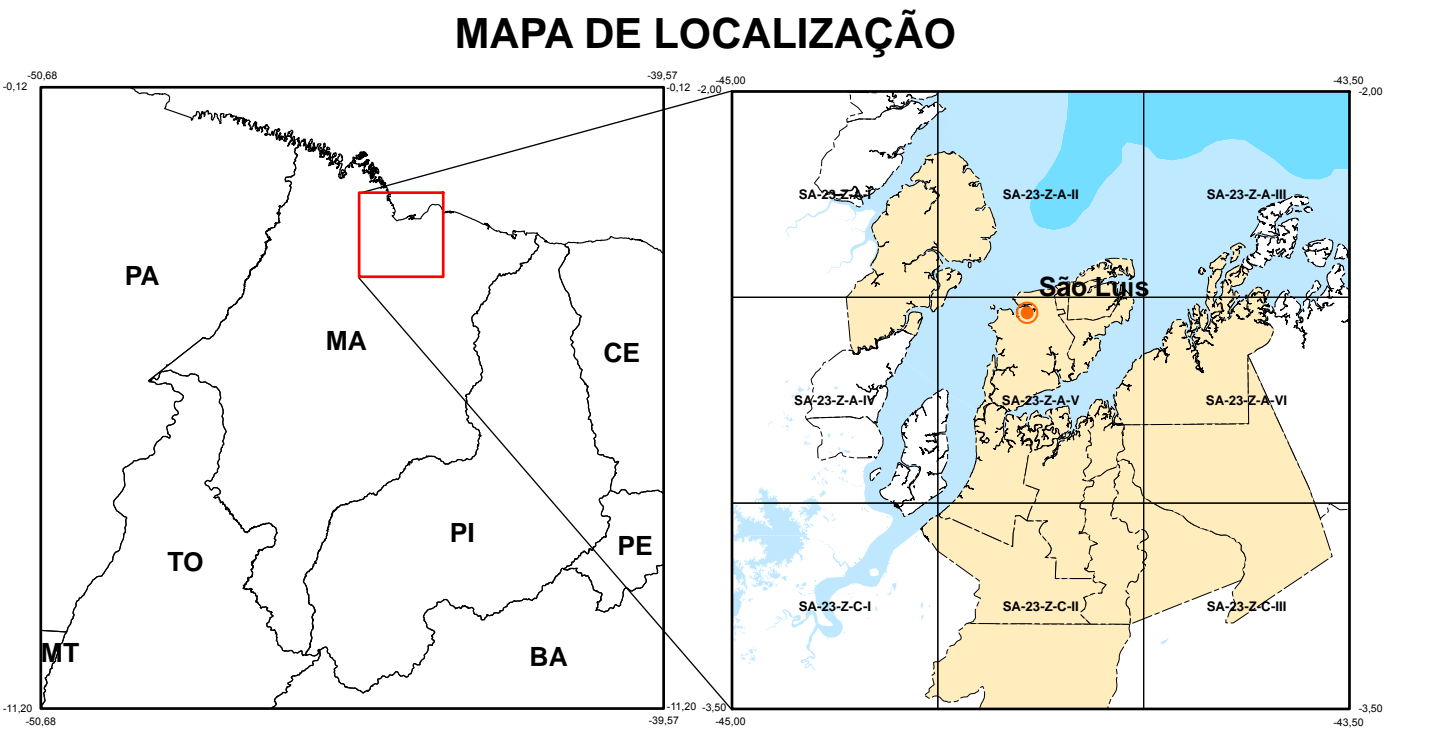


- Coberturas Superficiais Cenozoicas**
- Q2a** Depósitos Aluvionares: areias, pelitos e cascalhos de depósitos fluviais recentes.
 - Q2i** Depósitos Litorâneos: areias quartzosas de ambientes transicionais costeiros (dunas costeiras, praias, planície arenosa e cordões litorâneos antigos).
 - Q2pm** Depósitos de Pântanos e Mangues: siltes e argilas não adensados, maciços e bioturbados.
 - Qfl** Depósitos Flúvio-lagunares: argilas adensadas com areia fina disseminada, maciços e localmente bioturbadas.
 - N34e** Depósitos Eólicos Continentais Antigos: areias quartzosas, granulometria fina a média, bem selecionadas, maduras com estruturas *gram fall* e estratificação cruzada de baixo ângulo.
 - N12b** Grupo Barreiras (divisão): arenitos, arenitos ferruginosos, cascalhos, sedimentos areno-argilosos; ambiente continental a transicional, depositados em sistemas fluviais, canais de maré e planícies de inundação.
 - Enp** Formação Pirabas: calcários fossilíferos, argilas e níveis de conglomerados; ambiente plataforma costeira e de vales estuarinos incisos.

- Bacias São Luís e Ilha Nova**
- K12it** Formação Cuijpe: arenitos cauliniticos, conglomerados intratrocacionais e pelitos; ambiente de canal de maré, baía de inframaré, barra de maré, planície e delta de maré.
 - K1c** Formação Alcântara: arenitos, pelitos e, subordinadamente, calcários e conglomerados; ambiente de canal de maré *shoreface*, *foreshore* e lagunar influenciado por tempestades.

- Bacia do Parnaíba**
- K12it** Grupo Itapecuru (divisão): arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos, com níveis pelíticos; ambiente de sinclise, lagunar, canal fluvial e de maré.
 - K1c** Formação Codó: arenitos, lentes de calcarenitos e calcilitos, e pelitos intercalados; ambiente lacustre com influência marinha.

- Fragmento Cratônico São Luís**
- Magmatismo Orogênico (Pré-Colisional)**
- PP2yr** Suíte Intrusiva Rosário: tonalitos, granodioritos, quartzo-dioritos e granitos cálcio-alcalinos de arcos de ilha. Maciços, foliados e miloníticos.



