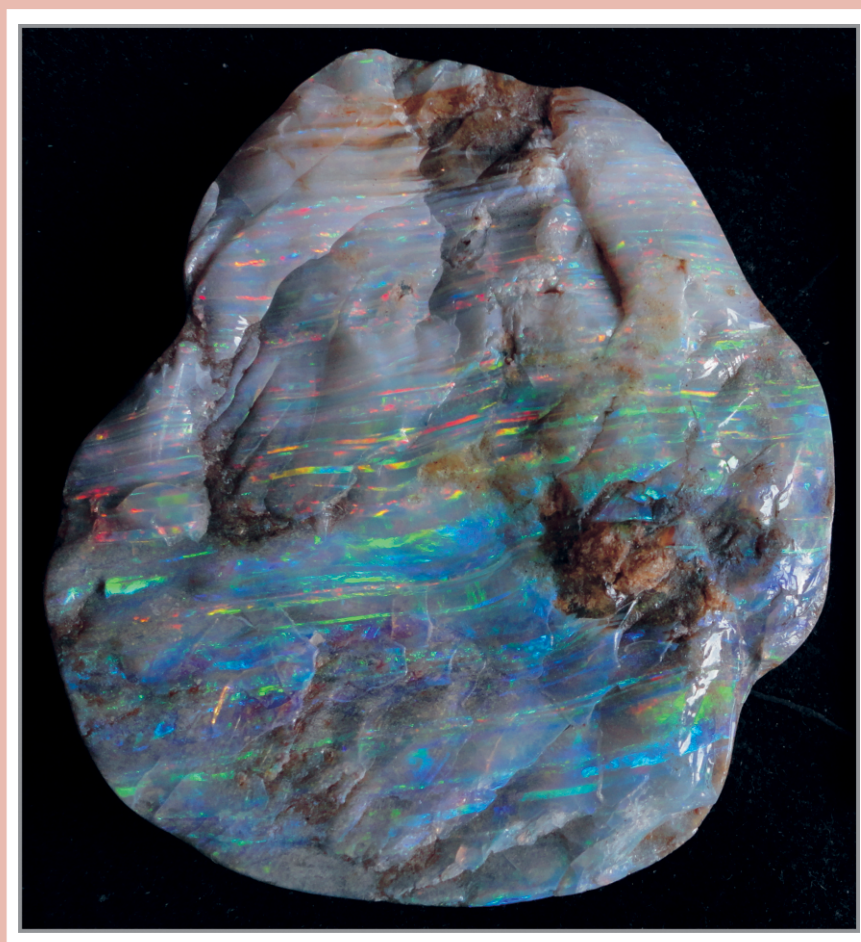


INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

Série Pedras Preciosas, nº 08



PROJETO AVALIAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE OPALAS DE PEDRO II

Teresina – 2015

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 AVALIAÇÃO DOS DEPÓSITOS
DE OPALAS DE PEDRO II**

ESTADO DO PIAUÍ

INFORME DE RECURSOS MINERAIS
Série Pedras Preciosas, nº 08



TERESINA
2015

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 AVALIAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE OPALAS DE PEDRO II

ESTADO DO PIAUÍ

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Pedras Preciosas, nº 08

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
CPRM – Serviço Geológico do Brasil
DIDOTE – Processamento Técnico

Projeto avaliação dos depósitos de opalas de Pedro II : estado do Piauí / Liliane Lavoura Bueno Sachs... [et al.]. – Teresina : CPRM, 2015.

88 p. : il. ; 30 cm. – (Informe de recursos minerais. Série pedras preciosas ; 8)

Programa Geologia do Brasil.

ISBN: 978-85-7499-247-1

1. Geologia econômica – Brasil – Piauí. 2. Opalas – Brasil – Piauí. 3. Depósitos minerais – Brasil – Piauí. I. Ivo Hermes Batista, Iramaia Furtado Braga e Elizângela Soares Amaral. II. Título. III. Série.

CDD 553.0981

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil - CPRM
É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

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 AVALIAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE OPALAS DE PEDRO II

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Carlos Eduardo de Souza Braga

Ministro de Estado

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Carlos Nogueira da Costa Junior

Secretário

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Manoel Barretto da Rocha Neto

Diretor-Presidente

Roberto Ventura Santos

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Stênio Petrovich Pereira

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Eduardo Santa Helena

Diretor de Administração e Finanças

Francisco Valdir Silveira

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Vanildo Almeida Mendes

Chefe da Divisão de Minerais e Rochas Industriais

Reginaldo Alves dos Santos

Chefe do Departamento de Geologia

Edilton José dos Santos

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Ernesto von Sperling

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

José Márcio Henriques Soares

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

RESIDÊNCIA DE TERESINA

Francisco Robério Batista Almeida

Chefe da Residência

Elizângela Soares Amaral

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

Programa Geologia do Brasil

PROJETO AVALIAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE OPALAS DE PEDRO II

EQUIPE TÉCNICA DA CPRM

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Chefe da Divisão de Minerais e Rochas Industriais

Vanildo Almeida Mendes

Chefe do Departamento de Geologia

Reginaldo Alves dos Santos

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Edilton José dos Santos

Assistente de Geologia e Recursos Minerais

Elizângela Soares Amaral

Executores do Informe

Liliane Lavoura Bueno Sachs, Ivo Hermes Batista, Iramaia Furtado Braga, Elizângela Soares Amaral

Consultoria

Vladimir Cruz de Medeiros

Geóloga - Divisão de Sensoriamento Remoto

Mônica Mazzini Perrotta

Tecnólogo em Geoprocessamento

Tales Américo Spinola de Almeida

Auxiliar de Laboratório

Francisco Ademir dos Santos

Auxiliar de Laboratório

Katianny Ponte Rodrigues

Digitalização e Editoração do Mapa Geológico

Maria Tereza Barradas, Francisca de Paula da Silva Lima

Digitalização e Editoração de Ilustrações do Texto

Liliane Lavoura Bueno Sachs, Iramaia Furtado Braga, Elizângela Soares Amaral

Compatibilização e Revisão Geral

Liliane Lavoura Bueno Sachs

Responsável Técnico

Liliane Lavoura Bueno Sachs

Normalização das Referências

Gabriela Vieira Leitão

Organização, Preparo e Controle da Editoração Final

Alan Düssel Schiros

Coordenação da Revisão Bibliográfica

Roberta Pereira da Silva de Paula

CRÉDITOS DE AUTORIA DO TEXTO EXPLICATIVO

1 – Introdução

Liliane Lavoura Bueno Sachs
Ivo Hermes Batista

2 – Contexto Geotectônico e Geologia Regional

Liliane Lavoura Bueno Sachs

3 – Geologia da Área de Estudo

Liliane Lavoura Bueno Sachs e Joseneusa Rodrigues Brilhante

4 – Geologia Estrutural e Tectônica

Iramaia Furtado Braga

5 – Opala e Garimpos

Liliane Lavoura Bueno Sachs
Ivo Hermes Batista

6 – Cadeia Produtiva

Elizângela Soares Amaral

7 – Conclusões

Liliane Lavoura Bueno Sachs

8 – Referências Bibliográficas

Liliane Lavoura Bueno Sachs e Gabriela Vieira Leitão

CRÉDITOS DE AUTORIA DA CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

Mapa Geológico

Liliane Lavoura Bueno Sachs, Ivo Hermes Batista, Iramaia Furtado Braga

SIG Geológico

Francisca de Paula da Silva Lima, Maria Tereza Barradas

COLABORADORES

Sinval Batista da Silva (Motorista)

Paulo Silva (Motorista)

AGRADECIMENTOS

Engº Civil Marcelo Morais, Engº de Minas Demóstenes Pinto, Juscelino Araújo Sousa, Antônio Sepúlveda Almendra Sobrinho (Toinho), garimpeiros Ribamar, André e “Piu-Piu”.

Editoração para publicação

UNIKA Editora

EDIÇÃO DO PRODUTO DIGITAL

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Departamento de Relações Institucionais e Divulgação – DERID - Ernesto von Sperling

Divisão de Marketing e Divulgação – DIMARK - José Márcio Henriques Soares

Divisão de Geoprocessamento – DIGEOP/SA – Reginaldo Leão Neto – SIG/GEOBANK

APRESENTAÇÃO

A 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, aos garimpeiros de Pedro II e entorno, e à sociedade em geral, os resultados obtidos pelo Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II, mais um produto do Programa Geologia do Brasil. Esse projeto tem por objetivo fornecer subsídios geológicos ao Arranjo Produtivo Local (APL) da Opala de Pedro II, através de mapeamento em escala regional (1:100.000), identificando as principais litologias e estruturas ocorrentes na região, notadamente as portadoras e controladoras da mineralização. Detalhar as áreas promissoras e os garimpos já existentes; elaborar o cadastramento e a descrição das ocorrências minerais, produzindo um diagnóstico do setor de mineração; 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 do impacto ambiental que a atividade provoca, são aspectos abordados pelo projeto.

As APLs são instrumentos de desenvolvimento econômico e social, trazendo benefícios para toda a comunidade. Este estudo pretende gerar informações que tornem mais eficientes os trabalhos de exploração e lavra da opala, contribuindo para geração de empregos e aumento da qualidade de vida da população de Pedro II e região. O estudo se faz necessário em função da escassez de informação geológica e da potencialidade da região para que novos depósitos de opala sejam encontrados.

A área apresenta intensa atividade garimpeira, baixo índice de desenvolvimento humano (IDH), e através de apoio técnico adequado é possível fomentar e qualificar a atividade mineral local, gerando mais emprego e renda.

O conjunto de informações geradas pelo projeto está disponibilizado neste Informe de Recursos Minerais, que inclui o Mapa Geológico (ANEXO I), em tamanho A3, bem como em CD-ROM, com os dados digitais organizados em um sistema de Informações Geográficas (SIG) além do Mapa Geológico digital em escala 1:100.000.

Este produto é mais uma ação do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que através do Programa Geologia do Brasil (PGB), vem executando projetos em todas as regiões do país, com o objetivo de propiciar e difundir o conhecimento geológico do território brasileiro, gerando informações indispensáveis ao desenvolvimento sustentável, de forma a contribuir para o desenvolvimento regional e subsidiar a formulação de políticas públicas nas tomadas de decisão de investimentos.

MANOEL BARRETTO DA ROCHA NETO
Diretor - Presidente

ROBERTO VENTURA SANTOS
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

O Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II, uma ação do Programa Geologia do Brasil (PGB) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), está inserido no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal. Iniciado em 2011, foi executado pela Residência de Teresina. Tem como objetivo fornecer subsídios geológicos ao Arranjo Produtivo Local (APL) da Opala de Pedro II, através da caracterização geológica dos depósitos, visando uma exploração ordenada e correta, além de elaborar cadastramento e descrição das ocorrências minerais. Os trabalhos de cartografia geológica associados às informações bibliográficas permitiram individualizar no projeto seis unidades litoestratigráficas entre rochas paleozoicas, mesozoicas e coberturas cenozoicas. As rochas paleozoicas estão representadas pelas formações: Jaicós (Grupo Serra Grande) - arenitos e, ocasionalmente, intercalações de pelitos, arenitos ferruginosos e leitos de arenitos conglomeráticos (Siluriano); Pimenteira (Grupo Canindé) - clásticos finos predominando fácies pelíticas (siltitos e folhelhos) com camadas intercaladas de arenitos finos (Devoniano); Cabeças (Grupo Canindé) - arenitos quartzosos, localmente, com níveis ferruginosos, lateritizados, níveis de laterita, e de conglomerados lateríticos, sendo que, em Pedro II e vizinhanças, arenitos sobrepostos aos diabásios, estão silicificados e extremamente fraturados, podendo conter opala nobre preenchendo fraturas (Devoniano). Todas essas formações fazem parte da Bacia do Parnaíba. Rochas ígneas mesozoicas de caráter básico, constituindo extensos corpos lenticulares ou soleiras espessas (raramente diques), intrudem as rochas paleozoicas, em especial, os arenitos da Formação Cabeças. Datação realizada em diabásio coletado no garimpo da Roça apresentou idade entre 194 e 209 Ma ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) e *Concordia Age* de 203 ± 2 Ma, associada a um MSWD de 0.44 e probabilidade de concordância de 0,51 - resultado representando a idade de cristalização do corpo (Triássico Superior – Jurássico Inferior), compondo, assim, a Formação Mosquito. Depósitos Colúvio-Eluviais e Aluvionares representam as coberturas cenozoicas. Tratamento dos dados coletados de fraturas indicam fraturas com mergulhos médios superiores a 85° e predomínio das direções E-W e NE-SW. Na área, as fraturas formam famílias entrecruzadas, normalmente com duas direções quase ortogonais entre si. Com base em pares conjugados foram feitas inferências de σ_1 o que resultou em duas direções principais: SW-NE e SE-NW. Na porção oeste da área, prevalece σ_1 segundo a direção SW-NE, onde não há registros de ocorrência de opala. Na região adjacente a Pedro II apesar de ainda serem observados σ_1 segundo a direção SW-NE, nas proximidades da mina do Boi Morto e do garimpo do Mamoeiro, principais ocorrências de lavras de opala, foi observado σ_1 com direção SE-NW. Esta direção é coerente com fotoalinhamentos, sugerindo esta como a direção principal de mineralização em opalas. Quanto aos aspectos metalogenéticos, os depósitos primários de opala estão hospedados em sedimentos da Formação Cabeças, notadamente nas zonas de contato entre estes e as rochas básicas que os intrudem. A opala ocorre preenchendo fraturas, fissuras e vênulas, em arenitos silicificados, mais raramente, em siltitos, e na capa das soleiras de diabásio onde este sofreu alteração formando nível argiloso que contém esmectita. A gênese das opalas de Pedro II está intimamente relacionada a um ambiente hidrotermal, surgido com a intrusão de rochas básicas nas rochas siliciclásticas da Formação Cabeças (Gomes e Costa, 1994). Dados essenciais que corroboram esse modelo genético foram apresentados por Marques *et al.* (2013), baseados em análises de inclusões fluidas, composição mineralógica e química dessas opalas e suas inclusões sólidas, sendo que em grande parte das inclusões sólidas foram verificadas feições de dissolução parcial, remetendo também ao ambiente hidrotermal, de intensa migração de fluidos, somado ainda à própria mineralogia das mesmas. No entanto, há autores que associam a gênese do minério ao intemperismo laterítico. Assim sendo, temos como principais fatores associados à geração dos depósitos primários de opalas da região de Pedro II, o sistema hidrotermal e o padrão

estrutural da área. A opala ocorre ainda em depósitos secundários, oriundos do intemperismo, erosão e transporte da mineralização primária, formando depósitos aluvionares e depósitos de tálus, resultantes da desagregação das rochas sedimentares da Formação Cabeças. A cadeia produtiva da opala de Pedro II apresenta como gargalos: falta de acompanhamento técnico especializado diário, o que impossibilita uma lavra de forma racionalizada, levando a passivos ambientais visíveis; falta de recursos financeiros para viabilizar equipamentos que facilitem a lavra; falta de melhorias contínuas nas instalações que dão apoio aos garimpeiros nos diversos garimpos da região; evasão de mão-de-obra, pois os jovens da região, filhos e netos dos garimpeiros, estão se distanciando dos garimpos e abandonando o ramo em busca de melhores horizontes profissionais em grandes centros urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: OPALA; PEDRO II; DATAÇÃO $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$; BACIA DO PARNAÍBA; FORMAÇÃO CABEÇAS; FORMAÇÃO MOSQUITO; MINA DO BOI MORTO.

ABSTRACT

The Project Evaluation of Deposits of Opals of Pedro II, an action from the Geology of Brazil Program (PGB) supported by CPRM/Geological Survey of Brazil, is inserted in the Growth Acceleration Program (PAC) of the Federal Government. Started in 2011, was executed by Residence of Teresina. Aims to provide geological subsidies to Local Productive Arrangement (APL) of Opal of Pedro II, through the geological characterization of deposits, aiming at an orderly and proper exploration, besides elaborating registration and description of mineral occurrences. The work of geological mapping associated with bibliographic information allowed to individualize on project six lithostratigraphic units of Paleozoic and Mesozoic rocks, and Cenozoic sediments. The Paleozoic rocks are represented by formations: Jaicós (Serra Grande Group) - sandstones and occasionally interbedded mudstones, ferruginous sandstones and conglomeratic sandstones beds (Silurian); Pimenteira (Canindé Group) - fine clastic predominantly pelitic facies (siltstones and shales) with layers intercalated of fine sandstones (Devonian); Cabeças (Canindé Group) - quartz sandstone, locally with ferruginous levels, lateritized, levels of laterite and lateritic conglomerates, and in Pedro II and neighborhoods, overlapping sandstones to diabases, are highly silicified and fractured, and may contain noble opal filling fractures (Devonian). All these formations are part of the Parnaíba Basin. Mesozoic igneous rocks of basic character, constituting large lenticular bodies or thick sills (dykes rarely), intrude the Paleozoic rocks, in particular, the sandstones of Cabeças Formation. Dated held in diabase collected in Roça opal-digging presented age between 194 and 209 Ma ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) and Concordia Age of 203 ± 2 Ma, associated with an MSWD 0.44 and probability of agreement of 0.51 - the result representing the crystallization age of the body (Upper Triassic - Lower Jurassic), thus compounding the Mosquito Formation. Colluvium-eluvial and Alluvial deposits represent the Cenozoic sediments. Treatment of collected data from fractures indicate fractures with average dips greater than 85° and predominance of the directions E-W and NE-SW. In the area, fractures form intersecting families, usually with two directions almost orthogonal to each other. Based on conjugate pairs σ_1 inferences were made which resulted in two main directions: SW-NE and SE-NW. In the western portion of the area, prevails σ_1 according to SW-NE direction, where there are no records of occurrence of opal. In the region adjacent to Pedro II despite still being observed σ_1 according to SW-NE direction, near Boi Morto mine and Mamoeiro opal-digging, main occurrences of opal mines, was observed σ_1 with NW-SE direction. This direction is consistent with fotoalignments, suggesting this as the main direction of mineralization in opals. As for metallogenesis, primary opal deposits are hosted in sediments of Cabeças Formation, notably in the areas of contact between them and the basic rocks that intrude them. Opal occurs filling fractures, fissures and veinlets in silicified sandstones, more rarely, in siltstones, and on the capa of diabase sills, where this was altered forming clay level that containing smectite. The genesis of opals of Pedro II is closely related to a hydrothermal environment, arisen with the intrusion of basic rocks in siliciclastic rocks of Cabeças Formation (Gomes e Costa, 1994). Essential data to corroborate this genetic model were presented by Marques *et al.* (2013), based on analyzes of fluid inclusions, mineralogical and chemical composition of these opals and their solid inclusions, and in large part of the solid inclusions partial dissolution features were observed, also referring to the hydrothermal environment, intense migration of fluids, added to own mineralogy of the same. However, some authors associate the genesis of the ore to lateritic weathering. Thus, we have as main factors associated with generation of primary deposits of opals in the region of Pedro II, the hydrothermal system and the structural pattern of the area. Opal also occurs in secondary deposits derived from the weathering, erosion and transport of primary mineralization, forming alluvial deposits and talus deposits, resulting from the breakdown of Cabeças Formation sedimentary rocks. The productive chain of Opal of Pedro II presents as bottlenecks: lack of daily specialized technical monitoring, what prevents

a mining streamlined shape, leading to visible environmental liabilities; lack of financial resources to enable equipment to facilitate the mining; lack of continuous improvements in facilities that support the miners in the various opal-digging in the region; manpower drain; evasion of hand labor, because local young people, children and grandchildren of miners, are shunning the opal-digging, and leaving the branch in search of better professional horizons in large urban centers.