- Convenções Geológicas**
- + Camada Horizontalizada
 - / Camada com Mergulho Medido
 - Contato geológico
 - \ Foliação Milonítica Foto Interpretada
 - + Foliação Milonítica Vertical a Subvertical
 - \ Foliação Milonítica com Mergulho Medido
 - ↕ Junta Vertical
 - ± Minidobra Simétrica, Chameira com Caimento Medido
 - Paleocorrente
 - G- Lineamento gravimétrico
 - M- Lineamento magnético
 - == Alto Estrutural
 - ▲ Falha contracional encoberta
 - Falha extensional encoberta
 - - Falha transcorrente dextral encoberta
 - Falha transcorrente sinistral
- Convenções Cartográficas**
- Rodovia
 - Ferrovia
 - Hidrografia
 - ⊕ Aeroporto Internacional
 - ✈ Aerodromo
 - ⊙ Porto
 - ⊙ Capital estadual
 - ⊙ Cidade
 - Divisão Municipal
 - Área do Projeto
- Convenções da Área Oceânica**
- 0 - 25 metros
 - 25 - 50 metros
 - 50 - 75 metros



CRÉDITO

Autores: Liliane Lavoura Bueno Sachs
 Klaryanna Cabral Alcantara
 Vanildo Almeida Mendes

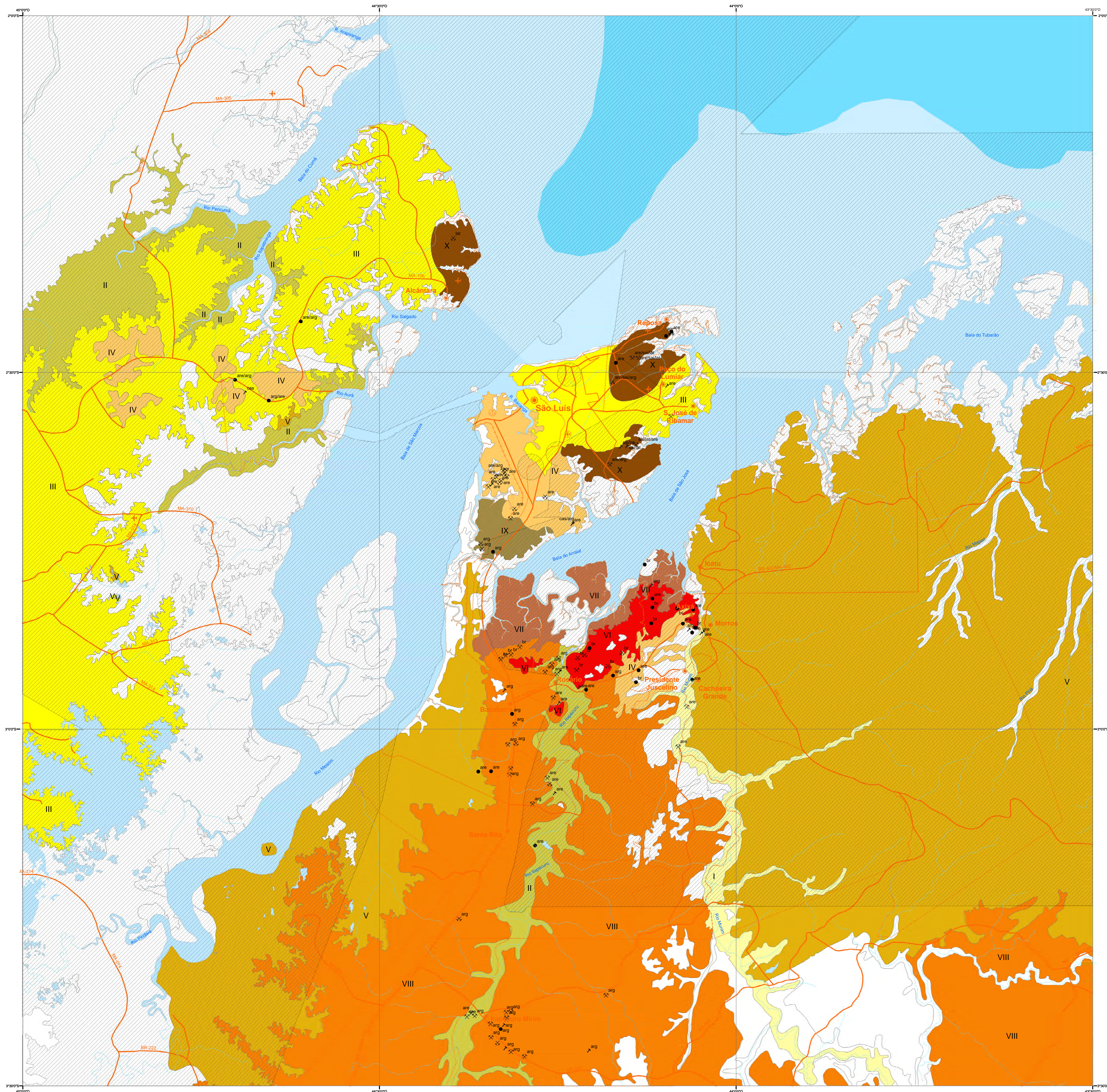
Cartografia digital: Liliane Lavoura Bueno Sachs