KEYWORDS: OPAL; PEDRO II; $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ DATING; PARNAÍBA BASIN; CABEÇAS FORMATION; MOSQUITO FORMATION; BOI MORTO MINE.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	17
1.1 - OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS.....	17
1.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	17
1.3 - ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E INFRAESTRUTURA	19
1.4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
1.4.1 - Etapa Preparatória.....	22
1.4.2 - Etapa Principal.....	22
1.4.3 - Etapa Final	22
1.4.4 - Dados Físicos de Produção:	22
1.4.5 - Resultados Esperados:	22
2 – CONTEXTO GEOTECTÔNICO E GEOLOGIA REGIONAL	23
2.1 - CONTEXTO GEOTECTÔNICO	24
2.2 - GEOLOGIA REGIONAL	24
2.2.1 - Grupo Serra Grande.....	24
2.2.1.1 - Formação Ipu	24
2.2.1.2 - Formação Tianguá	24
2.2.1.3 - Formação Jaicós	24
2.2.2 - Grupo Canindé.....	25
2.2.2.1 - Formação Itaim	26
2.2.2.2 - Formação Pimenteira	26
2.2.2.3 - Formação Cabeças	26
2.2.2.4 - Formação Longá	26
2.2.2.5 - Formação Poti	26
2.2.3 - Grupo Balsas	26
2.2.3.1 - Formação Piauí	26
2.2.3.2 - Formação Pedra de Fogo	26
2.2.3.3 - Formação Motuca	27
2.2.3.4 - Formação Sambaíba	27
2.2.4 - Rochas Magmáticas.....	27
2.2.4.1 - Formação Mosquito	27
2.2.4.2 - Formação Sardinha	27
2.2.5 - Coberturas Cenozoicas	27
2.2.5.1 - Depósitos Colúvio-Eluviais:	27
2.2.5.2 - Depósitos Aluvionares:	27
3 – GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO	29
3.1 - PALEOZOICO	29
3.1.1 - Grupo Serra Grande.....	29
3.1.1.1 - Formação Jaicós	29
3.1.2 - Grupo Canindé	31
3.1.2.1 - Formação Pimenteira.....	31
3.1.2.2 - Formação Cabeças	32
3.2 - MESOZOICO	36
3.2.1 - Rochas Magmáticas.....	36
3.2.1.1 - Formação Mosquito	37
3.3 - CENOZOICO	38

3.3.1 - Depósitos Colúvio-Eluviais	38
3.3.2 - Depósitos Aluvionares.....	40
4 – GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA	41
4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	41
4.2. ESTRUTURAS RÚPTEIS	41
5 – OPALA E GARIMPOS	47
5.1 - CONCEITUAÇÕES E GÊNESE DA OPALA.....	47
5.1.1 - Histórico e origem do nome	47
5.1.2 - Distribuição mundial	47
5.1.3 - Propriedades da opala	47
5.1.4 - Características.....	48
5.1.5 - Ocorrência.....	48
5.1.6 - A origem das opalas nobres	48
5.1.7 - Formação das opalas de Pedro II.....	49
5.1.8 - Termos	49
5.1.9 - Padrões	50
5.1.10 - Extração e produção mundial de opalas nobres.....	50
5.1.11 - Pedras históricas	51
5.1.12 - Lapidando a opala nobre	51
5.1.13 - Cuidados com as opalas nobres.....	51
5.1.14 - Tratamento de opalas nobres	51
5.1.15 - <i>Doublets</i> e <i>triplets</i>	51
5.1.16 - Descrevendo e avaliando uma opala nobre	51
5.2 - GARIMPOS DE OPALAS EM PEDRO II	52
5.2.1 - Histórico	52
5.2.2 - Considerações.....	52
5.2.3 - Depósitos Primários	53
5.2.3.1 - Mina do Boi Morto (Afloramento IH-356)	53
5.2.3.2 - Garimpo da Roça (Afloramento IH-353).....	57
5.2.3.3 - Garimpo do Mamoeiro (Afloramento IH-354)	58
5.2.3.4 - Outros garimpos.....	60
5.2.4 - Depósitos Secundários	60
6 – CADEIA PRODUTIVA	63
6.1 - EXPLORAÇÃO.....	63
6.2 - TÍTULOS MINERÁRIOS	64
6.3 - LAVRA	64
6.4 - PRODUÇÃO	64
6.5 - BENEFICIAMENTO E LAPIDAÇÃO	67
6.6 - COMERCIALIZAÇÃO.....	69
6.7 - GARGALOS.....	70
7 – CONCLUSÕES.....	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS	77
ANEXO I – MAPA GEOLÓGICO	85

SIGLAS E ABREVIATURAS E UNIDADES

a.C. – antes de Cristo
AJOLP – Associação de Joalheiros e Lapidários de Pedro II
APL – Arranjo Produtivo Local
Ar – Argônio
AUD\$ – Dólar Australiano
Az – Azimute
Ba – Bário
Ca – Cálcio
CETAM – Centro Tecnológico de Artefatos Minerais
CFEM – Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
Cl – Cloro
cm – centímetro
COOGP – Cooperativa dos Garimpeiros de Pedro II
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DEGEO – Departamento de Geologia
DEREM – Departamento de Recursos Minerais
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
DOU – Diário Oficial da União
E – Leste
EMIBRA – Empresa de Minérios Brasil Norte-Nordeste Ltda.
EUA – Estados Unidos da América
Fe – Ferro
FUNDAÇÃO CEPRO – Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí
GPS – *Global Positioning System*
hab. – habitante
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
K – Potássio
km – quilômetro
km² – quilômetro quadrado
LA-ICPMS – *Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*
It – laterita
Ltda. – Limitada
m – metro
mm – milímetro
Ma – Milhões de anos
Mn – Manganês
MSWD – *Mean Square of the Weighed Deviated*
N – Norte
Na – Sódio
NE – Nordeste
nm – nanômetro (1×10^{-9} m)
NNE – Nor-nordeste

NW – Noroeste
op – opala
PAC – Programa de Aceleração do Crescimento
Pb – Chumbo
PGB – Programa Geologia do Brasil
PI – Estado do Piauí
pi – pirita
PLG – Permissão de Lavra Garimpeira
RAL – Relatório Anual de Lavra
RETE – Residência de Teresina
R\$ – Real
S – Sul
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SE – Sudeste
séc. – século
SGB – Serviço Geológico do Brasil
SIG – Sistema de Informações Geográficas
SIGMINE – Sistema de Informações Geográficas da Mineração
Sr – Estrôncio
SW – Sudoeste
SSW – Su-sudoeste
Th – Tório
U – Urânio
UnB – Universidade de Brasília
US\$ – Dólar Americano
utm – *Universal Transversa de Mercator*
W – Oeste
WSW – Oés-sudoeste
 μm – micrômetro (1×10^{-6} m)

**PROJETO AVALIAÇÃO DOS
DEPÓSITOS DE ÓPALAS
DE PEDRO II**

ESTADO DO PIAUÍ

1 – INTRODUÇÃO

A extração rudimentar de opala em Pedro II, Piauí, associada à informalidade da atividade mineral, tem originado um baixo nível de eficiência econômica. Trata-se de uma área garimpeira, conhecida há décadas. A qualidade da opala encontrada na região de Pedro II, só é comparada à da Austrália, que compete com o Brasil pela liderança do mercado mundial de opalas. As opalas de Pedro II, além de rara beleza apresentam alta resistência às mudanças de temperatura e maior dureza, o que as colocam em posição de destaque no mercado internacional.

No entanto, a exploração da opala tem sido feita desordenadamente, ao longo dos anos. Não há trabalho de detalhamento geológico na área em questão, levando os garimpeiros a extraírem aleatoriamente esses bens, o que tem gerado sério passivo ambiental.

Assim sendo, o Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II, uma ação do Programa Geologia do Brasil da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) – Serviço Geológico do Brasil, inserido no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal, tem por objetivo fornecer subsídios geológicos ao Arranjo Produtivo Local (APL) da Opala de Pedro II, através da caracterização geológica de seus depósitos, visando uma exploração ordenada e correta.

Esse projeto foi iniciado pela CPRM em março de 2011, com duração prevista de três anos, estando sob a responsabilidade dos Departamentos de Recursos Minerais – DEREM e de Geologia – DEGEO, sendo executado pela Residência de Teresina (RETE).

Quanto aos aspectos metalogenéticos, com base nos dados do projeto, corroborados por dados existentes na literatura, os depósitos primários de opala estão hospedados em sedimentos da Formação Cabeças, notadamente nas zonas de contato entre essas e as rochas básicas da Formação Mosquito, que as intrudem. A opala ocorre preenchendo fraturas e fissuras em arenitos silicificados e/ou no diabásio. A gênese do minério ainda não está definida, havendo autores que a associam às intrusões básicas e/ou ao intemperismo laterítico. A opala ocorre ainda em depósitos aluvionares, fruto do intemperismo, erosão e transporte da mineralização primária.

1.1 - OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

Os vários garimpos de opala encontrados, principalmente, no município de Pedro II vêm sendo explorados desde a década de 1940.

Esse projeto tem por objetivo fornecer subsídios geológicos à APL da Opala de Pedro II, através de mapeamento em escala regional (1:100.000) numa área aproximada de 3.000 km², para identificar

as principais litologias e estruturas ocorrentes na região, notadamente as portadoras e controladoras da mineralização. Em seguida, com mapeamento em escala de 1:10.000 ou maior na área onde se concentram as mineralizações, procurar detalhar as áreas promissoras e os garimpos já existentes. Ainda, elaborar o cadastramento e a descrição das ocorrências minerais. O projeto partiu de uma visão mais regional, buscando definir os corpos de diabásio cujos contatos com os sedimentos controlam a mineralização. A seguir foi dado um enfoque de maior detalhe, objetivando caracterizar a mineralização e identificar controles na escala de depósito.

Os Arranjos Produtivos Locais são instrumentos de desenvolvimento econômico e social, trazendo benefícios para toda a comunidade. Este estudo pretende gerar informações que tornem mais eficientes os trabalhos de exploração e lavra da opala, contribuindo para geração de empregos e aumento da qualidade de vida da população de Pedro II e região. O estudo se faz necessário em função da escassez de informação geológica e da potencialidade da região para que novos depósitos de opala sejam encontrados.

A área apresenta intensa atividade garimpeira, baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), e através de apoio técnico adequado é possível fomentar e qualificar a atividade mineral local, gerando mais emprego e renda.

1.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área do projeto está localizada na região nordeste do Estado do Piauí. (Figura 1.1). Abrange uma área de 3.000 km² e engloba fração dos municípios de Pedro II, Milton Brandão, Piripiri, Domingos Mourão, Lagoa do São Francisco, Sigefredo Pacheco e Capitão de Campos, sendo que as zonas urbanas dos municípios de Piripiri, Capitão de Campos e Sigefredo Pacheco estão localizadas fora da área desse projeto.

O polígono formado pelos vértices de coordenadas geográficas 41°15' e 41°45' W de Greenwich e 04°15' e 04°45' de latitude S emoldura os quadrantes sudeste, sudoeste, nordeste e noroeste das folhas 1:100.000 Piripiri, Pedro II, Conceição e Macambira, respectivamente SB.24-V-A-I-4; SB.24-V-A-II-3; SB.24-V-A-IV-2; e SB.24-V-A-V-1 (Figura 1.2).

O centro administrativo do município de Pedro II localiza-se na latitude 04°25'29" S e longitude 41°27'31" W, distando 210 km da capital Teresina. O acesso é realizado por rodovias federais asfaltadas, partindo de Teresina pela BR-343 até o posto rodoviário de Piripiri e aí pela BR-404 até Pedro II. A cidade de Pedro II está a uma altitude de 743 m (FUNDAÇÃO CEPRO, 2005) assentada na Serra dos Matões.

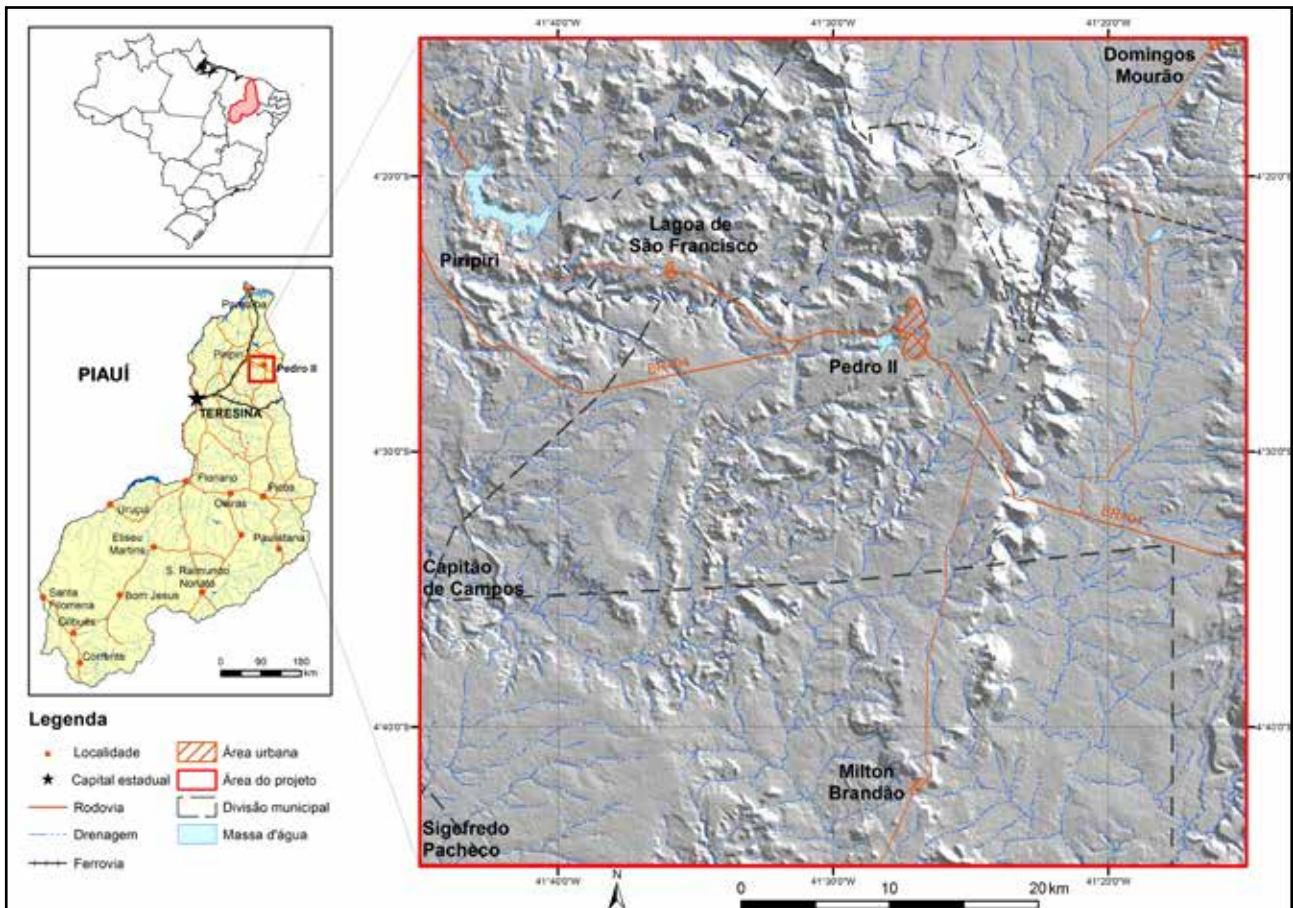


Figura 1.1 – Localização da área do projeto.

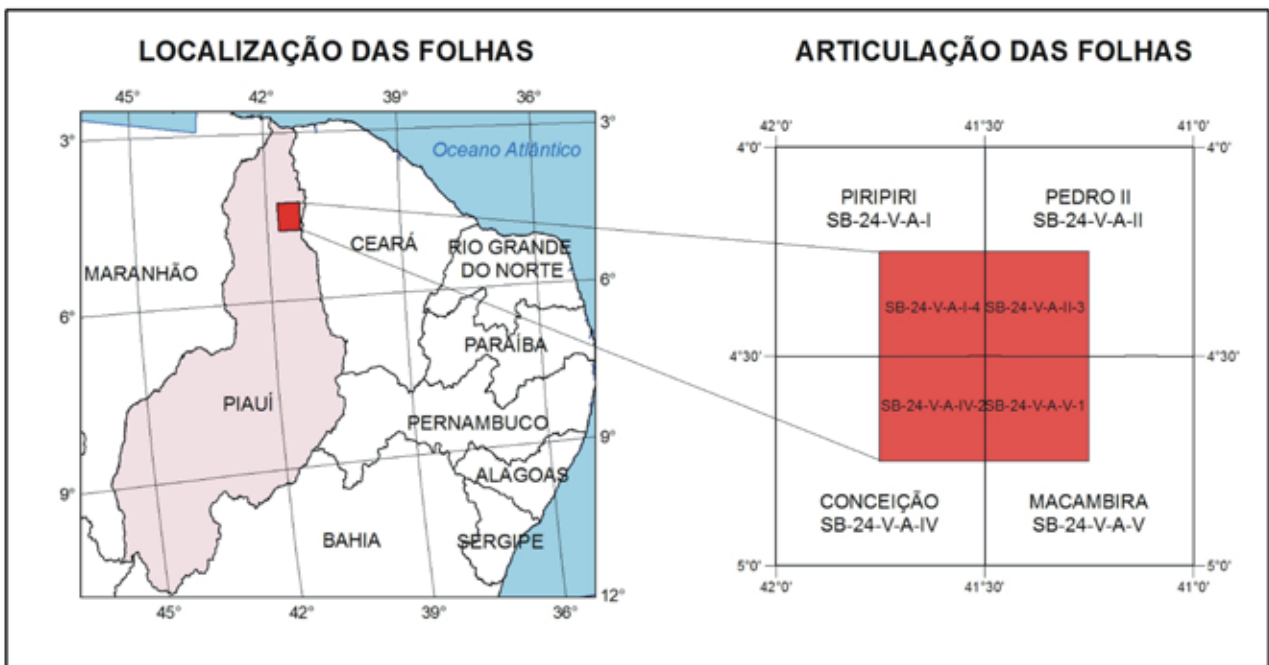


Figura 1.2 – Localização e articulação das folhas abrangidas por esse projeto.

1.3 - ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E INFRAESTRUTURA

O Estado do Piauí com capital em Teresina situa-se na região nordeste do Brasil, sendo o terceiro em extensão territorial nessa região. Com superfície de 252.378 km² (FUNDAÇÃO CEPRO, 2005; CENSO, 2010), ocupa 16,2 % da área nordestina e 2,9 % do território nacional, o que o coloca como o décimo Estado brasileiro em extensão territorial. Possui 224 municípios, dentre os quais Pedro II, propósito deste trabalho, município este, criado através da Lei Estadual nº 641, em 13 de julho de 1911.

O município de Pedro II juntamente com os municípios de Piri-piri, Domingos Mourão, Lagoa de São Francisco, Milton Brandão, Capitão de Campos, que são fronteiriços, e Piracuruca, São João da Fronteira, Brasileira e São José do Divino, constituem o Território dos Cocais, pertencente à Macrorregião do Meio-Norte e à Microrregião de Campo Maior (FUNDAÇÃO CEPRO, op. cit.). Constitui-se no único polo de extração de opala extra, cuja qualidade em termos mundiais, só é comparada à da australiana.

Na Tabela 1.1, pode-se comparar os valores fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no censo de 2010, para cada um dos municípios abrangidos na área desse projeto (Pedro II, Milton Brandão, Piri-piri, Domingos Mourão, Lagoa do São Francisco, Sigefredo Pacheco e Capitão de Campos), bem como os valores apresentados para a capital Teresina.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), detalhado estudo econômico e social do país, é importante para subsidiar políticas públicas; e ainda fornece à população e aos gestores municipais, ferramentas para o 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). O município de Pedro II tem IDHM de 0,571 (Baixo), para população total, em 2010, de 37.496 habitantes, área de 1.518,233 km², e densidade demográfica de 24,70 hab./km². É o 11º município mais populoso do Piauí (Tabela 1.2). A estimativa para 2013 é de 37.968 municípios (CENSO, op. cit.).

O garimpo é um fator de geração de emprego, mas não necessariamente, seja esta atividade mineral a base de renda local. A atividade garimpeira tem sido por muitos anos mais uma alternativa que abre perspectiva àquelas pessoas que procuram na exploração da opala seu meio de sobrevivência, com o “emprego” mantido à custa do enriquecimento inesperado.

A base da economia regional está sedimentada na agropecuária, apicultura e nos trabalhos manuais, destacados pelo artesanato à base de algodão, na fabricação de tapeçarias e redes, e subordinadamente, na extração de opalas, que vem dando enorme contribuição ao comércio local. A agricultura praticada no município é baseada na produção sazonal de feijão, cana-de-açúcar, mandioca e milho.

O turismo também se sobressai na região, em áreas periféricas, onde são observadas pelos turistas, belezas naturais como: o Morro do Gritador (Foto 1.1), a Cachoeira do Salto Liso, Museu da Roça, e o Olho d'Água Buritizinho, entre outros.

Belíssimas pinturas rupestres podem ser observadas em sítios arqueológicos, como os da Lapa e do Letreiro do Quinto (Foto 1.2) que retratam a vida do homem pré-histórico nestas terras ou paragens.

Tabela 1.1 – Sínteses fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no censo de 2010, para cada um dos municípios abrangidos na área desse projeto e para a capital Teresina (CENSO, 2010).

Tipo	Unidades	Capitão de Campos	Domingos Mourão	Lagoa São Francisco	Milton Brandão	Pedro II	Piripiri	Sigefredo Pacheco	Teresina
Área da unidade territorial	km ²	592,167	846,844	155,639	1.371,743	1.518,230	1.408,934	966,989	1.391,981
Densidade demográfica	hab/km ²	18,50	5,00	41,30	4,90	24,70	43,90	10,00	584,90
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - 2010 (IDHM 2010)		0,583	0,55	0,529	0,508	0,571	0,635	0,581	0,751
Estabelecimentos de Saúde SUS	estabelecimentos	7	3	5	6	21	33	5	181
Matrícula - Ensino fundamental - 2012	matrículas	2.106	966	1.442	1.559	8.247	10.488	1.724	119.306
Matrícula - Ensino médio - 2012	matrículas	413	177	206	247	1.690	3.263	350	52.611
Número de unidades locais	unidades	63	23	37	38	441	988	64	18.279
Pessoal ocupado total	peçoas	445	178	420	259	2.263	5.754	424	277.506
PIB per capita a preços correntes	reais	3.233,00	3.710,05	3.126,47	3.083,41	3.691,02	5.128,25	3.581,78	12.940,66
PIB a preços correntes	reais	35.421	15.820	20.078	20.875	138.413	317.131	34.453	10.539.378
População residente	peçoas	10.953	4.264	6.422	6.769	37.496	61.834	9.619	814.230
População residente - Homens	peçoas	5.438	2.156	3.208	3.441	18.443	30.138	4.972	380.612
População residente - Mulheres	peçoas	5.515	2.108	3.214	3.328	19.053	31.696	4.647	433.618
População residente alfabetizada	peçoas	6.985	2.772	4.017	3.972	23.868	42.859	6.025	681.055
População residente que frequentava creche ou escola	peçoas	4.010	1.526	2.573	2.743	13.483	20.469	3.194	291.418
População residente, religião católica apostólica romana	peçoas	10.098	4.049	6.056	6.375	33.961	54.958	8.299	642.822
População residente, religião espírita	peçoas	11				11	140		6.971
População residente, religião evangélicas	peçoas	544	166	272	172	2.493	4.786	1.052	108.638
Valor do rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares permanentes com rendimento domiciliar, por situação do domicílio - Rural	reais	667,50	694,17	648,04	561,66	750,10	802,14	588,63	1.178,61
Valor do rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares permanentes com rendimento domiciliar, por situação do domicílio - Urbana	reais	1.111,17	1.676,30	812,96	849,49	1.254,42	1.618,30	959,57	2.859,72
Valor do rendimento nominal mediano mensal per capita dos domicílios particulares permanentes - Rural	reais	136,40	127,50	138,50	89,33	127,50	170,00	116,00	207,33
Valor do rendimento nominal mediano mensal per capita dos domicílios particulares permanentes - Urbana	reais	255,00	333,33	172,67	170,00	206,25	302,75	232,50	420,00

Tabela 1.2 – Municípios mais populosos do Estado do Piauí (CENSO, 2010).