ANEXO VI

MAPA DE POTENCIALIDADES MINERAIS E ZONAS DE PRESERVAÇÃO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

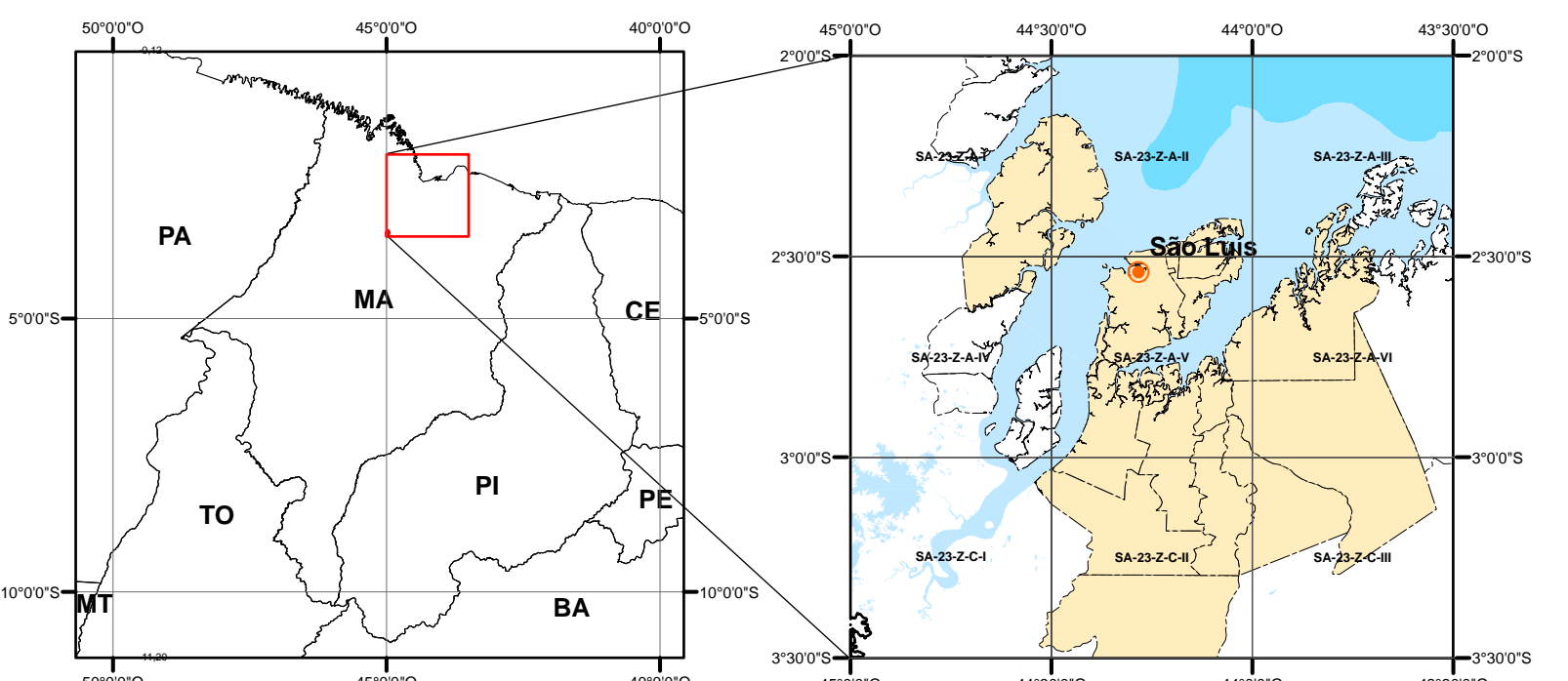
MAPA DE POTENCIALIDADES MINERAIS E ZONAS DE PRESERVAÇÃO
 PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
 PROJETO MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DA REGIÃO
 METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO



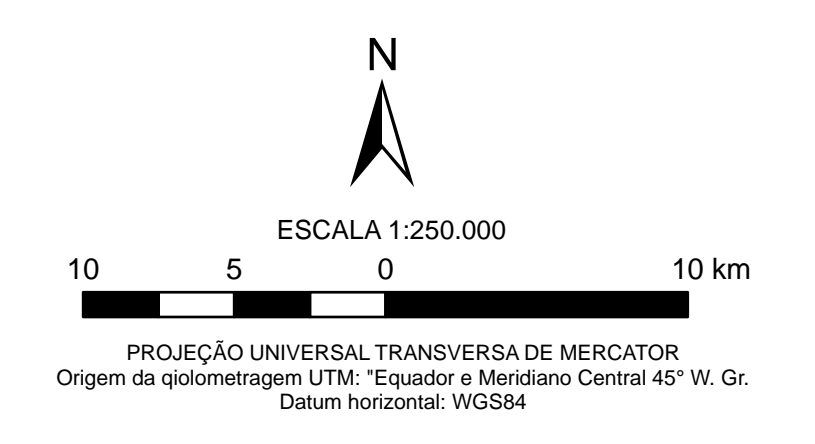
POTENCIALIDADE POR INSUMO MINERAL

Área	Insumo Mineral	Tipo de Depósito	Características Físicas do Depósito	Unidade Estratigráfica
I	Areia	Aluvionar I	Areia quartzosa, mal selecionada, granulometria média a grossa e cor creme a cinza-clara.	Depósitos Aluvionares Quaternários
II	Areia	Aluvionar II	Bolsões de areia cinza-clara, inconsolidada, granulometria grossa na base e média a fina na parte superior.	Depósitos Aluvionares Quaternários
III	Areia	Formacional/Sedimentar	Arenitos arcoseanos estratificados, com granulometria grossa a conglomerática e coloração cinza-clara.	Grupo Itapecuru Indiviso
IV	Areia	Formacional/Sedimentar	Areias ricas em quartzo, mal selecionadas, com granulometria grossa a média, coloração cinza-clara, e associadas a sedimentos areno-argilosos.	Grupo Barreiras
V	Areia	Cobertura Arenosa	Areia quartzosa, inconsolidada, bem selecionada, fina a média, forma arredondada e coloração cinza-clara.	Depósitos Eólicos Continentais
VI	Brita	Magmático / Plutônico	Granitóides com composição variando de granítica, tonalítica a granodiorítica e leucogranitos cálcio-alcálicos.	Suite Intrusiva Rosário
VII	Argila	Aluvionar II	Bolsões de argila bastante plástica, com dimensões variáveis e coloração marrom com porções cinza-claras a creme.	Depósitos Aluvionares Quaternários
VIII	Argila	Formacional/Sedimentar	Bolsões lenticulares e/ou camadas de argila bastante plástica, de cor creme a cinza-clara, associados a sedimentos arenosos.	Grupo Itapecuru Indiviso
IX	Argila	Formacional/Sedimentar	Bolsões de argila intercalados em arenitos argilosos grossos, de coloração avermelhada.	Grupo Barreiras
X	Argila	Material de Empréstimo	Sedimentos areno-argilosos intemperizados, mal selecionados de coloração amarelo-avermelhada.	Grupos Barreiras e Itapecuru Indiviso