Posição	Município	Mesoregião	População	IDHM	Classificação_IDHM
1	Teresina	Centro-Norte	822.363	0,751	Alto
2	Parnaíba	Norte	146.735	0,687	Médio
3	Picos	Sudeste	74.966	0,698	Médio
4	Piripiri	Norte	61.963	0,635	Médio
5	Floriano	Sudoeste	57.928	0,7	Alto
6	Campo Maior	Centro-Norte	45.338	0,656	Médio
7	Barras	Norte	45.154	0,595	Baixo
8	União	Centro-Norte	42.873	0,577	Baixo
9	Altos	Centro-Norte	39.030	0,614	Médio
10	Esperantina	Norte	38.049	0,605	Médio
11	Pedro II	Centro-Norte	37.595	0,571	Baixo
12	José de Freitas	Centro-Norte	37.409	0,618	Médio
13	Oeiras	Sudeste	35.788	0,634	Médio
14	São Raimundo Nonato	Sudoeste	32.744	0,661	Médio
15	Miguel Alves	Norte	32.476	0,539	Baixo
16	Luís Correia	Norte	28.725	0,541	Baixo
17	Cocal	Norte	26.922	0,497	Muito Baixo
18	Piracuruca	Norte	27.765	0,596	Baixo
19	Batalha	Norte	25.900	0,545	Baixo
20	Corrente	Sudoeste	25.574	0,642	Médio



Foto 1.1 – Vista do Morro do Gritador, a partir do Mirante do Gritador, município de Pedro II.



Foto 1.2 – Pinturas rupestres no Sítio Arqueológico Letreiro do Quinto (Buriti Grande dos Aquiles), município de Pedro II.

Uma Pedro II histórica é revelada através de conjunto arquitetônico em estilo barroco que compõem seu centro histórico.

Todos os anos, no mês de junho é realizado o Festival de Inverno atraindo um grande número de turistas para esse município. No entanto, a estrutura da rede hoteleira é precária, para uma cidade histórica e turística.

Em parceria entre o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE)-PI, o governo do Estado do Piauí, o Ministério da Integração e a Prefeitura de Pedro II, construiu-se um Centro Tecnológico de Artefatos Minerais (CETAM), que funciona como centro de capacitação de mão de obra especializada voltada ao aprendizado dos garimpeiros na área de lapidação e joalheria. O Centro Tecnológico é dedicado à área de mineração das opalas, buscando absorver mão de obra para o setor, com treinamento e aperfeiçoamento de novos profissionais.

A perspectiva de o município incrementar melhorias vem do Arranjo Produtivo Local (APL) da Opala de Pedro II baseado na conjuntura de um modelo de contribuição com o crescimento setorial, estimulado pela atuação das empresas de forma cooperadas, com geração de emprego, trabalho e renda, ambientalmente sustentável com redução dos níveis de desigualdade.

1.4 - MATERIAIS E MÉTODOS

Os trabalhos realizados contaram, desde o início do projeto, com uma equipe principal formada por 2 (dois) geólogos em tempo parcial. Em 2013, houve o apoio técnico de uma geóloga estruturalista e de uma engenheira de minas responsável pelo levantamento dos dados econômicos. Os trabalhos desenvolvidos compreenderam as seguintes etapas:

1.4.1 - Etapa Preparatória

Compilação bibliográfica; pesquisas na *Web*, em especial, na página do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) com o levantamento das áreas oneradas ou licenciadas para exploração de opalas, essencialmente; levantamento das bases cartográficas; fotointerpretação das fotografias aéreas na escala 1:60.000 com ênfase aos traços estruturais e geológicos das formações sedimentares ocorrentes na região; montagem da base de dados e montagem do mapa de serviço preliminar, na escala 1:100.000, para o posterior reconhecimento geológico em campo, cobrindo-se uma área equivalente a 3.000 km²; visando identificar as diferentes rochas aflorantes e as feições estruturais que hospedam a mineralização.

1.4.2 - Etapa Principal

Etapas de campo realizadas entre 2011 e 2012, com reconhecimento/mapeamento geológico regional sistemático, escala 1:100.000, para identificação das litologias aflorantes dentro de uma área de 3.000 km², visando a delimitação das formações Cabeças (arenitos) e Mosquito (soleiras e *sills* de diabásio), pois a mineralização de opalas ocorre no contato entre essas duas unidades, bem como nas porções proximais a esse contato; além de visita aos garimpos mais importantes, somado ao cadastramento e descrição de novas e das já conhecidas ocorrências de opala na área desse projeto. Em 2013, foram visitados 2 (dois) dos principais garimpos da região, os garimpos do Mamoeiro e da Roça, os quais encontram-se ativos, para descrição de suas frentes de lavra, com a confecção de perfis verticais em escala de detalhe (1:100). Visitou-se também a mina do Boi Morto com o mesmo propósito de se descrever sua frente de lavra, o que infelizmente, não foi possível, devido à enorme quantidade de rejeito e colúvio que cobrem sua(s) frente(s) de lavra. Também se focou no levantamento das estruturas regionais e das que condicionam a mineralização. As atividades previstas para o período entre 2011 e meados de 2012 foram estabelecidas para que se realizasse o levantamento geológico em escala regional 1:100.000, visando identificar-se o(s) metalotectos(s) da mineralização em opala, e se pudesse, também, indicar áreas a serem mapeadas em detalhe na escala de 1:10.000

ou maior. Para o segundo semestre de 2012, as atividades previstas priorizariam as áreas de garimpos já conhecidos, com a realização de mapeamento na escala de 1:10.000 ou maior. Para tanto, faziam-se necessários o levantamento topográfico de cada garimpo, na escala 1:10.000, os quais inexistem, além da realização de sondagens e de geofísica terrestre, devido ao enorme volume de rejeito que cobre vários dos garimpos, principalmente, na mina do Boi Morto. Infelizmente, tanto as sondagens quanto a geofísica terrestre não foram realizadas. Conseqüentemente, apenas foram elaborados perfis verticais das frentes de lavra dos garimpos do Mamoeiro e da Roça.

1.4.3 - Etapa Final

Análise, interpretação e integração de todos os dados obtidos e consolidação das informações de campo com a elaboração de mapa geológico na escala 1:100.000 (vide ANEXO I), e posterior digitalização do mesmo. Este mapa identifica as principais litologias existentes na região e contém a distribuição espacial dos principais depósitos cadastrados, visando encontrar zonas promissoras para a ocorrência de novas áreas mineralizadas.

1.4.4 - Dados Físicos de Produção:

- 72 dias de campo;
- 78 amostras coletadas;
- 416 pontos descritos;
- 37 ocorrências minerais cadastradas referentes a arenito, argila, cascalho, diabásio, laterita, opala, pirita e seixo;
- 08 garimpos e 01 mina visitados, e
- 02 garimpos com descrição de suas frentes de lavra, com a confecção de perfis verticais em escala de detalhe (1:100).

1.4.5 - Resultados Esperados:

Pretende-se identificar os controles da mineralização, e identificar novas áreas potenciais para a ocorrência de opala, buscando-se assim, estimular a ampliação do arranjo produtivo de base mineral com conseqüente geração de empregos e renda, e melhoria da qualidade de vida da população, além da melhoria do conhecimento geológico regional.

2 – CONTEXTO GEOTECTÔNICO E GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia do Parnaíba, também conhecida como Bacia do Maranhão ou do Meio-Norte, apesar de ser uma bacia de grande extensão areal, por ocupar uma área aproximada de 600.000 km² na região Nordeste, é a menos conhecida entre as três bacias paleozoicas brasileiras. Atinge, em seu depocentro, espessura total de aproximadamente 3.500 m (Vaz *et al.*, 2007).

Entende-se aqui, a Bacia do Parnaíba como a adotada por Bizzi *et al.* (2003), representada apenas pelos sedimentos paleozoicos dos grupos Serra Grande, Canindé e Balsas. O desenvolvimento tectônico e sedimentar desses grupos está associado à subsidência do embasamento da bacia dentro do contexto evolutivo do paleocontinente Gondwana. Os sedimentos pós-Grupo Balsas devem ser tratados

e estudados como uma bacia de evolução distinta da do Parnaíba, pois seus aspectos tectônicos e deposicionais estão associados diretamente ao processo de ruptura do Gondwana.

Essa bacia limita-se ao Norte, com o oceano Atlântico, pelo arco Ferrer-Urbano Santos; com a bacia do São Francisco, ao Sul, pelo arco de São Francisco; e a Noroeste, com o *rift* mesozoico do Marajó, pelo arco de Tocantins (Figura 2.1).

Utilizando-se o conceito de sequência de Sloss (1963, apud Góes e Feijó, 1994), a Bacia do Parnaíba é dividida estratigraficamente nas superseqüências Siluriana (Grupo Serra Grande), Devoniana (Grupo Canindé) e Carbonífero-Triássica (Grupo Balsas).



Figura 2.1 – Limites da Bacia do Parnaíba (Bizzi *et al.*, 2003).

2.1 - CONTEXTO GEOTECTÔNICO

O cenário sobre o qual se desenvolveu a sedimentação pré-ordoviciana na Bacia do Parnaíba, segundo Góes *et al.* (1990), influenciou de forma marcante as fases deposicionais seguintes.

O substrato da Bacia do Parnaíba é constituído por rochas metamórficas, ígneas e sedimentares formadas desde o Arqueano até o Ordoviciano, com provável predomínio, das originadas entre o final do Proterozoico e início do Paleozoico, intervalo esse, correspondente ao tempo de consolidação dessa plataforma (Vaz *et al.*, 2007).

Superimpostos a essas rochas foram criados, no final do Ciclo Brasileiro, *grabens* com eixos predominantemente SW-NE e N-S, posteriormente preenchidos, por sedimentos imaturos, no Neoproterozoico e no Cambro-Ordoviciano, gerando, respectivamente, as formações Riachão e Mirador. Esses *grabens* são correlacionados ao Grupo Jaibaras e à Formação Monte Carmo, ambos encontrados em *grabens* fora do limite atual da bacia.

No Ordoviciano criou-se uma grande depressão resultante de uma subsidência termal da região, onde foram depositados os sedimentos fluvio-deltaicos silurianos (primeira grande sequência deposicional) do Grupo Serra Grande. Com a orogenia Caledoniana, essa sequência deposicional foi finalizada, resultando numa discordância regional.

Com a continuação dos processos de subsidência termal, influenciados por efeitos flexurais, somados a uma tendência global de elevação do nível do mar, instalou-se um extenso mar epicontinental, e uma segunda sequência, agora devoniana, foi depositada, sendo retratada pelos sedimentos do Grupo Canindé. Uma discordância regional, associada aos efeitos da orogenia Eo-Herciniana, marca o final dessa deposição.

A deposição dos sedimentos do Grupo Balsas representa a retomada da sedimentação, numa terceira sequência deposicional, a carbonífero-triássica. As rochas desse Grupo evidenciam a progressiva continentalização e desertificação da bacia. A finalização dessa deposição e do registro paleozoico da bacia está ligada à reativação Wealdeniana, quando há a desagregação do Gondwana.

Os depocentros das sequências deposicionais foram fortemente controlados, até o Eocarbonífero, por dois lineamentos com direções NE-SW e SE-NW, respectivamente, Transbrasileiro ou Sobral-Pedro II e Picos-Santa Inês. Do Neocarbonífero até o Jurássico, os depocentros deslocaram-se para o centro da bacia. A sedimentação passa a apresentar padrão concêntrico e a forma externa da bacia torna-se ovalada, típica de sinéclise interior (Vaz *et al.*, op. cit.).

2.2 - GEOLOGIA REGIONAL

Para Vaz *et al.* (op. cit.), a sucessão de rochas sedimentares e magmáticas da Bacia do Parnaíba

pode ser disposta em cinco supersequências: Siluriana (correspondendo litoestratigraficamente ao Grupo Serra Grande), Mesodevoniana-Eocarbonífera (Grupo Canindé), Neocarbonífera-Eotriássica (Grupo Balsas), Jurássica (Formação Pastos Bons) e Cretácea (formações Codó, Corda, Grajaú e Itapecuru), delimitadas por discordâncias regionais (Figura 2.2).

No âmbito desse trabalho, serão tratadas apenas as três primeiras supersequências.

A sedimentação ocorrida na Bacia do Parnaíba entre o Ordoviciano/Siluriano e Mississipiano, é clástica, predominantemente marinha, marcada por acentuada subsidência na borda leste com atuação da direção nordeste e noroeste (Santos e Carvalho, 2009).

2.2.1 - Grupo Serra Grande

A sequência mais antiga da Bacia do Parnaíba corresponde à unidade estratigráfica denominada Grupo Serra Grande (Small, 1914, apud Baptista *et al.*, 1984), composta de rochas clásticas. Compreende as formações Ipu, Tianguá e Jaicós.

2.2.1.1 - Formação Ipu

Formação Ipu (Campbell, 1948, apud Baptista *et al.*, op. cit.): composta por arenitos e arenitos conglomeráticos com matriz arenosa e conglomerados; secundariamente, siltitos, folhelhos e diamictitos. Os arenitos conglomeráticos brancos a creme e maciços apresentam estratificação cruzada acanalada ou festonada; clastos mal selecionados, imbricados e, por vezes, sem matriz. Os arenitos de grânulos mais grossos, com geometria de depósitos residuais de canal, cortam abruptamente arenitos com granulometria fina, indicativa de fácies de barra de canal. As medidas de paleocorrente indicam direções para norte e para oeste. Os diamictitos com matriz rosa e seixos pequenos de xisto, quartzo e granito, com paleocorrentes orientadas para norte, originaram depósitos sedimentares interpretados como leques glaciais por Caputo e Lima (1984). Segundo esses autores, essa formação foi depositada em ambiente de rios entrelaçados com influência periglacial, e possui idade Eossiluriana.

2.2.1.2 - Formação Tianguá

Formação Tianguá (Rodrigues, 1967, apud Góes e Feijó, 1994): folhelhos cinza-escuros, bioturbados, sideríticos e carbonáticos, arenitos cinza-claros, finos a médios, feldspáticos, e intercalações de siltito e folhelho cinza-escuros, bioturbados e micáceos. Os arenitos em bancos horizontais com estratificação cruzada espinha de peixe são interpretados como deposição em ambiente marinho raso, sob a ação de ondas. Estes litotipos foram depositados durante o Wenlock.

2.2.1.3 - Formação Jaicós

Formação Jaicós (Plummer *et al.*, 1948, apud Baptista *et al.*, op. cit.): arenitos cinza-claros, grossos contendo seixos, mal selecionados, friáveis,

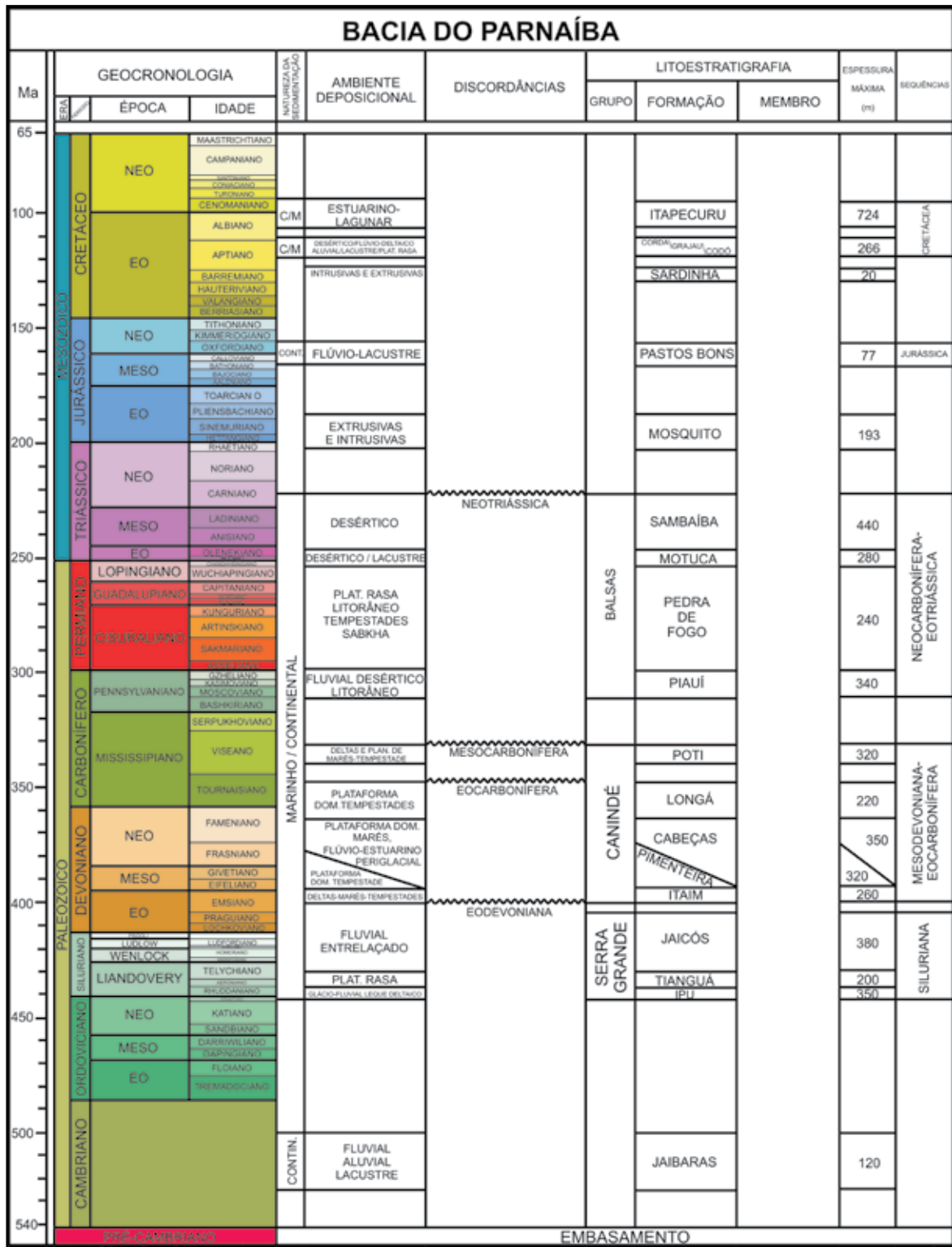


Figura 2.2 – Coluna estratigráfica da Bacia do Parnaíba segundo Vaz et al. (2007).

maciços ou com estratificações cruzada ou lenticular; conglomerados; e eventualmente, pelitos. Esta formação foi depositada em paleoambiente fluvial entrelaçado, durante o Neossiluriano.

Góes e Feijó (1994) interpretam os ambientes de deposição do Grupo Serra Grande como fluvioglacial e glacial, passando a transicional (nerítico) e retornando às condições continentais (fluvial entrelaçado). As formações Tianguá e Jaicós

representam, respectivamente, a superfície de inundação máxima e o intervalo regressivo dessa sequência. Os contatos, inferior e superior, do Grupo Serra Grande são discordantes.

2.2.2 - Grupo Canindé

O Grupo Canindé (Rodrigues, 1967, apud Góes e Feijó, op. cit. e Carozzi et al., 1975) é composto pelas formações Itaim, Pimenteira, Cabeças, Longá e Poti.

2.2.2.1 - Formação Itaim

Formação Itaim (Kegel, 1953, apud Baptista *et al.*, 1984): arenitos sílticos finos a médios, grãos subarredondados, bem selecionados e com esfericidade alta, com intercalações de folhelho bioturbado na base. Foram depositados em ambientes deltaico e de plataforma, sob a influência de correntes de tempestade, durante o Eifeliano (Mesodevoniano).

2.2.2.2 - Formação Pimenteira

Formação Pimenteira (Small, 1914, apud Baptista *et al.*, op. cit.): folhelhos cinza-escuros a pretos, localmente arroxeados, radioativos, ricos em matéria orgânica (excelentes marcos elétricos, representam superfícies de máxima inundação marinha na bacia), e siltitos, intercalados com camadas delgadas de arenito fino. Localmente, ocorrem rochas carbonáticas fosfáticas oolíticas e impuras, muito lateritizadas; siltitos e arenitos calcíferos; lentes de fosforita nodular e de conglomerado fosfático; arenitos creme, piritosos; arenitos, às vezes calcíferos e com fosfato disseminado; calcários muito finos; arenitos ferruginosos; e hematita oolítica. Presença de estratificações cruzadas de tipo *hummockys*. Esta unidade foi depositada em ambiente marinho de mar raso sob a ação de ondas de tempestade, do Eifeliano ao fim do Frasniano (Grahn *et al.*, 2001).

Os contatos da Formação Pimenteira com a Formação Itaim (inferior) e com a Formação Cabeças (superior), são considerados concordantes e gradacionais. Localmente, o contato superior com a Formação Cabeças pode ser discordante.

2.2.2.3 - Formação Cabeças

Formação Cabeças (Plummer *et al.*, 1948, apud Baptista *et al.*, op.cit.): arenitos quartzíticos cinza-claros a brancos, médios a grossos, por vezes líticos e feldspáticos, com intercalações delgadas de pelitos. Eventualmente, ocorrem diamictitos, tilitos, pavimentos e seixos estriados. Um ambiente nerítico plataformal com ação de correntes e influência periglacial (Góes e Feijó, 1994), e localmente, fácies fluvio-estuarinas, são atribuídos para a deposição desta unidade, a qual teria acontecido no Givetiano–Frasniano (Mesodevoniano–Neodevoniano).