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



- Substância mineral requerida**
- are - Areia
 - arg - Argila
 - cas - Cascalho
 - br - Granito pra brita
 - lat - Laterita
 - sai - Saibro
- Status Econômico / Situação**
- Ocorrência
 - Depósito
 - ▲ Garimpo
 - × Mina ativa
 - ⊗ Mina inativa
- Convenções Cartográficas**
- Capital Estadual
 - Cidade
 - ✈ Aeroporto internacional
 - ✈ Aerodromo
 - ⚓ Porto
 - Rodovia
 - Ferrovia
 - Hidrografia
 - Divisão Municipal
 - Área do Projeto
 - ▨ Zonas de Preservação
- Convenções da Área Oceânica**
- 0 - 25 metros
 - 25 - 50 metros
 - 50 - 75 metros



O Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno, uma ação do Programa Geologia do Brasil, foi executado pela Residência de Teresina.

Coordenação Técnica Regional: Francisco Rubens de Sousa (ASSPRO-DGM - 2016/2017) e Engº de Minas Eizângela Soares Amaral (ASSPRO-DGM - 2014/2016).

Coordenação Técnica Nacional: Geólogos Evandro Luiz Klein (DEREM - 2017), Francisco Vaidir Silveira (DEREM - 2014/2017), Vanildo Almeida Mendes (DIMINI 2015/2016) e Engº de Minas Ruben Sardou Filho (DIMINI 2014/2015).

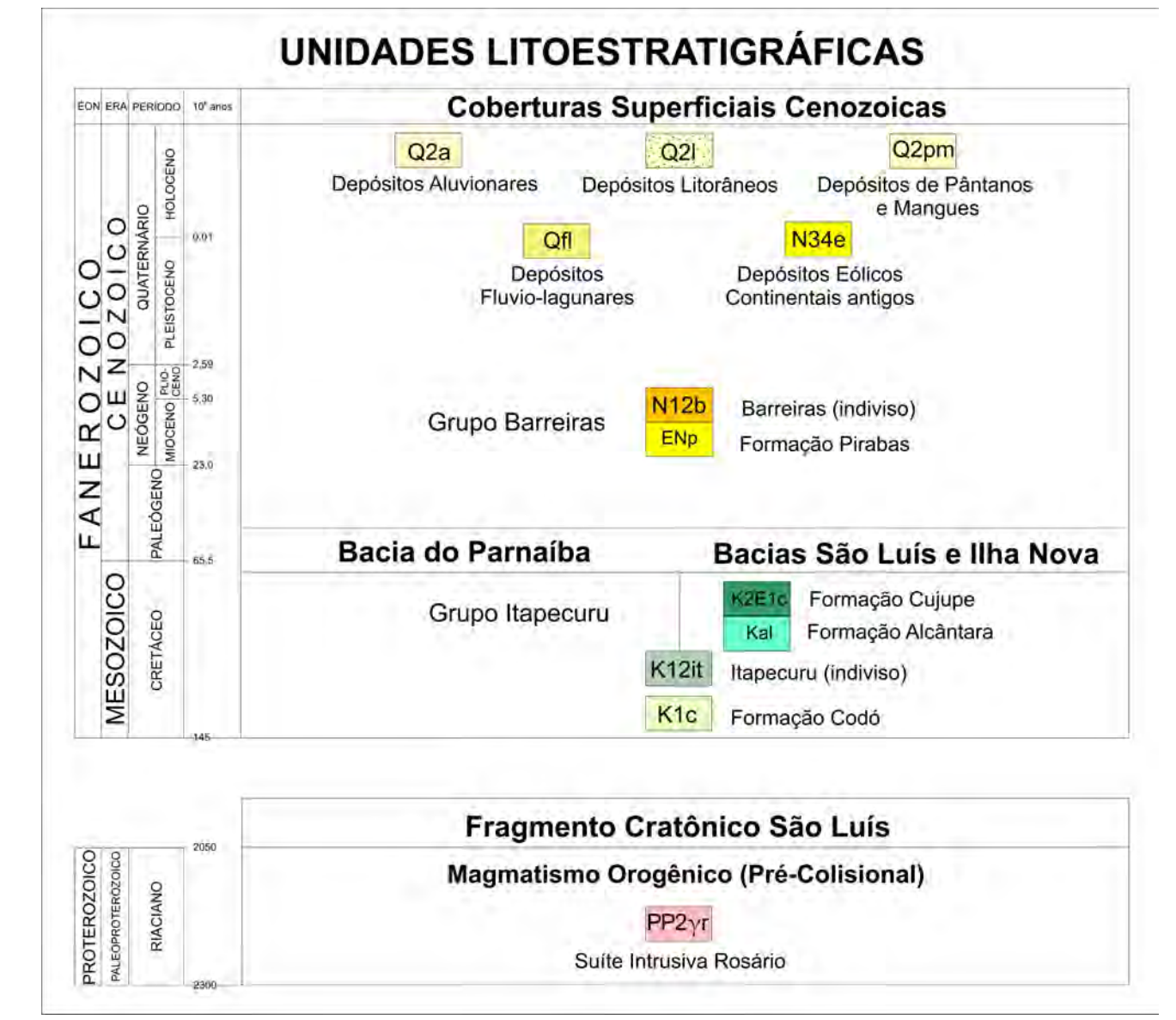
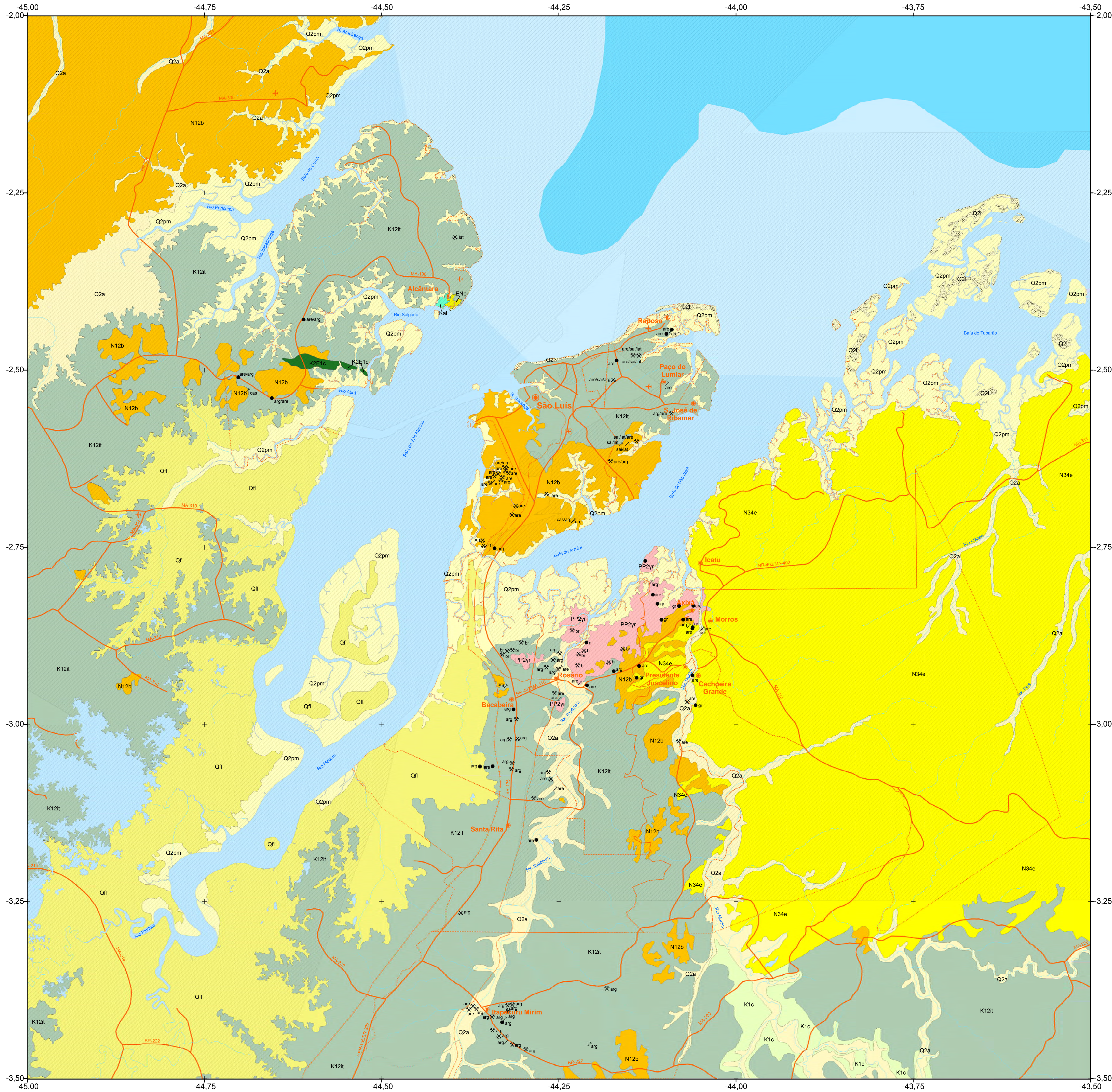
Créditos
 Autores: Liliane Lavoura Bueno Sachs
 Klaryanna Cabral Alcântara
 Vanildo Almeida Mendes
 Cartografia digital: Liliane Lavoura Bueno Sachs
 Gabriel Araujo dos Santos