2.2.2.4 - Formação Longá

Formação Longá (Albuquerque e Dequech, 1946, apud Góes e Feijó, op. cit.): folhelhos cinza-escuros a pretos, às vezes arroxeados, bem laminados, e siltitos, bioturbados, sobrepõem-se em contato superior com aos arenitos da Formação Cabeças, numa mudança litológica abrupta. Em sua porção média, ocorrem arenitos finos, amarelados a esbranquiçados, argiláceos com estratificações cruzadas e delgados leitos de calcários argilosos. Sua deposição ocorreu em ambiente plataformal

dominado por tempestades, durante o Fameniano (Neodevoniano). Góes e Feijó (op. cit.) estendem sua ocorrência para o Eotournasiano (Eocarbonífero).

O contato superior, com a Formação Poti, é, em geral, concordante e gradacional, embora possa ser localmente brusco (Della Fávera, 1990).

2.2.2.5 - Formação Poti

Formação Poti (Paiva, 1937, apud Góes e Feijó, op. cit.): arenitos cinza-esbranquiçados, intercalados e interlaminados com folhelhos e siltitos. Sua deposição ocorreu em ambientes de *shoreface*/submaré inferior e superior, canal fluvio-estuarino e planície de maré, sob condições climáticas de aridez, conforme evidenciado por *tepees* e concreções do tipo “rosa do deserto” (Góes *et al.*, 1997), durante o Tournaisiano (Eomississipiano - Eocarbonífero).

A Formação Poti é a unidade litoestratigráfica do Mississipiano que marca o início de recuo dos mares interiores, com interrupção das ligações com a Bacia do Amazonas. Seu contato superior com a Formação Piauí (Grupo Balsas) é discordante erosivo.

2.2.3 - Grupo Balsas

Os sedimentos do Grupo Balsas (Góes *et al.*, 1990 e 1992) evidenciam progressiva continentalização e desertificação em toda a bacia (terceira sequência - Neocarbonífera-Eotriássica). Predomínio de siliciclásticos, onde se destacam depósitos de *red beds* e depósitos eólicos. A finalização dessa deposição está ligada à Reativação Wealdeniana, quando há a desagregação do Gondwana. Engloba as formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba.

2.2.3.1 - Formação Piauí

Formação Piauí (Small, 1914, apud Baptista *et al.*, 1984): arenitos róseos, médios, bem selecionados, maciços ou com estratificação cruzada de grande porte, com intercalações de folhelhos vermelhos (parte inferior); arenitos vermelhos, finos a médios, com intercalações de folhelhos vermelhos, calcários e finas camadas de sílex, evaporitos (parte superior). Localmente, também ocorrem siltitos e conglomerados. Esta formação foi depositada em ambiente continental do tipo fluvial com contribuição eólica e breves incursões marinhas, num clima semiárido a desértico (Lima e Leite, 1978), durante o Pensilvaniano (Neocarbonífero), não mais antiga que o Moscoviano, segundo Melo *et al.* (1998).

2.2.3.2 - Formação Pedra de Fogo

Formação Pedra de Fogo (Plummer *et al.*, 1948, apud Baptista *et al.*, op. cit.): sílex, calcários oolíticos e pisolíticos creme a brancos, eventualmente estromatolíticos, intercalados com arenitos finos a médios, folhelhos, anidrita e, eventualmente,

dolomitos. Madeiras fósseis são encontradas associadas aos siltitos e arenitos finos avermelhados com manchas brancas, que pertencem às partes mais superiores da formação. Ambiente deposicional marinho raso a litorâneo com presença de *sabkhas*, eventualmente, com influência de tempestades foi atribuído por Góes e Feijó (1994) a essa formação com idade Eopermiana. Os contatos com as unidades inferior e superior são concordantes.

2.2.3.3 - Formação Motuca

Formação Motuca (Plummer *et al.*, 1948, apud Baptista *et al.*, 1984): folhelhos e siltitos vermelhos e marrons, arenito branco, e na forma de lentes delgadas nos pelitos, podem ocorrer anidrita e raro calcário. Sedimentação é de ambientes de cursos fluviais periódicos, dunas eólicas, lagos salgados (*sabkhas*), *red beds* e evaporitos (Santos e Carvalho, 2009). Depositada entre o Neopermiano e o início do Eotriássico (Caputo, 1984).

2.2.3.4 - Formação Sambaíba

Formação Sambaíba (Plummer *et al.*, 1948, apud Baptista *et al.*, op. cit.): arenitos vermelhos a róseos, finos a médios, caolínicos, bimodais, com estratificação cruzada acanalada, de grande porte. Depositada em ambiente eólico desértico, com contribuição fluvial, correspondendo ao final da desertificação da bacia. Sua idade não é precisa devido à ausência de fósseis, sendo posicionada tentativamente no Eotriássico (Góes e Feijó, op. cit.).

O contato superior do Grupo Balsas é discordante erosivo (Young, 2006).

2.2.4 - Rochas Magmáticas

Com a ruptura do megacontinente Pangea, um novo estágio tectônico foi estabelecido no Brasil, levando à abertura do Oceano Atlântico. O mesozoico foi caracterizado por eventos distensionais, remobilização de falhas antigas, surgimento de fraturas e intenso magmatismo básico. Nesse contexto tectônico, acomodaram-se as rochas ígneas intrusivas (diques e soleiras) e extrusivas, de composição básica na Bacia do Parnaíba, estratigraficamente divididas em duas unidades: Formação Mosquito e Formação Sardinha.

2.2.4.1 - Formação Mosquito

Formação Mosquito (Aguiar, 1969, apud Góes e Feijó, op. cit.): grandes derrames e grandes

soleiras, representadas pelos derrames basálticos localizados no centro e oeste da bacia. Milani e Thomaz Filho (2000) consideram o magmatismo que originou a Formação Mosquito, relacionado ao “rifteamento” e posterior abertura do Atlântico Central. Esta formação é composta por basalto preto, amigdaloidal, tholeiítico que eventualmente possui intercalações de arenito. Correlacionável ao Magmatismo Penatecaua, da Bacia do Amazonas (Góes e Feijó, op. cit.). Os diques associados foram datados por Ar-Ar em 198 Ma (Marzulli *et al.*, 1999).

2.2.4.2 - Formação Sardinha

Formação Sardinha (Aguiar, 1969, apud Góes e Feijó, op. cit.): predominam grandes diques e pequenas soleiras de rochas básicas cinza-esverdeadas a cinza-escuras, maciças, com esfoliação esferoidal e textura oftica. Localizadas, preferencialmente, na porção leste da bacia. Essas rochas básicas seriam correlatas aos derrames da Formação Serra Geral (idades de 137 a 127 Ma) da Bacia do Paraná (Oliveira, *preprint* apud Vaz *et al.*, 2007). Milani e Thomaz Filho (op. cit.) as relacionam ao “rifteamento” do Atlântico Sul.

2.2.5 - Coberturas Cenozoicas

Como coberturas cenozoicas ocorrem depósitos colúvio-eluviais e depósitos aluvionares.

2.2.5.1 - Depósitos Colúvio-Eluviais:

Depósitos Colúvios-Eluviais: sedimentos semiconsolidados a inconsolidados, mal selecionados, arenosos, areno-argilosos e conglomeráticos, compostos por fragmentos angulosos, grânulos, seixos e blocos de arenitos esbranquiçados, às vezes ferruginosos, de diabásio e/ou de crosta laterítica desmantelada. Estes litotipos teriam sido depositados entre o Neogeno e o Quaternário.

2.2.5.2 - Depósitos Aluvionares:

Depósitos Aluvionares: sedimentos inconsolidados a semiinconsolidados formando depósitos irregulares e heterogêneos, constituídos por areias mal selecionadas, cascalhos dispersos em matriz arenosa a argilosa, além de níveis de argila, de idade Quaternária.

3 – GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

Os trabalhos de cartografia geológica associados às informações bibliográficas permitiram individualizar seis unidades litoestratigráficas.

A coluna tectono-estratigráfica desse projeto (Figura 3.1) engloba rochas paleozoicas e mesozoicas, além de coberturas cenozoicas.

As rochas paleozoicas recobrem, aproximadamente, 75% da área do projeto, sendo representadas pela Formação Jaicós de idade siluriana, pertencente ao Grupo Serra Grande, e pelas formações Pimenteira e Cabeças, devonianas, inseridas no Grupo Canindé. Todas essas formações fazem parte da Bacia do Parnaíba.

Rochas mesozoicas, de composição básica intrudem as rochas paleozoicas descritas acima. São diabásios, que se apresentam na forma de soleiras e diques, perfazem 15% da área desse projeto, e pertencem à Formação Mosquito.

As coberturas cenozoicas recobrem, em torno de, 10% da área do projeto e estão representadas por Depósitos Colúvio-Eluviais e Depósitos Aluvionares.

Essas unidades serão descritas neste capítulo e podem ser observadas no mapa geológico simplificado (Figura 3.2).

3.1 - PALEOZOICO

3.1.1 - Grupo Serra Grande

O Grupo Serra Grande (Small, 1914, apud Baptista *et al.*, 1984) é composto pelas formações Ipu (basal), Tianguá e Jaicós (topo). Apenas as litologias da Formação Jaicós estão presentes na área estudada neste projeto.

3.1.1.1 - Formação Jaicós

Essa formação foi definida por Plummer *et al.* (1948, apud Baptista *et al.*, op. cit.), próximo à pequena cidade de Jaicós (PI), para designar as areias e seixos que segundo esse autor, comporiam camadas do Cretáceo Superior. Carozzi *et al.* (1975), aplicaram a denominação de Formação Jaicós proposta por Plummer *et al.* (op. cit., apud Baptista *et al.*, op. cit.), para a sequência superior, de idade siluriana, do Grupo Serra Grande, composta por arenitos grossos, muito grossos e conglomerados, que ocorrem a leste, nas escarpas da Serra Grande, divisa Piauí/Ceará.

As rochas pertencentes à Formação Jaicós, com grande continuidade lateral e geometria

RELAÇÕES TECTONO-ESTRATIGRÁFICAS							
	ERA	PERÍODO	ÉPOCA	ANDAR	IDADE (Ma)	UNIDADES	
FANEROZOICO	Cenozoico	Quaternário	Holoceno		0,0117	Q2a Depósitos Aluvionares	
			Pleistoceno				
		Neógeno			2,588	NQc Depósitos Colúvio-Eluviais	
						23,03	
	Meso- zoico	Jurássico	Inferior	Hetangiano		199,3	
		Triássico	Superior	Retiano		201,3	T3J1βm Formação Mosquito
						208,5	
						358,9	
	Paleozoico	Devoniano	Superior	Fameniano		372,2	Grupo Canindé D23c Formação Cabeças D23p Formação Pimenteiras
				Frasniano		382,7	
				Givetiano		387,7	
			Médio	Eifeliano		393,3	
						419,2	
	Siluriano	Superior			427,4	Grupo Serra Grande Ssjj Formação Jaicós	

Figura 3.1 – Relações Tectono-Estratigráficas das unidades geológicas presentes na área do Projeto “Avaliação dos depósitos de opalas de Pedro II”.

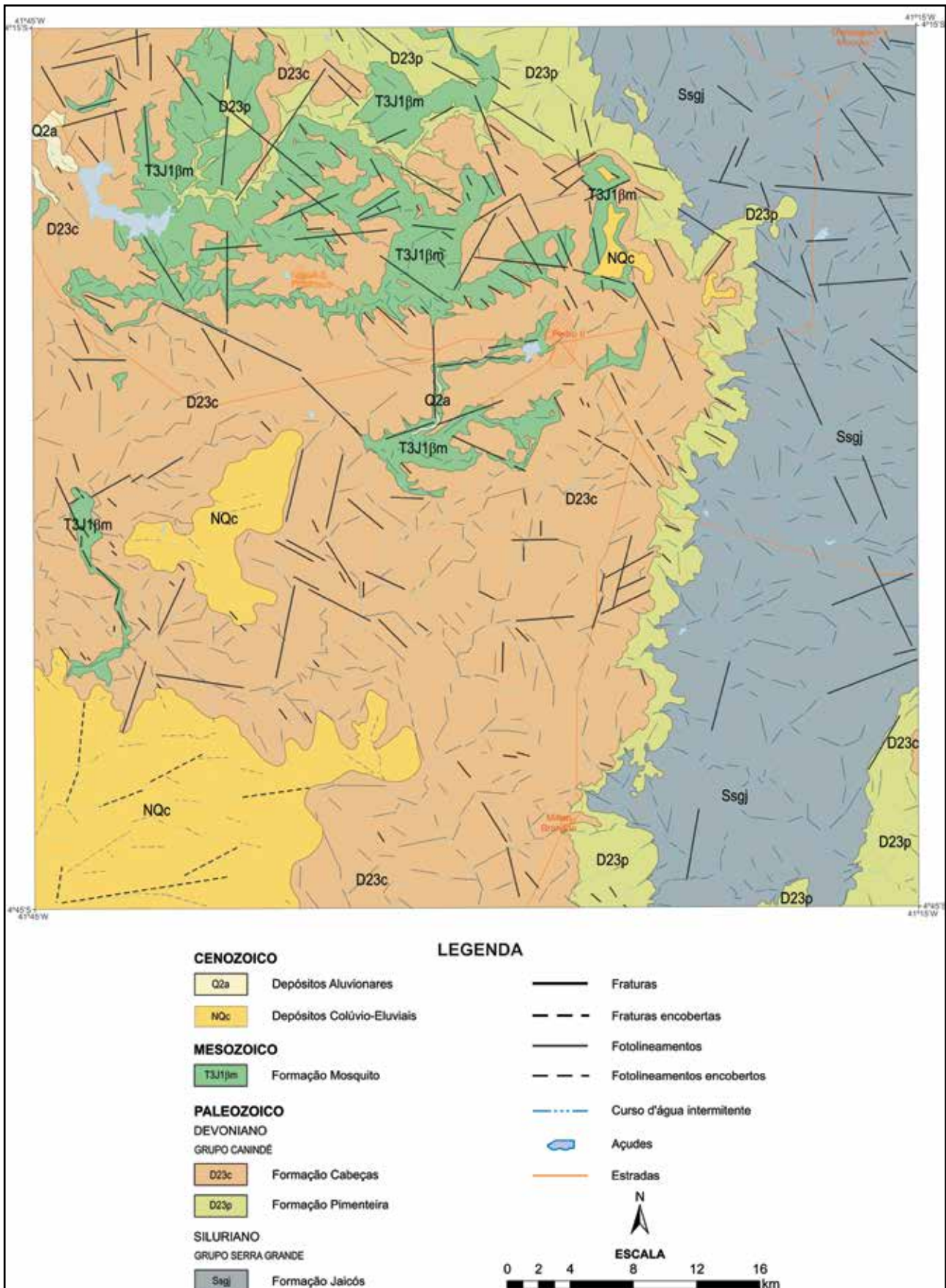


Figura 3.2 – Mapa geológico simplificado da área do projeto.

geralmente tabular, recobrem a porção leste da área desse projeto ocorrendo, principalmente, como lajedos em extensas áreas (Foto 3.1).

Essa formação é representada na área estudada, sobretudo, por arenitos creme, amarelos e brancos, médios a grossos, localmente finos, maciços, friáveis, fraturados, acamadados (Foto 3.2), em parte arcoseanos, localmente placóides a laminados quando finos, podendo apresentar, ocasionalmente, intercalações de pelitos arroxeados. Arenitos ferruginosos também podem ser observados, bem como leitos de arenitos conglomeráticos.

Como estruturas primárias ocorrem estratificações cruzadas (Foto 3.3) tabulares e acanaladas, geralmente, de grande porte, além de esporádicas marcas de onda.

O contato inferior dessa formação não está presente na área do projeto, e em relação ao contato superior, para a maioria dos autores é discordante; porém segundo Caputo e Lima (1984), esse limite é controvertido, pois sua litologia se assemelha à da sobreposta Formação Itaim, dificultando a identificação de uma provável discordância. Na área do projeto, a Formação Itaim não foi identificada e cartografada, sendo que o contato superior da Formação Jaicós se dá diretamente com a Formação Pimenteira.

3.1.2 - Grupo Canindé

Constituído pelas formações Itaim, Pimenteira, Cabeças, Longá e Poti, o Grupo Canindé (Rodrigues, 1967, apud Góes e Feijó, 1994 e Carozzi *et al.*, 1975), encontra-se representado na área em estudo apenas pelas formações Pimenteira e Cabeças, as quais serão descritas a seguir.

3.1.2.1 - Formação Pimenteira

Small (1914, apud Baptista *et al.*, 1984), utilizou o termo “folhelho de Pimenteira” para identificar camadas de folhelhos aflorantes próximos à localidade de Pimenteira, no Município de Valença do Piauí (PI). Posteriormente, foi conferida por Plummer *et al.* (1948, apud Baptista *et al.*, op. cit.), a essas rochas, a hierarquia de formação, dividindo-a em dois membros: Oitis e Picos, o que foi corroborado por Campbell *et al.* (1948, apud Baptista *et al.*, op. cit.). Entretanto, a Formação Pimenteira foi redefinida por Kegel (1953, apud Baptista *et al.*, op. cit.), que abandonou o termo Oitis, e incluiu uma seção de arenitos basais, denominada Membro Itaim, mantendo o Membro Picos, predominantemente argiloso, na parte superior dessa formação. Lima e Leite (1978) adotaram apenas o Membro Picos de Kegel (op. cit., apud Baptista *et al.*, op. cit.), como Formação Pimenteira. O Membro Itaim foi elevado à hierarquia de Formação por Carozzi *et al.* (op. cit.), e o termo Picos foi abandonado.

Segundo Vaz *et al.* (2007) a Formação Pimenteira é constituída principalmente por



Foto 3.1 – Lajedos formados pelos arenitos da Formação Jaicós (Afloramento IH-362).



Foto 3.2 – Arenitos esbranquiçados, tabulares da Formação Jaicós (Afloramento IH-362).



Foto 3.3 – Estratificação cruzada em arenitos da Formação Jaicós (Afloramento IH-362).

folhelhos cinza-escuros a pretos, esverdeados e ricos em matéria orgânica, em parte bioturbados, com intercalações de siltitos e arenitos.

Nesse projeto, constitui a unidade basal do Grupo Canindé, distribuindo-se por uma faixa contínua e, relativamente, estreita entre as

formações Jaicós e Cabeças, embasando as escarpas formadas pelos arenitos da Formação Cabeças. Essa faixa se alarga ao se aproximar dos limites norte e sul da área desse projeto, sendo também presente ao longo do vale do rio Caldeirão.

Comumente, ocorre na forma de morros de encostas suaves e topos planos. As encostas desses morros apresentam pelitos avermelhados a arroxeados que são protegidos da erosão por camadas de arenitos finos a muito finos no topo (Foto 3.4).

Representada, na área em estudo, por uma sequência de clásticos finos com predominância de fácies pelíticas compostas principalmente por siltitos (Foto 3.5), que apresentam cores desde cinza-claro, verde, roxo, rosa até amarelo, e folhelhos cinza-escuros, cinza-esverdeados a pretos, finamente laminados, pastilhados (Foto 3.6), micromicáceos, às vezes calcíferos. Essas litologias quando intemperizadas se apresentam nas cores ocre-alaranjadas a avermelhadas. Intercalam-se leitos de arenitos creme-esbranquiçados a cinza-claros, finos, quartzosos e feldspáticos, com grãos angulosos a subangulosos, regularmente selecionados.

Como estruturas sedimentares ocorrem comumente nessas rochas, estratificação plano-paralela, às vezes, onduladas e estruturas biogênicas constituídas de possíveis rastros fósseis (*icnofósseis*).

Na borda nordeste da Bacia do Parnaíba, entre os municípios de São Miguel do Tapuio e Pimenteira, a norte do município de Picos (PI), Oliveira e Barros (1976) subdividiram a Formação Pimenteira em quatro subunidades as quais, Young (2006) correlacionou com seis sequências deposicionais, identificadas e delimitadas por superfícies regressivas e regressivas-transgressivas, contendo sucessões de fácies associáveis aos tratos de sistemas deposicionais de mar baixo, transgressivo e de mar alto. Segundo esse autor, as sucessões representam sedimentação tempestífica em paleoambiente marinho raso, ora em porções mais distais ora mais proximais, com influência deltaica e de marés, em uma bacia marinha de interior cratônico do tipo rampa.

Trabalhos de bioestratigrafia apontam, para a Formação Pimenteira, uma idade que vai de meados do Eifeliano ao fim do Frasniano (Grahn *et al.*, 2001).

Os contatos da Formação Pimenteira com as formações Itaim (inferior) e Cabeças (superior) são considerados concordantes e gradacionais. Localmente, o contato superior com a Formação Cabeças pode ser discordante.

3.1.2.2 - Formação Cabeças

Unidade definida originalmente por Plummer *et al.* (1948, apud Baptista *et al.*, 1984), para designar os arenitos quartzosos médios a grossos que afloram próximos ao povoado Cabeças, atualmente, município de Dom Expedito Lopes (PI). Esses autores a dividiram em três camadas: Passagem (base),



Foto 3.4 – Relevo típico em área de ocorrência da Formação Pimenteira, formado por morros com encostas suaves, constituídas pela alternância de pelitos/arenitos muito finos, e topos planos sustentados por camadas de arenitos finos (Afloramento IH-371).



Foto 3.5 – Siltitos intercalados a argilitos e folhelhos da Formação Pimenteira (Afloramento IH-371).



Foto 3.6 – Pelitos pastilhados da Formação Pimenteira (Afloramento IH-314).

Oeiras e Ipiranga (topo). Kegel (1953, apud Baptista *et al.*, 1984), eleva à categoria de formação a Unidade Cabeças, constituída, sobretudo, por arenitos médios a grossos, com siltitos subordinados e raros folhelhos. Moore (1963, apud Baptista *et al.*, op. cit.), na borda oeste da bacia do Parnaíba, considerou a Formação Cabeças dividida em três horizontes litológicos: superior (“Arenito Pedra Branca”), médio (“tilito”), e basal (arenitos sem denominação). Diversos autores relatam ainda, a presença eventual de diamictitos, tilitos, pavimentos e seixos estriados nessa formação.

Na área do projeto, a Formação Cabeças, ocorre numa faixa contínua paralela às formações Pimenteira e Jaicós (porção leste da área) formando escarpas abruptas (Foto 3.7), ou patamares sucessivos em mesetas aplainadas, e caracteriza-se, em parte pelo aspecto ruiforme (Foto 3.8).

Muitas vezes, os arenitos da Formação Cabeças podem se apresentar na forma de lajedos, ou quando nas encostas dos morros, se acumulando como blocos e matações rolados, de tamanhos e formas variados,

predominando os tabulares e métricos, que rolaram das camadas mais altas das elevações devido ao avanço da erosão nessas escarpas abruptas.

Suas camadas apresentam planos de acamamento com direções, predominantemente, para NE-SW e mergulhos em torno de 2° a 4°, à exceção dos locais onde ocorreram as intrusões de diabásio da Formação Mosquito, ou em regiões que e as camadas foram arqueadas, quando localmente apresentam mergulhos com intensidade de até 22°, a exemplo do que ocorre no Afloramento IH-234 (Foto 3.9).

Na área de estudo, esta unidade é representada, predominantemente, por arenitos quartzosos, cinza-claros a brancos (Foto 3.10), amarelo-esbranquiçados, e amarelo-alaranjados a róseos (Foto 3.11) ou avermelhados quando intemperizados, e marrom-avermelhados quando ferruginosos. Localmente, os arenitos podem exibir níveis ferruginosos, lateritizados ou mesmo níveis de lateria, e até mesmo de conglomerados lateríticos.



Foto 3.7 – Escarpa formada por arenitos da Formação Cabeças, vista da estrada que leva ao Sítio Arqueológico do Letreiro em Pedro II (a caminho do Afloramento IH-342).



Foto 3.9 – Camadas de arenito com inclinação de 22° devido à intrusão de diabásio, junto ao Portal de Pedro II (Afloramento IH-234).



Foto 3.8 – Relevo ruiforme exibido pela Formação Cabeças, observado do topo da Ladeira dos Cauês (próximo ao Afloramento IH-191), município de Milton Brandão (PI).



Foto 3.10 – Arenitos de granulometria média, cinza-esbranquiçados da Formação Cabeças (Afloramento IH-398).



Foto 3.11 – Arenitos finos a médios, róseos da Formação Cabeças (Afloramento IH-331).

São arenitos médios a grossos, por vezes finos, bem selecionados, com grãos vítreos; maciços, estratificados em espessos bancos (Foto 3.12), normalmente tabulares (geralmente com espessuras métricas), ou em camadas pouco espessas, quando finos a muito finos (espessuras centimétricas), placoides; siltosos, caulínicos e micromicáceos, laminados. Às vezes, são friáveis, e no geral, porosos e permeáveis, constituindo excelentes aquíferos. Esta unidade é o melhor reservatório da Bacia do Parnaíba.

Alguns arenitos silicificados sobrepostos aos diabásios da Formação Mosquito na região de Pedro II (PI) e vizinhanças, se apresentam intensamente fraturados, podendo conter opala nobre (opala de excelente qualidade e alto valor, devido magnífico jogo de cores que exhibe) preenchendo essas fraturas. É normal a presença de veios de quartzo cortando os arenitos dessa formação, principalmente, quando próximos às intrusões de rochas básicas. Esses arenitos silicificados são coesos e extremamente duros (Foto 3.13). Quanto a sua localização, essas rochas são, comumente, observadas nas porções centro-norte e noroeste da área desse projeto.



Foto 3.12 – Arenitos tabulares da Formação Cabeças em corte de estrada (Afloramento IH-153).

No geral, os arenitos dessa Unidade encontram-se muito fraturados (Foto 3.14), e por vezes, também falhados.

Com os dados coletados de fraturas nesses arenitos foram construídos diagramas que serão apresentados e melhor discutidos no Capítulo 4 (Geologia Estrutural e Tectônica). No entanto, já se pode adiantar que os diagramas indicam fraturas com mergulhos médios superiores a 85° e predomínio das direções E-W e NE-SW.

Na Serra dos Matões, a norte de Pedro II (Afloramento IH-045), e na localidade de Lagoa das Éguas (Afloramento IH-125), são exibidos arenitos tabulares, de espessura métrica, sobrepostos a soleiras de diabásio, os quais estão fraturados em duas direções ortogonais, o que lhes confere o aspecto colunar (Fotos 3.15 e 3.16).

Na porção basal da Formação Cabeças, logo acima do contato com a Formação Pimenteira, ocorrem pelitos (argilitos e siltitos) esbranquiçados intercalados a camadas de arenitos finos amarelados (Foto 3.17). Tudo indica tratar-se de um contato gradacional, sendo que na Formação Pimenteira predominam as intercalações pelíticas sobre as areníticas, e na Formação Cabeças o predomínio passa a ser dos arenitos sobre os pelitos.



Foto 3.13 – Arenito silicificado com fraturas e cavidades preenchidas por sílica, encontrado próximo a rochas intrusivas básicas (Afloramento IH-317).



Foto 3.14 – Corte de estrada exibindo arenitos fraturados da Formação Cabeças (Afloramento IH-157).



Foto 3.15 – Fraturamento segundo duas direções ortogonais, conferindo aspecto colunar ao arenito da Formação Cabeças (Afloramento IH-045).



Foto 3.16 – Aspecto colunar conferido ao arenito da Formação Cabeças devido ao fraturamento segundo duas direções ortogonais (Afloramento IH-125).



Foto 3.17 – Intercalações de argilitos e siltitos esbranquiçados, em meio a camadas de arenitos finos, amarelados da porção basal da Formação Cabeças (Afloramento IH-185).

Intercalações de níveis pelíticos em meio aos arenitos também foram observadas na porção média da Formação Cabeças. São camadas de folhelhos cinzentos a cinza-esverdeados, laminados (Foto 3.18) e micáceos, muitas vezes, pastilhados, formando placas perfeitas. São ocorrências locais e restritas na área do projeto (Afloramentos IH-219 e IH-399), onde a espessura aparente desses níveis não deve ultrapassar 5 (cinco) metros. Esses pelitos laminados constituem excelente material para placas de revestimento.

Em vários afloramentos descritos nesse projeto foram observadas estruturas sedimentares como:

- marcas-de-onda (Afloramentos IH-215, 219, 250, 399 e 413 - Foto 3.19);
- estratificações plano-paralelas (Afloramentos IH-179, 182, 187, 194, 219, 226, 232 e 272 - Foto 3.20);
- estratificações cruzadas (Afloramentos IH-042, 129, 130, 132, 134, 144, 185, 196, 277, 287, 296, 352, 353, 354, 355, 376 e 413 entre outros), principalmente, tabulares de pequeno a grande porte (Fotos 3.21 e 3.22);



Foto 3.18 – Intercalações de lâminas de siltitos e/ou argilitos com camadas delgadas de arenitos finos a muito finos na porção média da Formação Cabeças (Afloramento IH-219).



Foto 3.19 – Marcas-de-onda em arenitos da Formação Cabeças (Afloramento IH-215).



Foto 3.20 – Arenitos acamadados e tabulares da Formação Cabeças exibindo estratificação plano-paralela (Afloramento IH-226).



Foto 3.21 – Estratificação cruzada em arenitos da Formação Cabeças (Afloramento IH-196).



Foto 3.22 – Estratificação cruzada de médio a grande porte em arenitos da Formação Cabeças (Afloramento IH-413).

- d. laminações plano-paralelas (Afloramentos IH-182, 219, 225 e 399 - Foto 3.23),
- e. laminações cruzadas (Afloramento IH-225 - Foto 3.24).

Segundo Góes e Feijó (1994), a deposição dos sedimentos da Formação Cabeças se deu em ambiente nerítico plataformar com ação de correntes e influência periglacial, podendo ocorrer, localmente, fácies fluvio-estuarinas (Vaz *et al.*, 2007). Segundo Santos e Carvalho (2009), esta unidade apresenta idade do Givetiano ao Fameniano.



Foto 3.23 – Arenitos da Formação Cabeças exibindo laminação plano-paralela (Afloramento IH-225).



Foto 3.24 – Laminações cruzadas exibidas por arenito fino a muito fino da Formação Cabeças (Afloramento IH-225).

3.2 - MESOZOICO

3.2.1 - Rochas Magmáticas

A Bacia do Parnaíba foi afetada por atividade magmática de caráter básico, essencialmente fissural, do final do Triássico até o Cretáceo, sendo que três pulsos magmáticos principais foram reconhecidos nessa Bacia, segundo Góes *et al.* (1992), os quais estariam representados por rochas ígneas básicas intrusivas e extrusivas, com idades variando entre 215 e 110 Ma.

Ocorrências de rochas básicas na Bacia do Parnaíba foram relatadas pela primeira vez por Lisboa (1914, apud Baptista *et al.*, 1984). Posteriormente, Aguiar (1969, apud Góes e Feijó, 1994), define as formações Mosquito e Sardinha.

3.2.1.1 - Formação Mosquito

Na área estudada foi cartografada apenas a Formação Mosquito, a qual designa os grandes derrames e grandes soleiras, estando representada, principalmente, pelos derrames basálticos localizados no centro e oeste da bacia. São considerados como associados à fase pré-rifte da abertura do Atlântico Leste, após a ruptura do bloco afro-brasileiro (Góes, 1995). É composta por basalto preto, amigdaloidal, tholeiítico que eventualmente possui intercalações de arenito, correlacionável com o Magmatismo Penatecaua, da Bacia do Amazonas (Góes e Feijó, *op. cit.*). Os diques associados foram datados por Ar-Ar em 198 Ma (Marzoli *et al.*, 1999).

Predominam, na área do projeto, rochas ígneas intrusivas de caráter básico, principalmente, constituindo extensos corpos lenticulares ou soleiras e, raramente, diques. Esses corpos intrudem as rochas do Grupo Canindé, em especial, os arenitos da Formação Cabeças, colocando-se na interfície arenitos médios a grossos, espessos e pouco fraturados / arenitos finos, menos espessos e muito fraturados, ou mesmo entre unidades psamíticas e pelíticas, aproveitando a diferença de competência desses estratos. O magma ascenderia por zonas fraturadas de menor resistência, atravessando com maior facilidade as camadas pelíticas por serem mais plásticas ou as camadas de arenitos finos e muito fraturados. Ao encontrarem os leitos arenosos, mais resistentes, mais espessos e menos fraturados, expandir-se-iam lateralmente nos estratos inferiores seguindo seu acamamento, provocando deformação nos estratos arenosos superiores. Lima e Leite (1978) citaram em seu trabalho que as intrusivas básicas da região de Pedro II constituem corpos lenticulares ou soleiras interpostas entre as formações Pimenteira e Cabeças, explicando esse fato com base na diferença de competência entre os estratos. Segundo esses autores, a espessura das soleiras, em subsuperfície, na região de Pedro II alcança 148 m.

As melhores exposições de rochas básicas na área do projeto ocorrem a aproximadamente 1 ou 2 km antes do Portal de Pedro II, na rodovia Piripiri – Pedro II (Afloramento IH–235 - Foto 3.25) e no Açude Joana (Afloramento IH–389 - Foto 3.26). Boa exposição foi observada, também, ao longo do rio Corrente, em cava do garimpo da Roça, onde foi coletada amostra de diabásio para análise geocronológica.

As rochas intrusivas básicas ocupam, praticamente, metade do quadrante noroeste da área desse projeto. Essas rochas exibem granulação fina a média – diabásio (Foto 3.27), localmente chegando à granulação grossa, com composição gabroica (Foto 3.28).



Foto 3.25 – Afloramento de rocha intrusiva básica em corte de estrada, aproximadamente, 1 km antes de chegar ao Portal de Pedro II (Afloramento IH–235).



Foto 3.26 – Rocha intrusiva básica aflorante junto ao Açude Joana – Pedro II (Afloramento IH–389).



Foto 3.27 – Rocha intrusiva básica de granulação média (diabásio) – Afloramento IH–245.

São rochas compostas por plagioclásio e clinopiroxênios (augitas), com minerais opacos, magnéticos, disseminados; e no geral, com textura ofítica. Eventualmente, no topo das soleiras, podem estar alteradas para argilas variegadas. Conforme o grau de intemperismo, produzem blocos arredondados a semi-arredondados e/ou ovalados, com esfoliação esferoidal marcante (Foto 3.29), chegando a gerar um solo vermelho a marrom, de cor de pó-de-café, e argiloso a areno-argiloso em menor porcentagem (Foto 3.30).



Foto 3.28 – Rocha intrusiva básica de granulação grossa (gabro) – Afloramento IH-113.



Foto 3.29 – Esfoliação esferoidal em rocha intrusiva básica, dando aspecto acebolado à mesma. Aproximadamente, 1 km antes de chegar ao Portal de Pedro II (Afloramento IH-235 C).



Foto 3.30 – Perfil de alteração em rocha intrusiva básica com formação de solo marrom avermelhado argiloso (Afloramento IH-247).

Quanto à idade desta unidade, Caldasso e Hama (1978), determinaram três conjuntos de populações (baseados em 45 datações radiométricas realizadas em diabásios e basaltos da Bacia do Parnaíba), que caracterizam as diferentes fases de magmatismo básico nessa bacia: um conjunto com idades do Triássico Médio a Superior, englobando diabásios e basaltos no flanco centro-oeste da bacia; um segundo conjunto com população bimodal, com idades do Jurássico Inferior

ao Superior, correspondendo às rochas que intrudem as formações paleozoicas do flanco leste e a basaltos do flanco centro-oeste da bacia; e um terceiro conjunto o qual agrupa o maior número de determinações, composto essencialmente por diabásios intrusivos no flanco leste da bacia, com idades equivalentes ao Cetáceo Inferior; evento magmático este, correspondente à reativação Wealdeniana na Bacia do Parnaíba.

Uma vez que no Afloramento IH-353 (garimpo da Roça), por ocasião da visita da equipe a esse garimpo, foi observada excelente exposição de rocha intrusiva básica (diabásio), fresca, em cava recém-aberta para exploração de opala, optou-se por coletar uma amostra deste diabásio, o qual intrude sedimentos da Formação Cabeças, para datação geocronológica. Esta amostra teve a composição isotópica de seus cristais de zircão determinada em LA-ICPMS (Neptune) no Laboratório de Geocronologia da UnB utilizando *spot* de 30 μm . Foram analisados 24 Pontos no mesmo número de cristais. O conjunto de idades obtidas não indica a presença de herança ou contaminação crustal. As razões são bastante similares, mas 11 possuem alto erro analítico e/ou grande conteúdo de Pb comum e foram desprezados. Os demais dados possuem idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ entre 194 e 209 Ma e os mais concordantes (11 *spots*) indicam uma idade de 203 ± 2 Ma (Figura 3.3 e Tabela 3.1), associada a um MSWD de 0,44 e probabilidade de concordância de 0,51. Este resultado representa a idade de cristalização do corpo, colocando essas intrusivas no intervalo Triássico Superior – Jurássico Inferior (Rodrigues, 2014).

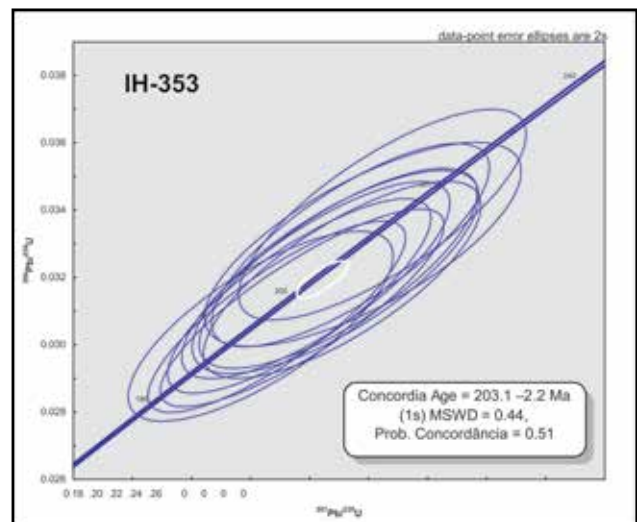


Figura 3.3 – Cocordia Age calculada a partir dos dados mais concordantes da amostra IH-R-353 (amostra de diabásio coletada no Afloramento IH-353 – garimpo da Roça).

3.3 - CENOZOICO

3.3.1 - Depósitos Colúvio-Eluviais

Nessa unidade litoestratigráfica prevalecem os depósitos eluviais, uma vez que os depósitos colúvionares não são mapeáveis individualmente na escala trabalhada (1:100.000), e estão representados por depósitos de tálus. Estes se encontram distribuídos ao longo das

Tabela 3.1 – Dados analíticos da datação realizada na amostra IH-R-353.

Grão.spot	f206(%)	Th	U	206Pb	204Pb	207Pb	206Pb	err (%)	1sigma	207Pb	235U	err (%)	1sigma	206Pb	238U	err (%)	1sigma	Rho	Idades Aparentes					Conc.(%)	6/8-7/5
																			207Pb (Ma)	207Pb (Ma)	206Pb (Ma)	206Pb (Ma)	235U		
04-Z01	0,01	2,02	238930	0,050262	2,12	0,212	4,33	0,030551	3,77	0,74	207	49	195	8	194	7	99,49								
15-Z04	0,01	1,68	339683	0,050335	1,83	0,218	4,18	0,031449	3,75	0,80	210	42	200	8	200	7	99,58								
16-Z05	0,01	1,27	217851	0,051027	2,29	0,219	4,49	0,031094	3,86	0,84	242	53	201	8	197	8	98,26								
18-Z07	0,01	0,58	246698	0,050444	1,75	0,214	4,15	0,030833	3,77	0,83	216	41	197	7	196	7	99,23								
24-Z11	0,01	1,20	349253	0,050540	2,04	0,225	4,28	0,032269	3,76	0,76	220	47	206	8	205	8	99,41								
25-Z12	0,00	1,67	415762	0,051228	2,03	0,226	4,26	0,031931	3,74	0,75	251	47	207	8	203	7	98,12								
28-Z15	0,01	1,41	158607	0,050230	1,90	0,221	4,20	0,031921	3,74	0,78	206	44	203	8	203	7	99,88								
29-Z16	0,03	1,34	64970	0,050607	2,20	0,224	4,42	0,032163	3,83	0,74	223	51	206	8	204	8	99,26								
35-Z19	0,00	1,72	625540	0,049937	1,98	0,227	4,24	0,032961	3,74	0,76	192	46	208	8	209	8	100,66								
36-Z20	0,01	1,42	291873	0,050363	2,97	0,229	4,78	0,032985	3,75	0,72	212	69	209	9	209	8	99,90								
45-Z26	0,00	1,49	503973	0,049757	2,02	0,232	4,28	0,033867	3,77	0,76	184	47	212	8	215	8	101,21								

encostas de morros (Foto 3.31). e serras desenvolvidos, principalmente, pelo arqueamento e/ou soerguimento de camadas sedimentares paleozoicas devido à intrusão de rochas básicas, na forma de espessas soleiras; ou nas frentes das escarpas abruptas formadas pela Formação Cabeças (Foto 3.32). São depósitos constituídos geralmente por fragmentos de rocha, de diversos tamanhos (grânulos até matacões, predominando blocos) e formas (angulosos a subarredondados), além de composições também variadas (diabásio, arenito e laterita), rolados e/ou soltos, imersos em material de granulometria bem menor que a dos blocos, e que se apresentam caoticamente organizados. Fruto do desmonte mecânico e da erosão impostos a essas rochas, esses depósitos foram mapeados juntamente com os depósitos eluviais.

Essa unidade se concentra no quadrante sudoeste da área do projeto, recobrimo, predominantemente, sedimentos da Formação Cabeças. Normalmente, ocorre entre as cotas 290 e 400m. Já, os depósitos eluviais aqui cartografados são compostos, principalmente, por sedimentos arenosos, areno-argilosos e conglomerados, mal trabalhados e mal selecionados. Formam extensas áreas aplainadas (Foto 3.33).

Excepcionalmente, ocorrem sedimentos ferruginosos, laterizados e fragmentos de crosta laterítica dismantelada além de grânulos e seixos, como observado no topo da Serra dos Matões, onde esses depósitos eluviais sobrepõem-se aos diabásios.

3.3.2 - Depósitos Aluvionares

Esses depósitos foram cartografados ao longo do leito do rio Corrente (oeste-sudoeste de Pedro II) e a jusante do açude do Caldeirão (próximo ao limite oeste da área desse projeto, já no município de Piri-piri/PI). Apesar de sua menor expressão em área, o depósito aluvionar cartografado ao longo do rio Corrente se reveste de grande importância para esse projeto, por conter depósitos secundários de opala nobre, uma vez que corta o garimpo da Roça, além de estar próximo a outras áreas garimpeiras muito importantes, como por exemplo, o garimpo do Mamoeiro.



Foto 3.31 – Colúvio na encosta do Morro do Meio (Afloramento IH-348), cuja altura aproximada é de 20 m.

São depósitos irregulares e heterogêneos constituídos por areias mal selecionadas, argilas (Foto 3.34), por vezes cascalhos, blocos de arenitos silicificados, diabásio e calcedônia, dispersos em matriz areno-argilosa.



Foto 3.32 – Depósitos de tálus originados pela erosão e o desmonte mecânico em frente de escarpa formada por arenitos da Formação Cabeças (Vista do Morro do Gritador, município de Pedro II / PI).



Foto 3.33 – Vista da estrada que liga a localidade de Olho d'Água à Fazenda Carnaubal (Afloramentos IH-397 a IH-398), representando uma extensa área plana recoberta por sedimentos arenosos oriundos do intemperismo imposto às litologias da Formação Cabeças.



Foto 3.34 – Depósito aluvionar presente no garimpo da Roça composto por sedimentos argilosos e arenosos (Afloramento IH-353).