ANEXO VII

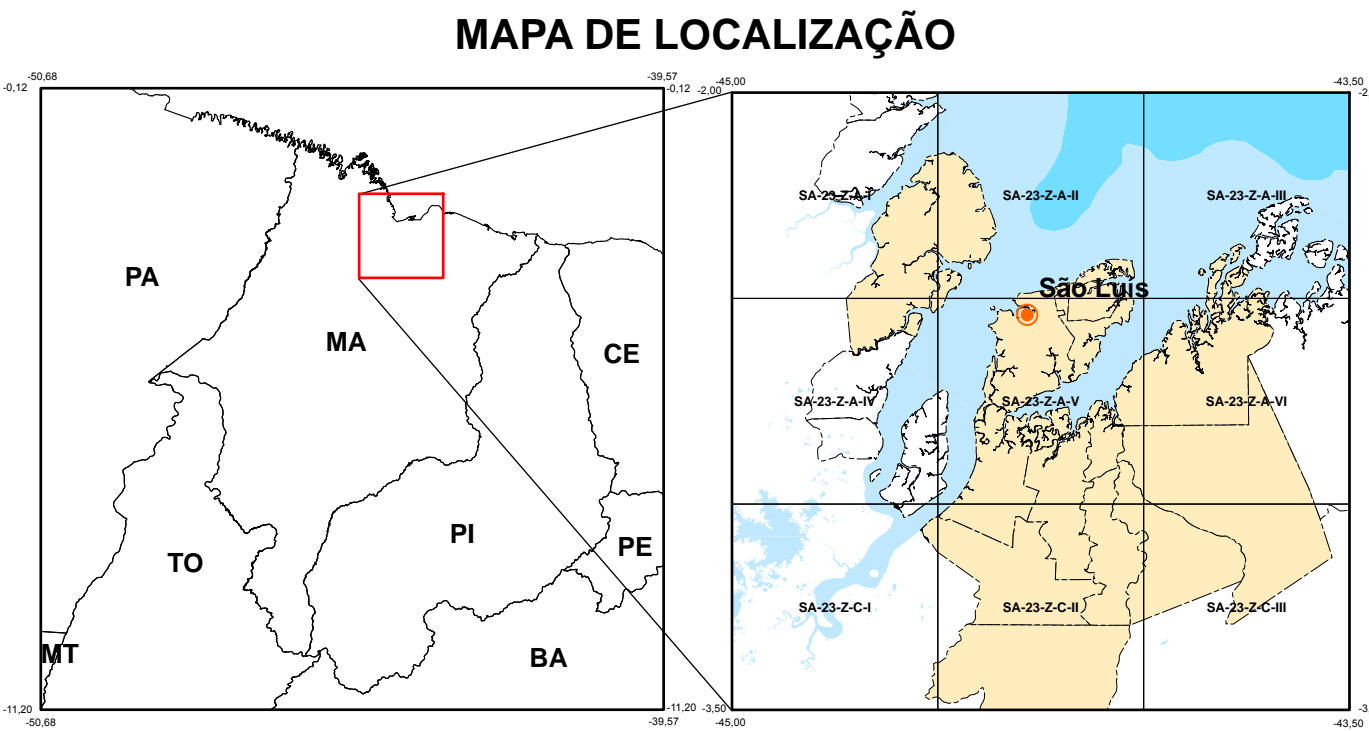
MAPA DE RECURSOS MINERAIS

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

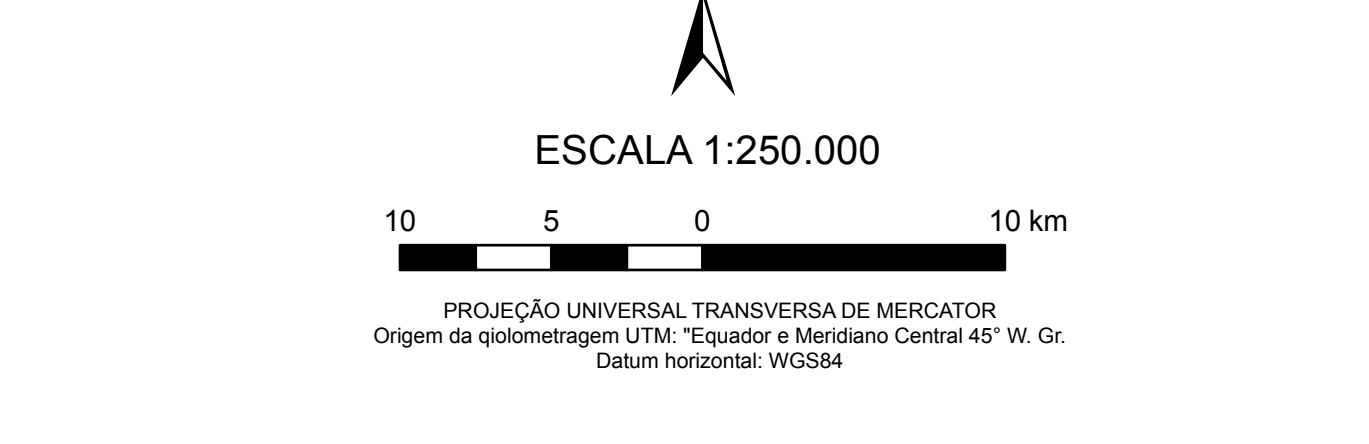
MAPA DE RECURSOS MINERAIS
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
PROJETO MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DA REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO



- Coberturas Superficiais Cenozoicas**
- Q2a** Depósitos Aluvionares: areias, pelitos e cascalhos de depósitos fluviais recentes.
 - Q2l** Depósitos Litorâneos: areias quartzosas de ambientes transicionais costeiros (dunas costeiras, praias, planície arenosa e cordões litorâneos antigos).
 - Q2pm** Depósitos de Pântanos e Mangues: siltes e argilas não adensados, maciços e bioturbados.
 - Qfl** Depósitos Flúvio-lagunares: argilas adensadas com areia fina disseminada, maciças e localmente bioturbadas.
 - N34e** Depósitos Eólicos Continentais Antigos: areias quartzosas, granulometria fina a média, bem selecionadas, maturas com estruturas *grain fall* e estratificação cruzada de baixo ângulo.
 - N12b** Grupo Barreiras (indiviso): arenitos, arenitos ferruginosos, cascalhos, sedimentos areno-argilosos; ambiente continental a transicional, depositados em sistemas fluviais, canais de maré e planícies de inundação.
 - Enp** Formação Pirabas: calcários fossilíferos, argilas e níveis de conglomerados; ambiente plataformar costeiro e de vales estuarinos incisos.
- Bacias São Luís e Ilha Nova**
- K12it** Formação Cujupe: arenitos cauliniticos, conglomerados intraformacionais e pelitos; ambiente de canal de maré, baía de inframaré, barra de maré, planície e delta de maré.
 - Kal** Formação Alcântara: arenitos, pelitos e subordinadamente, calcários e conglomerados; ambiente de canal de maré shoreface, foreshore e lagunar influenciado por tempestades.
- Bacia do Parnaíba**
- K12it** Grupo Itapecuru (indiviso): arenitos arenosos estratificados, grossos a conglomeráticos, com níveis pelíticos; ambiente de shoreface, lagunar, canal fluvial e de maré.
 - K1c** Formação Codó: arenitos, lentes de calcarenitos e calcilitos, e pelitos intercalados; ambiente lacustre com influência marinha.
- Fragmento Cratônico São Luís**
- Magmatismo Orogénico (Pré-Colisional)**
- PP2yr** Suite Intrusiva Rosário: tonalitos, granodioritos, quartzos-dioritos e granitos cálcio-alcálicos de arcos de ilha. Maciços, foliados e miloníticos.



- Substância mineral requerida**
- are - Areia
 - arg - Argila
 - cas - Cascalho
 - br - Granito pra brita
 - lat - Laterita
 - sal - Salbro
- Convenções Cartográficas**
- Rodovia
 - Ferrovia
 - Hidrografia
 - Aeroporto internacional
 - Aerodromo
 - Porto
 - Capital estadual
 - Cidade
 - Divisão Municipal
 - Área do Projeto
 - Unidades de Conservação
- Status Econômico / Situação**
- Ocorrência
 - Garimpo
 - Mina ativa
 - Mina inativa
- Convenções da Área Oceânica**
- 0 - 25 metros
 - 25 - 50 metros
 - 50 - 75 metros



O Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno, uma ação do Programa Geologia do Brasil, foi executado pela Residência de Teresina.