4 – GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA

4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A área alvo do presente relatório engloba a região garimpeira de Pedro II, no Estado do Piauí. Os depósitos estão inseridos na bacia sedimentar do Parnaíba, associados à intrusão de soleiras e diques de diabásio nas porções média e inferior da Formação Cabeças. Seus principais representantes são a mina do Boi Morto e os garimpos da Roça e do Mamoeiro, onde a extração de opala é feita em área delimitada (catreado) e/ou por faiscação. Neste caso, é feito o retrabalhamento do rejeito.

De acordo com Vaz *et al.* (2007) a sucessão de rochas sedimentares e magmáticas da Bacia do Parnaíba pode ser disposta em cinco supersequências, delimitadas por discordâncias regionais: Siluriana (litoestratigraficamente corresponde ao Grupo Serra Grande), Mesodevoniana-Eocarbonífera (Grupo Canindé), Neocarbonífera-Eotriássica (Grupo Balsas), Jurássica (Formação Pastos Bons) e Cretácea (formações Codó, Corda, Grajaú e Itapecuru).

No contexto geotectônico da Bacia do Parnaíba são reconhecidas como importantes feições: **a)** *grabens* com eixos predominantemente SW-NE e N-S, formados no final do Ciclo Brasileiro e, sobrepostos por rochas proterozoicas que constituem o embasamento desta, e **b)** os lineamentos Marajó-Parnaíba, Transbrasiliano (Sobral-Pedro II) e o Picos-Santa Inês. Estes dois últimos, respectivamente com direções SW-NE e NW-SE, exerceram forte controle sobre os depocentros das sequências.

Em análise estrutural, a análise geométrica se detém na forma, orientação geográfica, tamanho e relações entre as estruturas principais e as associadas. Nesse tipo de análise, é conveniente a representação dos dados em projeções estereográficas, utilizadas para interpretar e entender o arranjo espacial das feições rúpteis e/ou dúcteis presentes.

Segundo Fossen (2012), utiliza-se o termo fratura para qualquer descontinuidade plana ou subplana, com uma direção pouco espessa em comparação as outras duas. Fraturas são formadas por esforço externo (p. ex., tectônico) ou interno (térmico residual) e, podem ser divididas em fraturas de cisalhamento (superfícies de deslizamento) e em abertas ou de extensão (juntas, fissuras e veios). Podem ser ainda admitidas como fraturas de fechamento ou de contração.

Em termos gerais, juntas constituem estruturas bastante comuns, sendo descritas desde terrenos metamórficos deformados, em rochas sedimentares poucos ou não deformadas, bem como em corpos ígneos.

Em estudos de geologia aplicada é usado um conceito mais amplo (descontinuidades), que além

das fraturas abrange estratificação, clivagem e certos planos de foliação. Ressalta-se que a presença de descontinuidades pode ser vista como vantagem, no caso da percolação de fluidos em aquíferos fissura em rochas cristalinas, ou como problemas, por exemplo, no dimensionamento de blocos de rocha com fins ornamentais.

4.2. ESTRUTURAS RÚPTEIS

O arranjo estrutural da área estudada, em imagens de sensores remotos é assinalado por três *trends* de faturamento principais: NW-SE, NE-SW e aproximadamente E-W, sendo o primeiro o mais expressivo (vide mapa geológico).

Em coletas de dados iniciais o faturamento foi reconhecido como subvertical a vertical (mergulhos superiores a 87°). Esses dados em notação tipo Bruton, foram convertidos em medidas Clar e, utilizando-se do programa StereoNet (versão 3.03, Allmendinger, 1996) foram plotadas em rede de Schmidt-Lambert, com projeção no hemisfério inferior. O estereograma gerado (Figura 4.1) indica amplo predomínio de fraturas com direção aproximada E-W sobre as NE-SW. E, sugere a presença de planos NW-SE, bem marcados em fotointerpretação.

O diagrama construído para um segundo conjunto de dados (Figura 4.2a) indica fraturas com mergulhos médios superiores a 85° e, confirma o predomínio das direções E-W e NE-SW como visto anteriormente (Figura 4.2b).

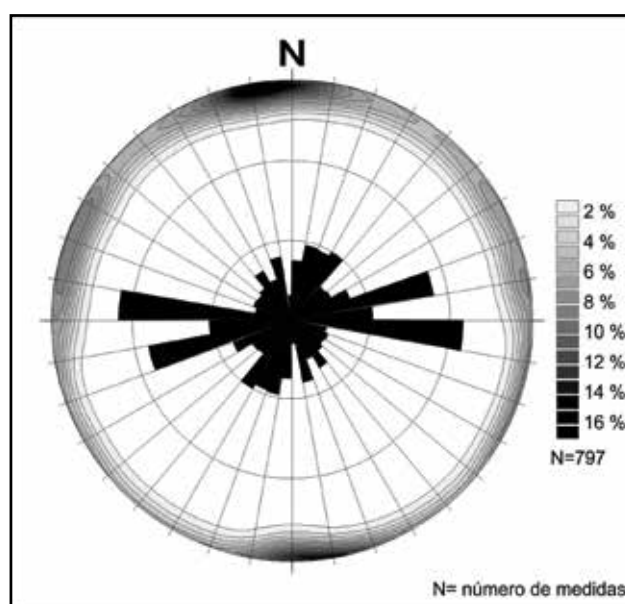


Figura 4.1 – Isolinhas de pólos de fratura e diagrama de roseta indicando três direções principais de planos de rupturas: E-W, NE-SW e NW-SE.

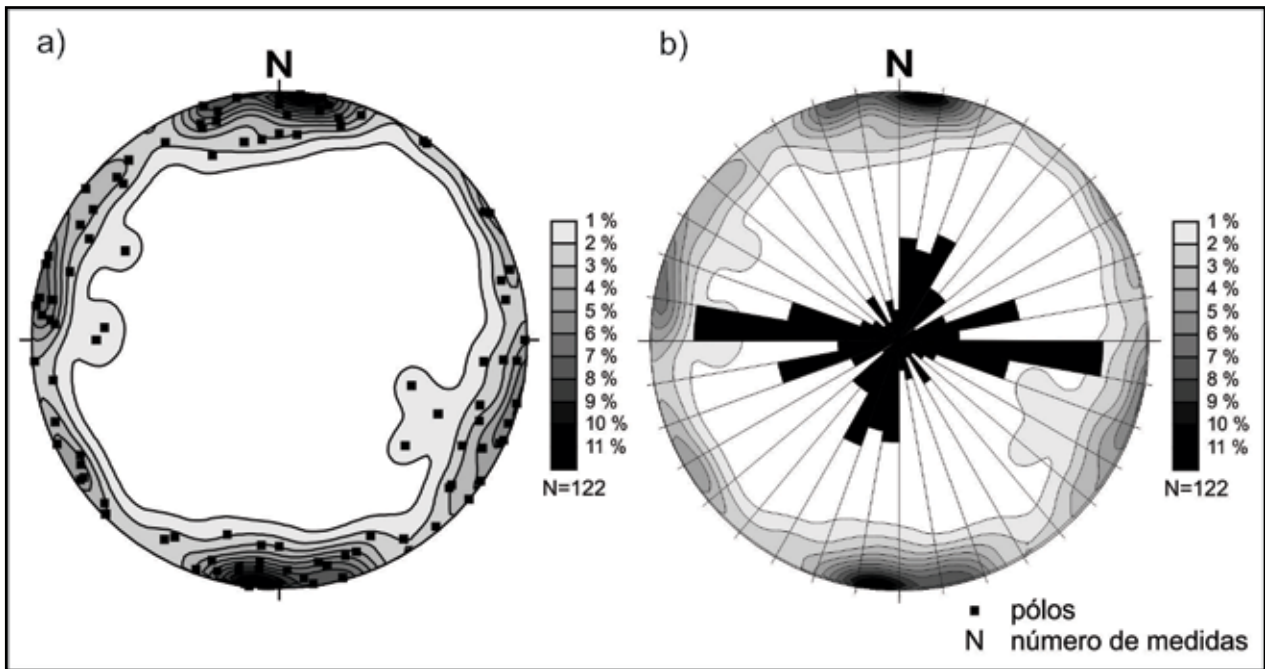


Figura 4.2 – Diagrama de isolinhas de pólos de fratura caracterizando estruturas de alto ângulo de mergulho, segundo duas direções principais (a). Sobreposição do diagrama de roseta ressaltando a direção E–W como a de maior representatividade do conjunto (b).

Como fraturas são feições presentes em toda área, procurou-se fazer uma coleta sistemática por família. Foram observados critérios de persistência dos planos de ruptura (continuidade), espaçamento entre planos, abertura e presença ou não de preenchimento. Na área, as fraturas formam famílias entrecruzadas, normalmente com duas direções quase ortogonais entre si (Foto 4.1). O espaçamento varia de decimétrico a métrico, são normalmente fechadas ou com espaçamento milimétrico e, sem preenchimento. Ressalta-se que de local para local as famílias consideradas como principais variam.

O mesmo conjunto de dados foi agrupado em termos de direção de faturamento (Figuras. 4.3a-f).



Foto 4.1 – Corte de estrada, no arenito da Formação Cabeças fraturado segundo duas direções ortogonais ($260/82^\circ$ e $350/88^\circ$), o que confere à rocha aspecto colunar (Afloramento IH-045).

Isto permitiu a melhor caracterização das famílias NE-SW e NW-SE (Figuras. 4.3e,f), secundárias nos tratamentos por conjunto total, mas que aparecem repetidamente em fotografias aéreas e imagens de satélites. É importante ressaltar que o maior número de medidas de uma determinada família é resultado direto de sua repetição nos afloramentos, caso das fraturas com mergulho para 185Az (SSW) e 07Az (NNE), isto é, segundo a direção E-W (Figura 4.3a,b).

Em regime rúptil e, considerando-se rochas homogêneas e isotrópicas, normalmente aparecem pares conjugados de fraturas de cisalhamento, formando ângulos (Θ) da ordem de 60° . Na bissetriz desse ângulo são formadas fraturas de partição ou de extensão (T). Estes pares conjugados de fraturas são utilizados como indicativos de σ_1 , o vetor indicativo de compressão máxima ao qual foi submetido a área.

Com base em pares conjugados foram feitas inferências de σ_1 o que resultou em duas direções principais: SW-NE e SE-NW (Figura 4.4). Na porção oeste da área, no entrono da soleira que abrange as localidades das fazendas Caboclo (Afloramento IH-402) e Ininga (Afloramento IH-399), se estendendo até a localidade de Sabiá, prevalece σ_1 segundo a direção SW-NE. Para esta porção da área não há registros de ocorrência de opala.

Na região adjacente a Pedro II ainda são observados σ_1 segundo a direção SW-NE (Afloramentos IH-389, IH-390, IH-290). Entretanto, nas proximidades da mina do Boi Morto (Afloramento IH-356), curva do Gritador (Afloramento IH-045), no garimpo do Mamoeiro (Afloramento IH-354) e na localidade de Cangulo (Afloramento IH-413), que consistem nas

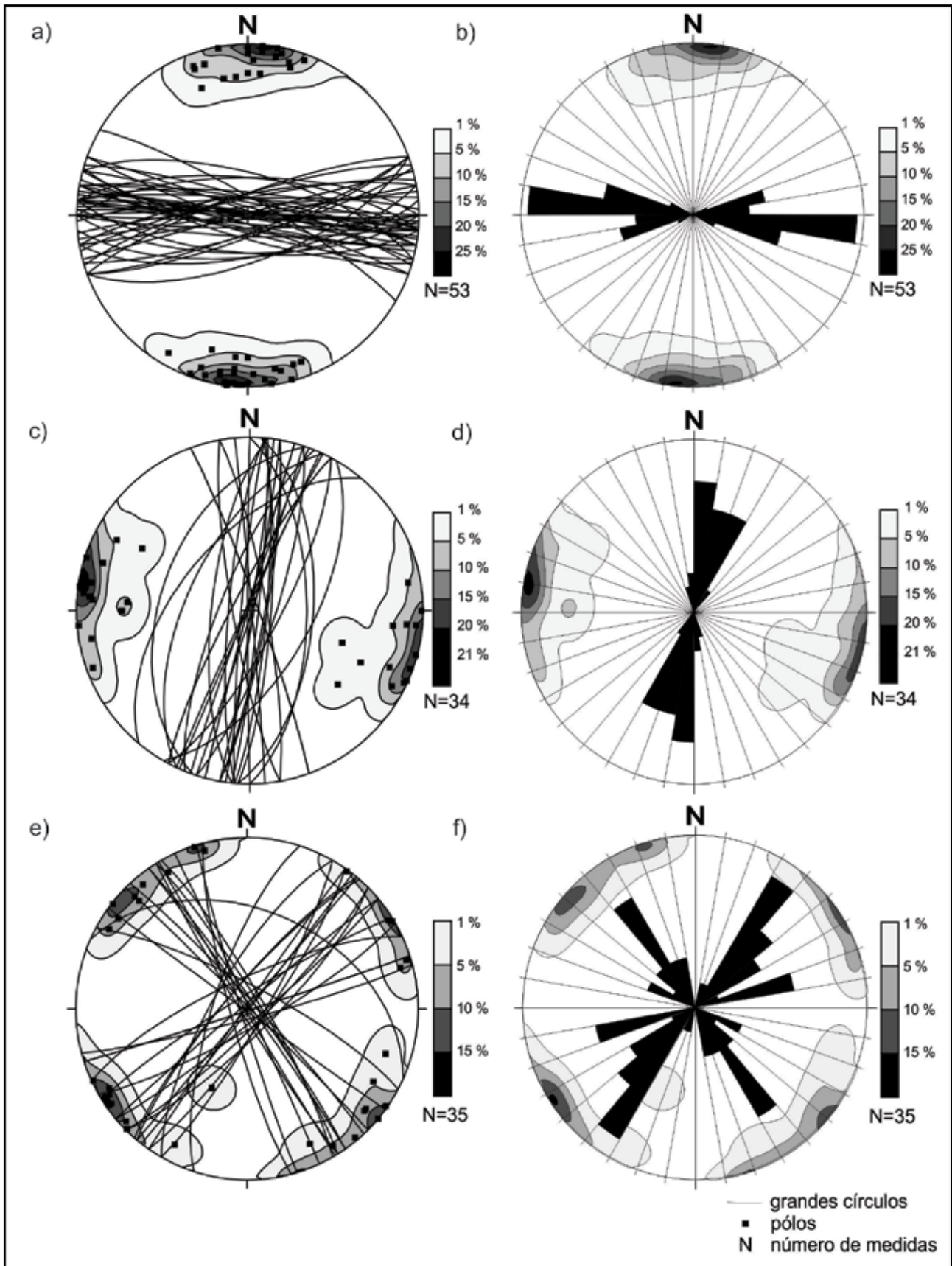


Figura 4.3 – Agrupamento de atitudes por direção preferencial de fraturamento, evidenciando a presença de planos NW–SE e NE–SW. (a,c,e) isolinhas de pólos de fraturas; (b,d,f) diagramas de rosetas sobrepostos as isolinhas.

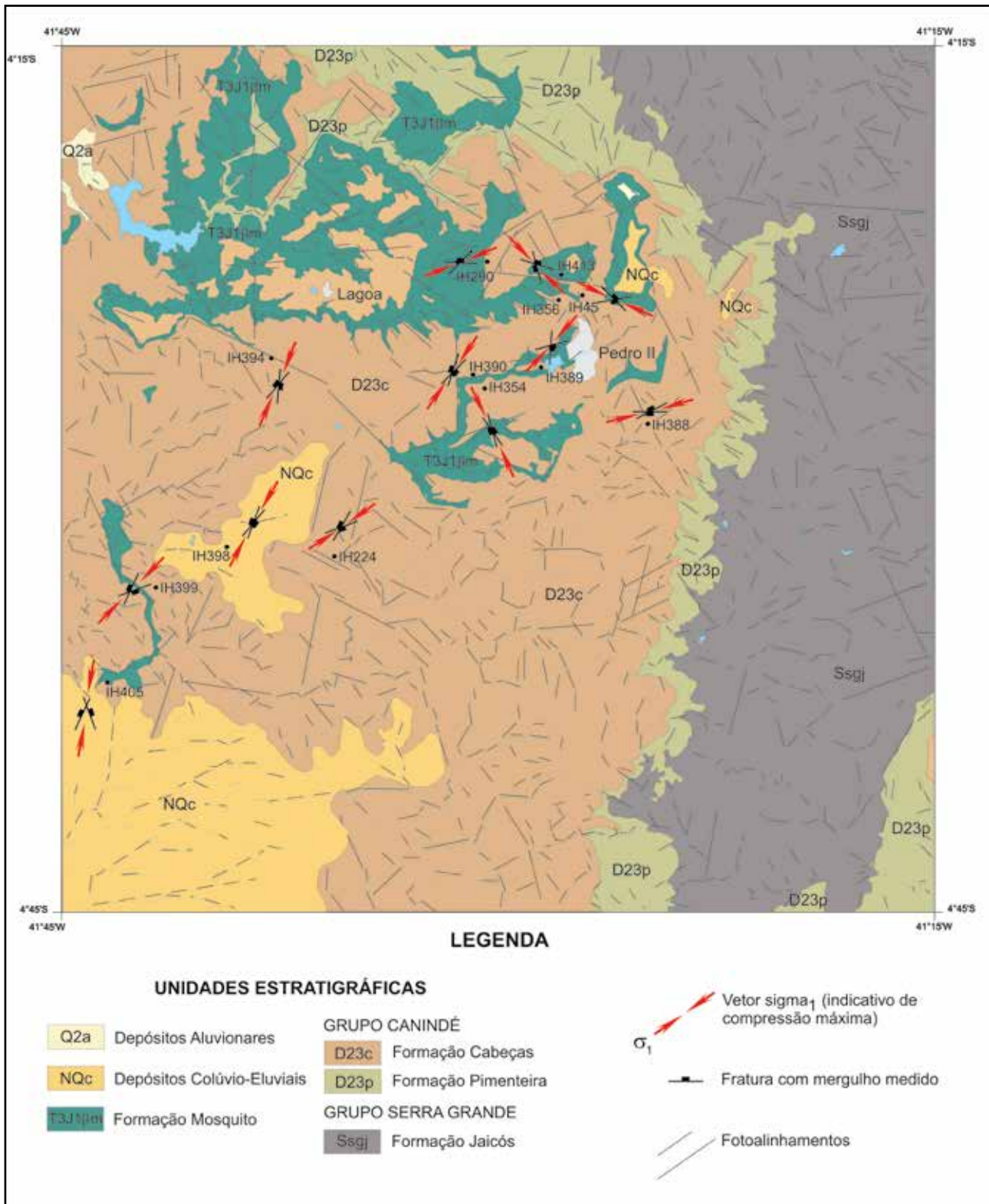


Figura 4.4 – Mapa geológico simplificado com direções de σ_1 determinados na área.

principais ocorrências de opala, foi observado σ_1 com direção SE-NW (Foto 4.2). Esta direção é coerente com fotoalinhamentos, sugerindo-a como a direção principal das mineralizações em opalas, associadas à tectônica rúptil.

Regionalmente, a direção de faturamento SW-NE é associada ao Sobral-Pedro II, enquanto a NW-SE ao lineamento Picos-Santa Inês. A direção E-W parece ser mais nova, uma vez que afeta a drenagem provocando mudanças bruscas de direção (formação de cotovelos), principalmente na parte inferior da principal soleira de diabásio.



Foto 4.2 – Par cisalhante em arenito com estratificações cruzadas e plano paralelas, indicando σ_1 com direção NW–SE (atitudes de fraturas: 255/82° e 017/88°) – (Afloramento IH-413).

5 – OPALA E GARIMPOS

5.1 - CONCEITUAÇÕES E GÊNESE DA OPALA

5.1.1 - Histórico e origem do nome

A palavra opala, segundo o Dicionário Aurélio (Ferreira, 2010) [Do francês *opale* < latim *opalu* < grego *opállios* < sânscrito *upala*.] significa pedra preciosa. É uma pedra conhecida e apreciada desde a Antiguidade, sendo mencionada em referências romanas já no séc. I a.C., sendo associada ao poder e a capacidades medicinais; mais tarde, porém, adquiriu a fama de trazer azar, a qual perdurou até o final do séc. XIX, quando ocorrem as descobertas das enormes jazidas australianas levando à retomada da procura dessa gema para a confecção de adornos e joias.

Em Pedro II (PI) são controversas as informações sobre as primeiras descobertas de opala. Há uma versão sobre a existência, na década dos anos de 1940, de um sanfoneiro que costumava enfeitar sua roupa com botões feitos de opala, e que à noite os mesmos em contato com luz artificial refletiam diferentes cores do espectro, instigando assim, a curiosidade das pessoas (Oliveira e Soares Filho, 1981). Outra versão relata que por acaso, na década dos anos de 1930, teria sido encontrada essa pedra azul leitosa, a qual foi levada até Teresina (PI), onde um engenheiro a identificou como opala.

5.1.2 - Distribuição mundial

As jazidas mais antigas localizam-se na República Tcheca e Hungria. Opalas nobres também são encontradas, atualmente, na Austrália, Brasil, México, Honduras, Estados Unidos da América (Oregon, Nevada, Idaho, Califórnia e Alaska), Índia, Indonésia, Nova Zelândia, Tanzânia, Polônia, Ucrânia, Etiópia, Guatemala, Japão, Rússia, Peru e França (Foto 5.1).

O Brasil é uma das nove províncias gemológicas (região que produz gemas em volume e variedade excepcionais) reconhecidas mundialmente (Branco, 2003), e Pedro II faz parte desse contexto (Foto 5.2).

5.1.3 - Propriedades da opala

A família das opalas é composta por três grupos: opalas nobres opalescentes, opalas de fogo amarelo-vermelhas e opalas comuns, as mais abundantes. Suas propriedades físicas variam notavelmente e segundo Schumann (1982) são:

Cor: branca, cinza, azul, verde, amarela, vermelha, laranja, marrom e preta.

Cor do traço: branco

Dureza ao risco: 5,5 - 6,5.

Densidade relativa: 1,9 – 2,2; média = 2,09.



Foto 5.1 – Opalas nobres provenientes do México, Brasil, República Checa, Austrália e Estados Unidos (Foto realizada em março/2014, Museu de História Natural de Nova York/EUA).



Foto 5.2 – Opalas nobres tipo white opal provenientes de Pedro II (PI).

Clivagem: não há.

Fratura: conchoidal ou concóide a irregular.

Sistema cristalino: amorfo.

Composição química: $\text{SiO}_2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$ – óxido de silício hidratado com teores de água atingindo até 30%. A perda desta água sob a ação do calor resulta na formação de fraturas e/ou fissuras, e numa diminuição do seu característico jogo de cores. A opala também é sensível à pressão e golpes, assim como a ácidos e álcalis.

Transparência: transparente, translúcida a opaca.

Brilho: vítreo a ceroso.

Índice de refração: 1,44 – 1,46. As opalas mexicanas têm índice de refração muito baixo de até 1,37.

Birrefringência: não há.

Dispersão: não há.

Pleocroísmo: não há.

Espectro de absorção: opala de fogo - 7000-6400-5900-4000 Å

Fluorescência da opala: opala branca: branca, azulada, acastanhada e esverdeada; opala preta: usualmente, nenhuma; opala de fogo: esverdeada a acastanhada.

5.1.4 - Características

O que faz com que a opala se destaque das demais gemas é a enorme variedade de cores que ela pode exibir, simultaneamente, e as mudanças que essas cores sofrem quando do movimento da gema (jogo de cores). É muito importante lembrar que o termo opalescência refere-se ao aspecto azulado leitoso ou de brilho opalino (da opala comum) como consequência de fenômenos de reflexão, no que se reflete, sobretudo, em luz de comprimento de onda curta, isto é, azul. Não se deve confundir com opalização que é o termo que deve ser usado para se referir ao jogo de cores da opala que varia de acordo com o ângulo em que se a observa (Schumann, 1982).

Diferindo da maior parte das gemas inorgânicas, a opala classifica-se como mineraloide e não, mineral, uma vez que tem estrutura interna amorfa e não-cristalina de seus átomos. Por outro lado, a opala nobre apresenta, sim, um tipo de organização tridimensional interna, que foi descoberta em 1964 com o advento do microscópio eletrônico quando se verificou que sua estrutura consiste em um arranjo regular de pequenas esferas de cristobalita, com diâmetro de 1/10.000 de mm, inclusas numa massa de sílica gel, mostrando um espaçamento regular entre essas esferas. A inter-relação entre as esferas de sílica e os espaços entre as esferas provoca os fenômenos de difração, dispersão, interferência e reflexão da luz, resultando na visualização na superfície da gema das diversas cores do arco-íris. O tamanho das esferas de sílica e do espaço intersticial entre elas reflete diretamente no jogo de cores apresentado por uma opala (Watkins *et al.*, 2009). Nas opalas nobres, as esferas com diâmetro entre 150 e 400 nm (nanômetros), são as que têm jogo de cores. As opalas com esferas menores (de aproximadamente 150 nm) geralmente produzem reflexos na cor azul e roxa, chegando até as opalas com esferas de maior diâmetro (350 a 400 nm), onde se é possível observar todas as cores do arco-íris – roxo, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho. As opalas com reflexos vermelhos são as mais raras na natureza. Somado a isso, a qualidade das cores refletidas é influenciada pela coloração de fundo da gema. Cada gema exibe um jogo de cores exclusivo. As cores distribuem-se em faixas, pontos, linhas ou figuras geométricas, isolados ou combinados na superfície da opala, aleatoriamente, ou em maravilhosos padrões.

As opalas de Pedro II são tão belas quanto as da Austrália, confundindo-se com essas no mercado mundial. No entanto, apresentam um diferencial fundamental: sua comprovada qualidade

mineralógica e gemológica - apresentam teores de água inferiores (em torno de 5,7%) aos encontrados nas opalas de outros países, sendo assim, são as mais duras do mundo (dureza entre 6,0 e 6,5), somado ao fato de exibirem uma baixa sensibilidade ao calor (Rosa, 1988).

5.1.5 - Ocorrência

Ocorrem em veios irregulares, massas e nódulos. Também em fendas e cavidades de rochas ígneas, como nódulos em calcários e em fontes termais. Pode se formar, também, sobre outros minerais e mesmo vegetais, dentes e conchas fósseis (Branco, 2009).

5.1.6 - A origem das opalas nobres

As opalas nobres são formadas sobre condições muito especiais e, apesar do seu elevado teor em água, curiosamente, elas são encontradas em ambientes de regiões áridas e semi-áridas, com chuvas sazonais. Elas ocorrem em forma de um gel que é depositado em temperatura relativamente baixa em fissuras de quase todos os tipos de rocha, encontradas em geral nas formações ferro-manganíferas, arenito, e basalto (diabásio). Há milhões de anos, soluções de água e sílica se infiltraram para o interior de fendas e rachaduras de rochas vulcânicas ou espaços e cavidades desenvolvidos em rochas sedimentares, tornando-se ali aprisionadas pela baixa permeabilidade de seu envoltório. Com o passar do tempo, parte da água da suspensão sofre evaporação e isso resulta no aumento gradativo da concentração de sílica. Quando essa concentração atinge um nível crítico, leva as moléculas de sílica a se agruparem, formando esferas solidas que em grande quantidade, levam a solução a se transformar em um gel, ocorrendo a seguir a deposição gravitacional das esferas em camadas. O volume das esferas é proporcional ao período de tempo. Se a velocidade de evaporação da água ocorrer de modo constante, formam-se esferas de diâmetro uniforme, que por sua vez se depositam em camadas sucessivas organizadas. A evaporação adicional de água leva à solidificação do material, constituindo então a opala nobre. A opala também se deposita entre grãos de argila e areia em arenitos, cimentando-os e constituindo rocha matriz (Cia. das Gemas, 2013).

Praticamente todos os depósitos de opala nobre de origem sedimentar, conhecidos mundialmente, ocorrem apenas na Austrália. Demais locais de extração dessa gema no restante do mundo, inclusive em poucas exceções também na Austrália, são de origem vulcânica.

A formação da opala precisa de um sistema fechado para operar o excesso de sílica e o evento magmático produz muita água quente em ebulição, que mistura a tridimita formando um gel, a qual é depositada por gravidade penetrando em fendas e

fraturas. A água superaquecida em contato com a tridimita forma uma mistura homogênea dando uma solução gelatinosa. O gel paulatinamente perdendo calor (vai se resfriando) penetra ocupando espaços vazios ou se aglomerando em bolsões; é aprisionado, compactado e endurecido e na sequência, por processo físico-químico e hidrotermal, evolui para opala numa pseudo cristalização, gerando assim os depósitos associados a rochas vulcânicas.

5.1.7 - Formação das opalas de Pedro II

Segundo Gomes e Costa (1994) as opalas de Pedro II estão intimamente relacionadas a um ambiente hidrotermal, surgido quando da intrusão de rochas básicas nas rochas siliciclásticas da Formação Cabeças. No entanto, não havia trabalhos sobre as características físico-químicas dos fluidos hidrotermais que originaram essas opalas. Dados essenciais a esse modelo genético proposto para as opalas de Pedro II foram apresentados por Marques *et al.* (2013), baseados em análises de inclusões fluidas, composição mineralógica e química dessas opalas e suas inclusões sólidas. Para esses últimos autores, devido às intrusões básicas na região, houve aporte de calor e a água contida nos arenitos das encaixantes foi aquecida, passando a solubilizar parcialmente os silicatos pré-existentes (liberando sílica e cátions de Ca, Ba, Sr, Fe, Mn, e outros), enriquecendo-se e saturando-se, e migrando através de fraturas hidráulicas e/ou tectônicas e outros espaços vazios como a porosidade. Conforme esse sistema foi evoluindo, o fluido se misturou com fluidos mais frios e menos salinos, como águas superficiais, por exemplo, o que contribuiu para seu resfriamento e diluição. Juntamente a esses processos, o fluido de que continha inicialmente $H_2O - NaCl - KCl$ recebeu cátions de Fe e Ca que se misturaram aos sais inicialmente formados, e originaram os fluidos de composições mistas, $H_2O - NaCl - FeCl_2$ e $H_2O - NaCl - KCl - CaCl_2$. Também foram verificadas feições de dissolução parcial em grande parte das inclusões sólidas, remetendo também ao ambiente hidrotermal, de intensa migração de fluidos, somado ainda à própria mineralogia das mesmas.

5.1.8 - Termos

Opala comum: forma mais frequente. É um vidro natural com características semelhantes às da obsidiana. Sem jogo de cores e sem valor comercial.

Opala preciosa ou nobre: formada quando existem condições apropriadas conforme discutido anteriormente. Apresenta valor comercial. Distinguem-se dois grupos:

a. Opala Branca: opala opaca com cor fundamental branca ou com outras cores em tonalidades claras (amarelo, laranja ou cinza). É a mais encontrada no mercado mundial, originária da Austrália, Brasil e Estados Unidos, principalmente (Foto 5.3);

b. Opala Negra: opalas opacas que apresentam cor fundamental cinza-escuro, azul-escuro, cinza-preto, verde-escuro ou marrom-escuro. A de cor preta é muito rara. As opalas negras realçam os reflexos coloridos em sua superfície, dando-lhes mais definição, sendo assim, mais valiosas que as demais. Atualmente, o único país com produção comercial de opalas negras é a Austrália (Foto 5.4).

Opalas tipo *white opal* e *black opal* provenientes da Austrália podem ser vistas na Foto 5.5.

Opala matriz (opalina): é um crescimento interpenetrado em bandas ou uma inclusão em lamelas de opala nobre na, ou com a rocha matriz (Foto 5.6).

Opala de fogo: não é opalescente, apresenta uma cor vermelha ou laranja (pequenas quantidades de ferro na sua estrutura). Algumas opalas de jazidas no México são de um vermelho tão intenso e sensacional que lembram até rubis.

Potch: referência ao material comum, sem jogo de cores, oriundo da associação de opala preciosa com opala comum quando encontradas na mesma área geográfica, ou quando opala preciosa está suspensa em massa de opala comum.



Foto 5.3 – Opalas nobres tipo *white opal* provenientes de Pedro II (PI).



Foto 5.4 – Opalas nobres tipo *black opal* provenientes da Austrália e de Honduras (Foto realizada em março/2014 no Museu de História Natural de Nova York / EUA).



Foto 5.5 – Opalas nobres tipo white opal e black opal provenientes da Austrália (Foto realizada em março/2014 no Museu de História Natural de Nova York / EUA)

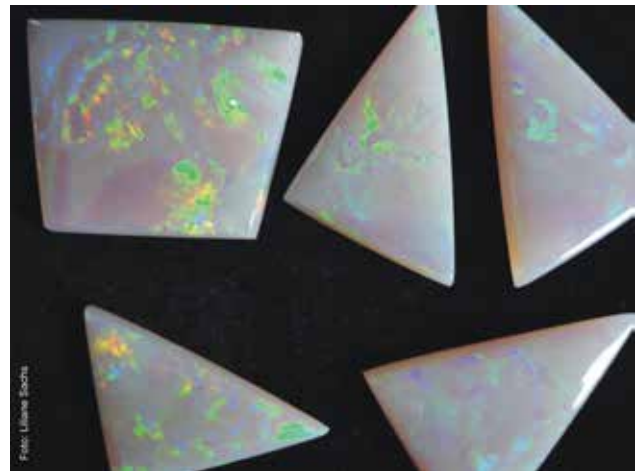


Foto 5.7 – Opalas nobres tipo white opal exibindo padrões diversos. Origem: Pedro II (PI).

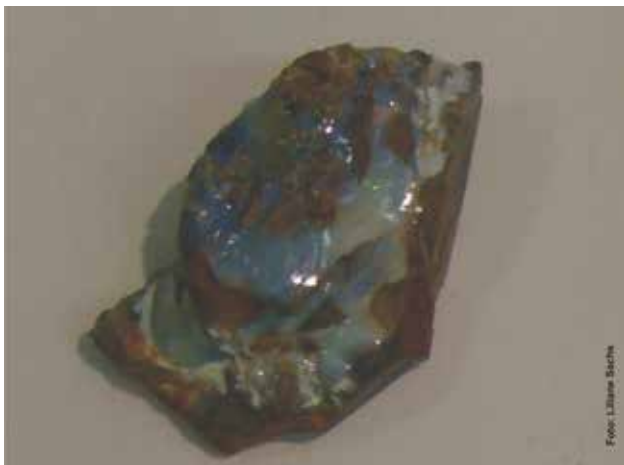


Foto 5.6 – Opalas matriz proveniente de Pedro II (PI).

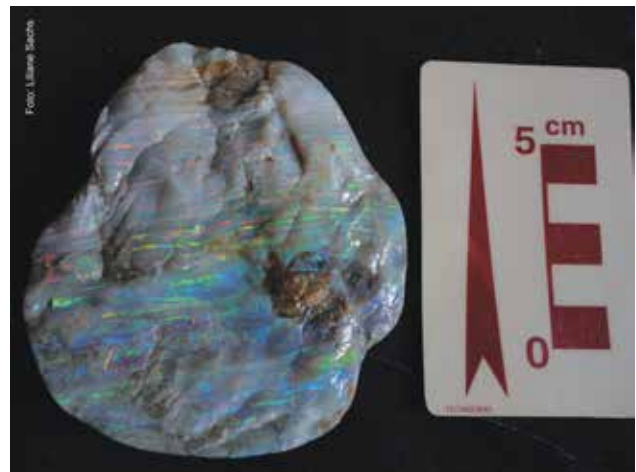


Foto 5.8 – Opala nobre tipo white opal exibindo padrão bandado. Origem: Pedro II (PI).

Jelly: patch com base absolutamente clara e sem cor, com brilho moderado e de cores flutuantes, principalmente azul e verde.

Opala cristal: opala transparente a translúcida, com coloração clara de fundo. Por sua transparência podem ser vistas várias camadas de reflexos coloridos no interior da gema. A intensidade do jogo de cores aumenta em brilho e ganha mais nas cores vermelha e laranja.

5.1.9 - Padrões

Rolling flash, broad flash, exploding flash, mackerel sky, flame ou flash-of-fire, arlequim, flagstone, floral, pinfire, star, e outros.

Entre as opalas preciosas, encontradas na região de Pedro II, predominam as opalas de cor branca (*White Opal*) em diversos padrões (Foto 5.7), sendo os mais comuns harlequim, *pinfire*, *broad flash*, *band opal* (Foto 5.8) e *butterfly wing*. São raríssimas as opalas negra (*Black Opal*) e amarela (*Jelly Opal*) (Oliveira et al., 1979).

Em Pedro II é feita uma classificação das opalas baseada na cor das pedras, tamanho das

amostras, possibilidade de aproveitamento durante a lapidação e intensidade de opalescência, sendo essa, uma avaliação empírica e pessoal. Nessa avaliação as opalas são classificadas, em ordem decrescente de valor, em: nobre, extra, forte, fraca, média e refugo (pedras de coleção, artesanato, escória, cascalho, etc.).

5.1.10 - Extração e produção mundial de opalas nobres

Atualmente, dos 100% de opalas extraídas no mundo, apenas 5% apresentam jogo de cores, ou seja, são opalas nobres. Desses 5%, aproximadamente 80% (4% da produção mundial de opala) são gemas de qualidade intermediária, acessíveis e as mais comuns no mercado. Os outros 20% de opalas nobres (1% da produção mundial de opala) são os exemplares de qualidade excepcional, que muitas vezes alcançam valor por quilate superior ao de belos diamantes. No momento, o país que mais se destaca na produção de opalas nobres é a Austrália (a cidade de Coober Pedy, em particular, é uma das principais produtoras), responsável por 90 a 95% da

produção mundial (único produtor comercial de opala negra e também produtor de opala branca, opala na matriz e opala matacão). Outros países merecem destaque na extração de opalas nobres, como o Brasil (produtor de opalas brancas, com achados eventuais de opalas negras ou cinzas - a opala de Pedro II é a única de qualidade nobre no Brasil), Estados Unidos, Honduras, Japão, Etiópia e México (Cia. das Gemas, 2013). Segundo Guimarães (2011), em Pedro II, cerca de 30% das opalas garimpadas são de alta qualidade e seguem para exportação (principais compradores são Estados Unidos, Alemanha, França e Suíça). Os 70% restantes ficam na região de Pedro II e são utilizados na produção de joias artesanais comercializadas no próprio Nordeste e em alguns estados brasileiros.

5.1.11 - Pedras históricas

“Olympic Australis”: a maior e mais valiosa opala do mundo, encontrada em 1956, perto da localidade australiana de Coober Pedy, pesando 17 mil quilates (3.450 gramas);

“Royal One”: incrível opala preta australiana de 306 quilates, com valor estimado em torno de R\$ 7 milhões;

“Aurora Australis”: encontrada em 1938, foi considerada a mais preciosa opala preta de Lightning Ridge (Austrália) já encontrada até a época, com 180 quilates. Avaliada em AUD\$ 1 milhão em 2005 (Forrest, 2013).

5.1.12 - Lapidando a opala nobre

As opalas nobres usualmente são lapidadas em cabochão (tipo de corte ou de talhe, onde uma pedra preciosa ou não, depois de talhada é polida de forma arredondada e não facetada) para realçar seu jogo de cores. O formato mais popular e o mais utilizado é o oval (Foto 5.9), seguindo-se o redondo, mas os demais formatos tradicionais de cabochões também podem ser aplicados ao material. Opalas de boa qualidade também podem ser lapidadas em formas livres. A opala-de-fogo é única variedade que admite lapidação facetada (Branco, 2009).

5.1.13 - Cuidados com as opalas nobres

Pelo fato das opalas conterem até 30% de água em sua composição, a perda desta água sob a ação do calor resulta na formação de fraturas e/ou fissuras, e numa diminuição do seu característico jogo de cores. Embebendo-a em azeite, ou água, as fissuras desaparecem ainda que só temporariamente. Pode-se, também, guardá-la envolta em algodão úmido, impedindo-se seu envelhecimento e incrementando-se seu jogo de cores

5.1.14 - Tratamento de opalas nobres

Algumas opalas podem ser tratadas para melhorar sua aparência:



Foto 5.9 – Cabochões de opalas nobres tipo white opal, provenientes de Pedro II (PI).

- opalas com fissuras podem ser tratadas com resinas sintéticas, podendo diminuir a visibilidade dessas fissuras e oferecendo um tratamento duradouro. Com o mesmo propósito, muitas vezes são feitos tratamentos de pequena durabilidade com óleos e ceras;

- opalas na matriz podem ser mergulhadas, primeiro em solução açucarada e depois em ácido sulfúrico. Com a reação química entre o açúcar e o ácido, partículas de carbono se depositam na superfície da matriz, escurecendo-a e realçando o jogo de cores das lâminas de opala. Esse processo é muito utilizado em opalas que têm matrizes argilosas, que são porosas (Cia. das Gemas, op. cit.).

5.1.15 - Doublets e triplets

Muitas vezes, pelo fato da opala nobre ocorrer em lâminas e/ou vênulas muito finas, são montadas gemas compostas, onde geralmente são unidas duas ou mais camadas de diferentes materiais para a composição da gema final. Podem ser:

doublets (gemas duplas): fina camada de opala nobre (branca ou negra) cimentada sobre um material escuro (basalto ou obsidiana). A base mais escura ressalta o jogo de cores;

triplets (gemas triplas): uma camada de opala entre um fundo escuro e uma camada frontal transparente (de cristal de rocha ou vidro), que serve como revestimento protetor por ser a opala relativamente delicada.

5.1.16 - Descrevendo e avaliando uma opala nobre

Para a avaliação de uma opala nobre devem ser observados os seguintes parâmetros:

origem: as opalas são classificadas em naturais, compostas e sintéticas (em ordem decrescente de valor);

coloração, composição e opacidade do corpo da gema: determinar se a gema é formada apenas por opala ou por opala e rocha matriz; se é opaca,

translúcida ou transparente; e qual é a coloração de fundo da opala (branco, semi-negro e negro). Como regra geral, em ordem decrescente de valor, temos: as opalas negras, opalas matacão (negra, cristal e clara), as cristais, as semi-negras, as brancas, as nozes Yowah e as opalas na matriz;

opalização – quantidade de cores: as opalas mais desejáveis são as que têm reflexão de todas as cores espectrais, e dentre estas, ainda, as que refletem preponderantemente a cor vermelha, como cor única ou predominante sobre as outras. Ordem decrescente de valor para a cor que predomina é vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, roxo;

opalização – uniformidade das cores: o ideal é que as cores refletidas sejam visíveis por toda a superfície da gema e também quando a gema é observada por vários ângulos;

opalização – brilho das cores: quanto mais intenso o brilho das cores, e essas cores devem ser evidentes mesmo quando vistas à distância, maior será o valor da gema;

opalização – padrão das cores: descrição do arranjo da cor pela gema (indistinto ou organizado, constituindo desenhos e/ou formas geométricas). A qualidade é determinada pelo tipo, precisão e cores do padrão, influenciando assim, no valor da gema;

dimensões: as gemas maiores são mais raras, portanto, mais valiosas. Não devem ser muito finas e nem muito espessas;

lapidação e formato: regularidade do acabamento da lapidação e o tipo de formato devem ser avaliados;

inclusões: análise da presença, quantidade e distribuição de inclusões (opala comum, rocha matriz ou gipso) em meio à superfície da opala;

imperfeições: presença de fraturas e fissuras (acidentais ou por desidratação do material);

tratamento: constatação da existência de qualquer tratamento realizado na opala. Gemas sem tratamento são mais valiosas.

Como se pode constatar, as opalas são gemas de avaliação muito difícil, particularmente porque cada gema é única (Cia. das Gemas, 2013).

Opalas com jogo de cores são mais raras que o diamante. O preço das variedades brancas varia de US\$ 1 a US\$ 120 por quilate em gemas de 1 a 15 quilates (Branco, 2009).