Coordenação Técnica Regional: Francisco Rubens de Sousa (ASSDGM - 2015/2016) e Engº de Minas Eliângela Soares Amaral (ASSDGM - 2014/2015).

Coordenação Técnica Nacional: Geólogos José Leonardo Silva Andriotti (DEREM - 2016), Francisco Valdir Silveira (DEREM - 2014/2016), Vanildo Almeida Mendes (DIMINI 2015/2016) e Engº de Minas Ruben Sardou Filho (DIMINI 2014/2015).

CRÉDITO

Autores: Liliane Lavoura Bueno Sachs
Klaryanna Cabral Alcantara
Vanildo Almeida Mendes

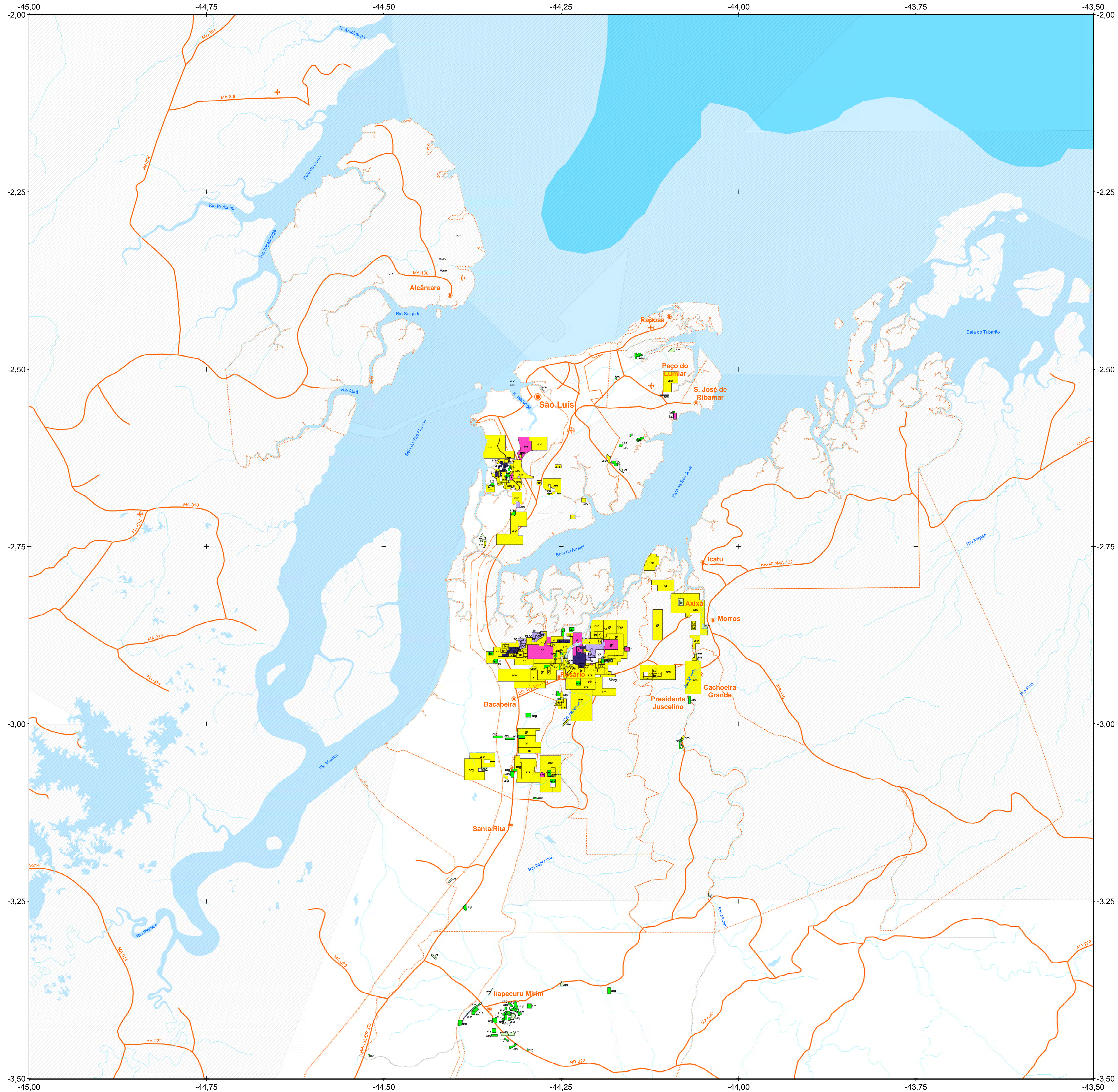
Cartografia digital: Liliane Lavoura Bueno Sachs

ANEXO VIII

MAPA DE DIREITOS MINERÁRIOS

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**MAPA DE DIREITOS MINERÁRIOS
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
PROJETO MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DA REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO**



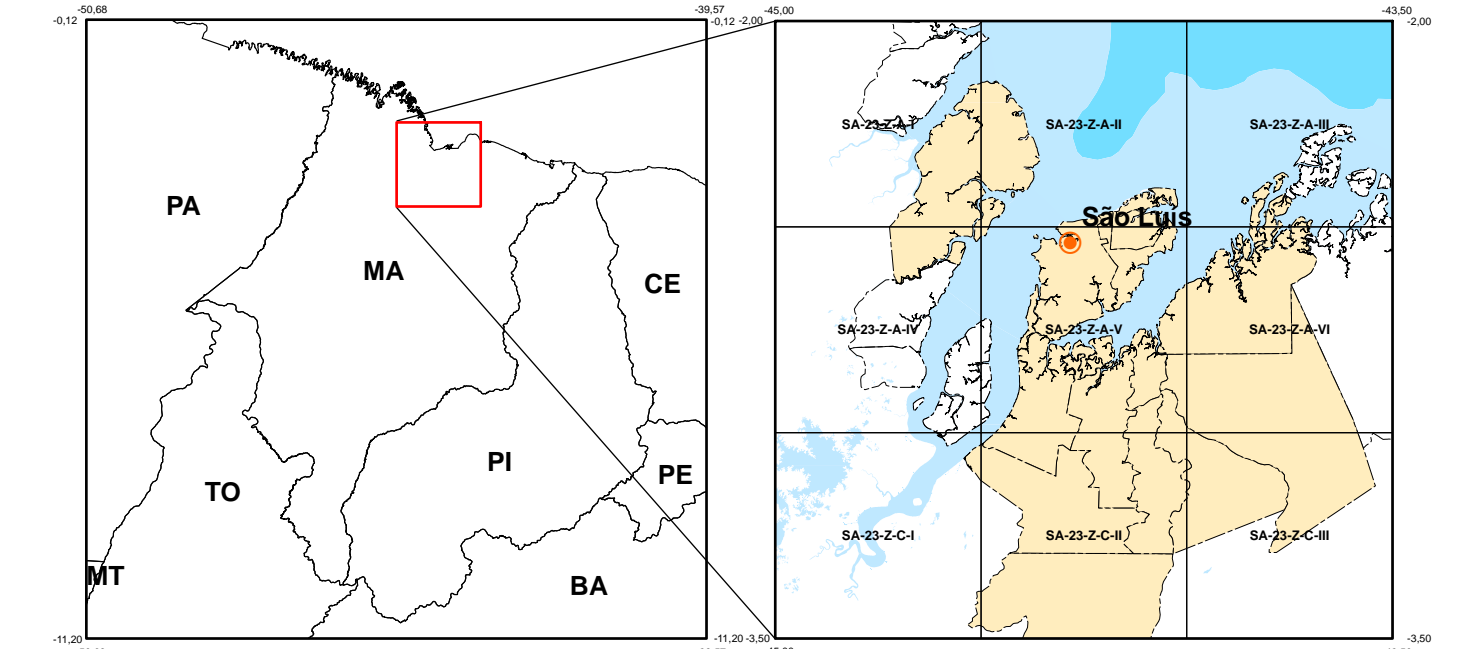
Substância mineral requerida

- are - Areia
- arg - Argila
- cas - Cascalho
- br - Granito pra brita
- lat - Laterita
- sai - Saibro

Fase do Processo

- Concessão de Lavra
- Licenciamento
- Registro de Extração
- Requerimento de Lavra
- Requerimento de Licenciamento
- Autorização de Pesquisa
- Disponibilidade

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Convenções Cartográficas

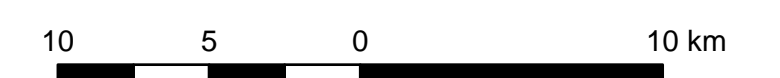
- Rodovia
- +— Ferrovia
- Hidrografia
- ✈ Aeroporto internacional
- ✈ Aerodromo
- ⚓ Porto
- Capital estadual
- Cidade
- Unidade de Conservação
- Divisão Municipal
- Área do Projeto

Convenções da Área Oceânica

- 0 - 25 metros
- 25 - 50 metros
- 50 - 75 metros



ESCALA 1:250.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 45° W. Gr.
Datum horizontal: WGS84

O Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno, uma ação do Programa Geologia do Brasil, foi executado pela Residência de Teresina.

Coordenação Técnica Regional: Francisco Rubens de Sousa (ASSDGM - 2015/2016) e Engº de Minas Elzângela Soares Amaral (ASSDGM - 2014/2015).

Coordenação Técnica Nacional: Geólogos José Leonardo Silva Andriotti (DEREM - 2016), Francisco Valdir Silveira (DEREM - 2014/2016), Vanildo Almeida Mendes (DIMINI 2015/2016) e Engº de Minas Ruben Sardou Filho (DIMINI 2014/2015)

CRÉDITO

Autores: Liliane Lavoura Bueno Sachs
Klaryanna Cabral Alcântara
Vanildo Almeida Mendes

Cartografia digital: Liliane Lavoura Bueno Sachs

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 22

Insumos Minerais para a Construção Civil

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO LUÍS E ENTORNO

O produto Informe de Recursos Minerais, parte integrante do Programa Geologia do Brasil, objetiva sistematizar e divulgar os resultados das atividades e projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM nos campos da geologia econômica, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados são apresentados na forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

Os trabalhos desenvolvidos por esse projeto tiveram como objetivos: produzir um diagnóstico do setor de mineração (exploração, produção, oferta, demanda); estimular a instalação de novos empreendimentos na área; levantar dados que permitam a atividade mineira de forma sustentável; e fornecer subsídios preliminares para a formulação de políticas públicas e o planejamento da minimização do impacto ambiental que a atividade provoca. A área contemplada nesse projeto é composta pela Região Metropolitana de São Luís (municípios de São Luís, São José de Ribamar, Raposa, Paço do Lumiar, Alcântara, Rosário, Bacabeira e Santa Rita), além dos municípios de Axixá, Icatu, Morros, Presidente Juscelino, Cachoeira Grande e Itapecuru Mirim, localizados no entorno dessa Região Metropolitana.

Os bens minerais estudados foram areia, argila para cerâmica vermelha, granitoide para brita, saibro, laterita, cascalho e material de empréstimo. Para o mesmo, com efeitos na geração de empregos, renda e desenvolvimento social, à luz da sustentabilidade ambiental.

Sede

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02, Asa Norte
Bloco H - 5º andar - Edifício Central Brasília
Brasília – DF - CEP: 70040-904
Tel: 61 3326-9962

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – RJ Cep: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

Departamento de Recursos Minerais

Tel: 61 3223-7925

Divisão de Minerais e Rochas Industriais

Tel: 81 3316-1479 - Fax: 81 3316-1403

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059

Residência de Teresina

Rua Goiás, 312 - Sul
Teresina - PI - CEP: 64001-620
Tel.: 86 3222-4153 - Fax: 86 3222-6651

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br