5.2 - GARIMPOS DE OPALAS EM PEDRO II

5.2.1 - Histórico

O aparecimento da primeira opala não se sabe exatamente, se foi em 1930, 1939 ou em 1945. Sabe-se ao certo, que no ano de 1945, pela primeira vez em Pedro II, foram requeridos 40 ha nas localidades de Alma e Crispim, pelo Sr. Lauro Cordeiro Brandão, segundo informações do Diário Oficial da União

(DOU) de 22/01/1945. Em meados da década de 1960 a primeira empresa mineradora iniciou legalmente o processo de lavra para extração de opala na área do Boi Morto. As áreas de extração mais conhecidas são a mina do Boi Morto e os garimpos da Roça, Mamoeiro (ativos atualmente), Limão, Bom Lugar e Centro (atualmente abandonados).

O auge da produção foi no período entre os anos de 1960 e 1976, quando a Empresa de Minérios Brasil Norte-Nordeste Ltda. (EMIBRA) operou a mina do Boi Morto (Milanez & Puppim de Oliveira, 2008). Nesse período, a opala da região de Pedro II era produzida por empresas privadas e garimpeiros. Enquanto as empresas se ocuparam dos depósitos maiores (primários), os depósitos secundários foram explorados principalmente por garimpeiros.

A partir de meados da década de 1980, as empresas começaram a deixar Pedro II, pois a extração se torna economicamente inviável, devido ao valor de corte com que toda mineração trabalha. Com o fechamento da EMIBRA em 1988 a atividade mineira se reduz (Milanez, 2011) e os garimpeiros ocupam a mina do Boi Morto, informalmente, onde trabalham ora nos rejeitos, ora em algumas galerias. Essa extração é feita, porém, de modo empírico e desordenado, tornando a lavra perigosa a esses garimpeiros. Na década seguinte há tentativas para fortalecer a cadeia produtiva da opala em Pedro II, através de treinamento e formação de ourives e joalheiros. Mas somente no início dos anos 2000 é que ocorre uma retomada das atividades garimpeiras. Em 2004 é fundada a Cooperativa dos Garimpeiros de Pedro II (COOGP), e em 2005 é criado o projeto Arranjo Produtivo Local (APL) da Opala. Desde então, muitos dos pequenos mineradores e/ou garimpeiros foram regularizados perante o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), mas de modo potencial houve queda significativa na quantidade de opala extraída. Atualmente, dos vários garimpos visitados, somente três encontram-se em atividade: mina do Boi Morto, garimpos da Roça e Mamoeiro. Os demais, todos abandonados.

5.2.2 - Considerações

Os trabalhos desenvolvidos neste projeto voltaram-se, principalmente, para o estudo das ocorrências de opala já conhecidas, com o objetivo de se identificar e entender o(s) metalotecto(s) responsável(is) pela mineralização dessa substância na região de Pedro II, buscando parâmetros que possam ser aplicados na prospecção de futuros depósitos.

Como discutido no item 5.1.7 deste capítulo, as opalas de Pedro II estão intimamente relacionadas a um ambiente hidrotermal, produto da intrusão de rochas básicas nas rochas siliciclásticas da Formação Cabeças.

Aliado a isso, temos ainda:

- As opalas estão presentes no contato, e/

ou em área muito próxima ao contato entre rochas intrusivas básicas e os sedimentos da Formação Cabeças, ocorrendo em veios, preenchendo fraturas ou fendas nos arenitos parcial ou totalmente silicificados;

- A opala se faz presente em pequenas fissuras na lapa de soleiras de diabásio, onde este se encontra alterado para argilas;
- Os arenitos da Formação Cabeças, sobrejacentes às soleiras básicas, estão, geralmente, muito silicificados, fraturados, muitas vezes, exibindo disjunção colunar;
- O nível de argila, produto da alteração de rochas básicas, sobreposto às rochas básicas inalteradas, apresenta esmectita, o que o diferencia dos leitos sedimentares. Esse nível constitui um guia prospectivo de opala;
- Até onde se tem informações, a opala não ocorre na parte inferior das soleiras de diabásio;
- As soleiras de diabásio na região de Pedro II são espessas (120 a 150 m), segundo Oliveira *et al.* (1979);
- Sobrepostos à rocha básica intrusiva podem ocorrer intercalações de pelitos (siltitos/argilitos) e níveis de arenito muito fino, da Formação Cabeças, podendo conter opala em fitas (finas películas associadas a fraturas); e
- Conforme apresentado no capítulo 4, após o tratamento dos dados de pares conjugados de fraturas, constatou-se que nas proximidades da mina do Boi Morto e do garimpo do Mamoeiro, principais ocorrências de lavras de opala, foi observado σ_1 com direção SE-NW, sendo esta direção coerente com fotoalinhamentos, sugerindo esta como a direção principal de mineralização em opalas.

Assim sendo, temos como principais fatores associados à geração dos depósitos primários de opalas da região de Pedro II, o sistema hidrotermal e o padrão estrutural da área.

A opala ocorre ainda em depósitos secundários, oriundos do intemperismo, erosão e transporte da mineralização primária, formando depósitos aluvionares e depósitos de tálus, resultantes da desagregação das rochas sedimentares da Formação Cabeças.

5.2.3 - Depósitos Primários

Aqui são englobados todos os depósitos de opala que ocorrem preenchendo fraturas ou veios em: arenitos, siltitos, níveis de argila alterada (sobrepostos aos corpos intrusivos básicos), e mais raramente, na própria rocha intrusiva básica semi-alterada (opala em fissuras ou associada a planos de falha).

Na Tabela 5.1 é apresentada lista contendo a relação dos garimpos visitados neste projeto, bem

como sua situação no período entre o ano de 2011 e meados de 2013.

Dois processos básicos utilizados na extração da opala são o catreado (representa o processo básico de extração da opala no garimpo com área delimitada), e a faiscação (trabalho do rejeito).

5.2.3.1 - Mina do Boi Morto (Afloramento IH-356)

Situada a 3 km ao norte da cidade de Pedro II, a mina do Boi Morto é a principal área de extração de opala da região, sendo conhecida desde 1945, quando o Sr. Lauro Cordeiro Brandão, requereu 40 ha para pesquisa mineral. Os direitos minerários da área pertencem, atualmente, à Opex Opala do Brasil Ltda. Trata-se de uma área com cerca de 60 ha, que já foi lavrada, mas ainda apresenta fragmentos de opala no seu rejeito. A área não está completamente demarcada e não possui levantamento topográfico de detalhe, por outro lado, necessita de amplos investimentos e uma equipe técnica para auxiliar na metodologia de extração de opala, que ainda existe sotoposta ao paredão de arenito. A Opex liberou, à priori, 6 ha para que os garimpeiros cooperados trabalhem, principalmente, no rejeito (Fotos 5.10, 5.11 e 5.12).

Há apenas um levantamento planialtimétrico feito por GPS3 onde, segundo informações do técnico executor, não houve apoio de perfis topográficos ou de nivelamento. A planta planialtimétrica da época não apresenta a precisão necessária para os trabalhos de levantamento geológico de detalhe e para cubagem do minério contido. Os trabalhos de detalhe foram extremamente dificultados e comprometidos, pois a(s) frente(s) de lavra está(ão) coberta(s) por colúvio e/ou pilhas de rejeito (Fotos 5.13, 5.14, 5.15 e 5.16).

Segundo Oliveira *et al.* (1979), a mina situa-se num alto estrutural, e no local afloram diabásio (parcialmente coberto por colúvio, contendo blocos e fragmentos de arenito) e acima deste, arenitos da Formação Cabeças.

Encontra-se opala preenchendo fraturas em arenitos esbranquiçados, róseos e cinza, com grãos subangulosos, e cimento argiloso. Na base da camada de arenito que está sobreposta ao diabásio, e em contato com este, tem-se a zona mineralizada (estreita faixa de aproximadamente 2 m). Acima desta faixa os arenitos tornam-se esbranquiçados, friáveis, não argilosos e bem selecionados (Foto 5.17).

O arenito estéril que ocorre na frente de desmonte apresenta espessura aproximada de 30 m (Foto 5.18), e exhibe faturamento colunar.

Em sondagem realizada pela EMIBRA, conforme Lima e Leite (1978), o *sill* de diabásio apresenta espessura variando entre 148 m (no local onde se encontra a mina) e 80 m nas redondezas. No nível onde o diabásio se encontra alterado (gerando material argiloso vermelho-escuro), ou

Tabela 5.1 – Relação dos garimpos e ocorrências de opalas visitados e cadastrados neste projeto.

Nº	GEOBANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	UTM (N)	UTM (E)	ZONA	SUBSTÂNCIA(S)	SIGLA(S)	STATUS	SITUAÇÃO	CLASSE UTILITÁRIA
1		Garimpo da Roça (Área do Riba)	Pedro II	PI	9507165	219999	24	opala	op	Garimpo	Ativo	Gemas
2	25231	Garimpo do Mamoeiro	Pedro II	PI	9508184	222117	24	opala	op	Garimpo	Ativo	Gemas
3		Garimpo do Centro dos Gomes	Pedro II	PI	9504545	221748	24	opala	op	Garimpo	Inativo	Gemas
4		Garimpo da Roça (Área do Alvimar)	Pedro II	PI	9507704	219828	24	opala	op	Garimpo	Inativo	Gemas
5		Garimpo dos Bragas	Pedro II	PI	9505203	223632	24	opala	op	Garimpo	Inativo	Gemas
6		Garimpo do Pajeú / Roça dos Pereiras (Área da Empresa Orion)	Pedro II	PI	9505864	220471	24	opala	op	Garimpo	Inativo	Gemas
7		Garimpo dos Bilros (shaft)	Pedro II	PI	9504459	222424	24	opala	op	Garimpo	Inativo	Gemas
8		Garimpo do Cangulo	Pedro II	PI	9515241	226068	24	opala	op	Garimpo	Inativo	Gemas
9	33261	Mina do Boi Morto	Pedro II	PI	9513647	226616	24	opala	op	Mina	Ativa	Gemas
10		Descendo a estrada após a Lagoa das Águas	Pedro II	PI	9502684	225568	24	opala	op	Ocorrência	Não explorado	Gemas
11		Chã do Lamedor (Pedro II)	Pedro II	PI	9505870	225327	24	opala	op	Ocorrência	Não explorado	Gemas
12		Fazenda Santo Antônio	Pedro II	PI	9515427	228576	24	opala	op	Ocorrência	Não explorado	Gemas
13		Sítio São José (Santuário Ecológico)	Pedro II	PI	9505469	226095	24	opala / pirita	op / pi	Ocorrência	Não explorado	Gemas
14		Fazenda Salina	Pedro II	PI	9493580	223200	24	laterita / (opala?)	It / (op?)	Garimpo / Ocorrência ?	Ativo	Materiais de uso na construção civil



Foto 5.10 – Mina do Boi Morto – observa-se local em que se quebram os grumos e torrões, que posteriormente serão lavados para retirada da opala pelos garimpeiros, num sistema de faiscação.



Foto 5.13 – Mina do Boi Morto – observa-se material escorregado da encosta, cobrindo os níveis basais do pacote sedimentar.



Foto 5.11 – Mina do Boi Morto – lavagem de material para separação de fragmentos de opala.



Foto 5.14 – Mina do Boi Morto – pilhas de rejeito.



Foto 5.12 – Mina do Boi Morto – fragmentos de opala obtidos após a lavagem.



Foto 5.15 – Mina do Boi Morto – vista da estrada, quando se chega à área lavrada da mina, em direção ao rio dos Matos. Essa foto chama a atenção para a quantidade de material escorregado e/ou desmontado das frentes de lavra, somado às pilhas de rejeito.



Foto 5.16 – Mina do Boi Morto – vista a partir do sopé do morro, onde se encontra a lavra principal da mina. A quantidade enorme de material escorregado das encostas somado às pilhas de rejeito impedem a visualização e o acesso à(s) rocha(s) que aflora(m) na encosta do morro.



Foto 5.18 – Mina do Boi Morto – frente de desmonte.

mais raramente, em blocos de arenito silicificado que constituem enclaves no diabásio, pode ocorrer opala, em quantidades mínimas. Nesse nível argiloso, produto da decomposição da rocha básica intrusiva, a opala pode ocorrer preenchendo fraturas e em pequenos veios também. O arenito sobreposto ao diabásio exibe pequenos dobramentos e deformações locais, originados pela intrusão da rocha básica. As melhores concentrações de opala encontram-se onde esse arenito se mostra mais deformado e fraturado (Lima e Leite, op. cit.).

Os níveis mineralizados com opala constituem duas faixas litologicamente distintas: uma superior onde as opalas ocorrem em vênulas e veios (de finíssima espessura e nas mais diferentes direções) de arenitos médios e grossos, que se apresentam na forma de lentes e estão intensamente fraturados e silicificados (Foto 5.19); e uma inferior composta, basicamente, por argilas de alteração do diabásio,

podendo englobar, às vezes, siltitos da Formação Cabeças em zonas intensamente quebradas, sendo que essa faixa exibe espessura entre 3 m e 5 m, com as opalas preenchendo fraturas.

As argilas de alteração do diabásio constituem guias para a prospecção de opala na região e revelam além de minerais de caulinita, illita, quartzo e hematita, a presença de esmectita nos tipos oriundos da alteração do diabásio (Oliveira *et al.*, 1979).

Segundo Roberto e Souza (1991) no horizonte de argila, a opala pode ocorrer na forma de fragmentos e blocos (com diâmetro de até 50 cm) de forma irregular. Os blocos grandes de opala são constituídos, normalmente, por opala leitosa, sem características gemológicas, com faixas de opala nobre. A distribuição da opala é bastante errática na forma de bolsões isolados distribuídos ao longo desse nível.

Na mina do Boi Morto são encontradas opalas (Foto 5.20) tipo *white opal* nas variedades *pinfire*, *broad flash*, *harlequin* (Oliveira, 1998), *band opal* e *butterfly wing*.



Foto 5.17 – Mina do Boi Morto – Arenitos esbranquiçados da Formação Cabeças.

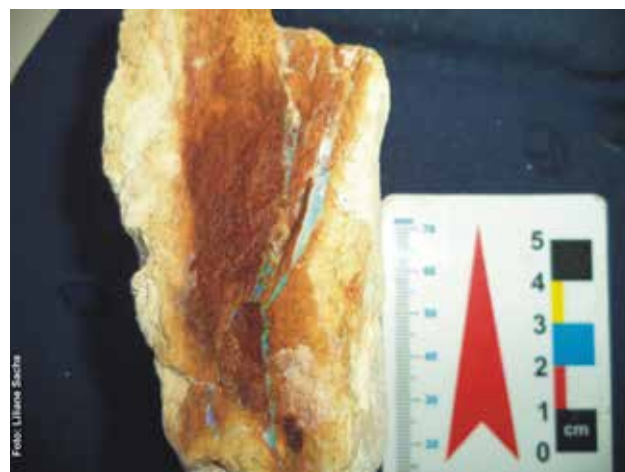


Foto 5.19 – Mina do Boi Morto – opala nobre preenchendo fratura em arenito silicificado.



Foto 5.20 – Mina do Boi Morto – opala nobre com pouca fina película, em arenito silicificado.

5.2.3.2 - Garimpo da Roça (Afloramento IH-353)

Localizado a 7 km a WSW da cidade de Pedro II, foi descoberto por volta de 1960, quando aí se extraía argila branca para fabricação de telhas e ladrilhos em pequena cerâmica existente na área (FUNDAÇÃO CEPRO, 2005). Foi iniciado numa porção superior da mineralização secundária. A mineralização primária só começou a ser lavrada no início da década de 1970, através de parcerias ou arrendamentos com empresas.

No garimpo da Roça foram visitadas três áreas que estão sendo exploradas em sistema de cavaado. Em duas delas, observou-se a mesma sequência litológica, onde os garimpeiros decapeiam sua área, e vão aprofundando a cava, que geralmente exibe forma quadrada ou retangular em superfície (Fotos 5.21, 5.22 e 5.23).

Nessas duas áreas, os garimpeiros buscam o nível argiloso, produto da alteração do diabásio, que se encontra sotoposto. Esse diabásio apresenta granulação fina, cor cinza-escura a preta, e por se apresentar, localmente, não alterado em cava recém-aberta nesse garimpo, para exploração da opala, optou-se por coletar uma amostra desta rocha para datação geocronológica, cujo resultado já foi apresentado e comentado no Capítulo 3 desse relatório.

O tópo do diabásio se mostra muito irregular e as maiores concentrações de opala ocorrem, preferencialmente, nas faixas mais fraturadas, tanto no nível argiloso, como no próprio diabásio. As opalas são encontradas em fraturas, tanto no nível argiloso, quanto no diabásio semi-alterado. O nível argiloso mineralizado apresenta espessura de até 3 m. Ao longo dos planos de fratura (Foto 5.24) concentram-se bolsões de opala, chamados pelos garimpeiros de “panelas”, de onde são extraídas as variedades *pinfire*, *broad flash*, *harlequin*, etc. (Oliveira *et al.*, op. cit.).

Como dito anteriormente, além das duas áreas já comentadas, também se visitou outra frente de extração de opala, só que esta, se encontra

atualmente paralisada, devido a problemas entre os titulares. Por estar localizada topograficamente em cota mais alta que as duas áreas anteriores, aqui o nível argiloso não foi observado (segundo informações verbais de garimpeiros locais, esse nível chegou a ser atingido e aflorar, na época em que havia atividade nessa área, porém hoje, se encontra submerso). O que se observou em meados de 2013 (Fotos 5.25 e 5.26), na parte emersa, (praticamente 10 m dos 15 m totais da frente de lavra), foram rochas sedimentares da Formação Cabeças.

Da base para o topo ocorrem: pelitos laminados, espessura máxima de 2 m, cor creme a branca, com predomínio de argilitos sobre siltitos; sobrepõe-se um pacote de arenito fraturado, fino, no geral, duro, estando muitas vezes silicificado, com intercalações de arenito muito fino, laminado, arenito caolinítico, e siltito; segue um pacote de arenito fino, fraturado, com níveis (lentes ?) de material silicoso, no geral, com predomínio de estratificação plano-paralela e, localmente, estratificação cruzada de pequeno porte; em direção ao topo, aparecem níveis lateríticos e/ou de arenito ferruginoso ocre; e, capeando a



Foto 5.21 – Garimpo da Roça – cava (4 m de comprimento x 4 m de largura x 7,5 m de profundidade) que está sendo aberta para extração de opala.



Foto 5.22 – Garimpo da Roça – aprofundamento de cava para extração de opala no nível argiloso (maio/2013).



Foto 5.23 – Garimpo da Roça – desmonte hidráulico do capeamento para acessar o nível argiloso produzido da alteração do diabásio sotoposto (mesmo local da foto anterior, porém esta foto foi realizada em agosto/2013).



Foto 5.25 – Garimpo da Roça – pacote de rochas sedimentares da Formação Cabeças.



Foto 5.24 – Garimpo da Roça – nível argiloso exibindo planos de fratura (subverticais) e de falha (com intensidade de mergulho inferido de aproximadamente 30°), onde ocorrem as “panelas”.



Foto 5.26 – Garimpo da Roça – Paredão de arenito com pelitos na base. O diabásio e o nível argiloso que ocorrem no contato com as rochas sedimentares sobrepostas, não afloram, por estarem submersos pelas águas que preencheram a base da cava abandonada.

seqüência, camada de arenito maciço (espessura aproximada de 1 m). Segundo informações verbais de garimpeiros locais, essa foi uma das áreas que mais produziu opala de qualidade extra. A ocorrência dessas opalas está associada, principalmente, a uma zona extremamente fraturada (Foto 5.27), a que os garimpeiros denominaram vulgarmente de “veio”.

5.2.3.3 - Garimpo do Mamoeiro (Afloramento IH-354)

Localiza-se, aproximadamente, a 5 km WSW da cidade de Pedro II. As áreas garimpadas na região do Mamoeiro apresentam rejeito espalhado sobre extensa área. A maior parte dos afloramentos rochosos exibe sedimentos da Formação Cabeças com espessos pacotes de arenito creme intercalado a lentes e camadas menos espessas de argilito branco-creme e siltito vermelho-arroxeadado na base da seqüência. Os arenitos, via-de-regra, encontram-se fraturados e falhados. Nas porções basais, de



Foto 5.27 – Garimpo da Roça – zona extremamente fraturada, a que os garimpeiros denominaram vulgarmente de “veio”, onde foram encontradas opalas em quantidade e de boa qualidade.

alguns cortes expostos, ocasionalmente, chega a aflorar o nível argiloso (espessura aproximada de 3 m), produto da alteração do diabásio sotoposto aos sedimentos da Formação Cabeças. Contudo, esse nível argiloso pode ser bem observado nas cavas (Fotos 5.28 e 5.29), pois o alvo dos garimpeiros é chegar ao contato sedimentos / nível argiloso / diabásio (ou laje para os garimpeiros), uma vez que aí se encontra a zona mais rica em opalas.

As opalas são encontradas em vênulas que cortam os sedimentos mais finos, argilosos, que ocorrem na base do pacote sedimentar, bem como no nível argiloso. Contudo a zona mais rica em opalas está no contato entre o nível argiloso e o diabásio semi-intemperizado a fresco. As opalas nobres são encontradas ao longo de fraturas de

onde são retiradas por cata manual. Após essa cata, o material argiloso é lavado, recuperando-se assim, uma quantidade significativa de opala (Oliveira *et al.*, 1979). O pacote sedimentar formado por rochas da Formação Cabeças sobreposto ao nível argiloso apresenta espessura média superior a 15 m (Fotos 5.30, 5.31 e 5.32).

A opala ocorre na zona de contato arenito / nível argiloso / diabásio, preenchendo fraturas e fendas, tanto nos arenitos, quanto no nível argiloso e no topo do diabásio. No nível argiloso, a opala ocorre, também, na forma de fragmentos irregulares, distribuídos em bolsões erráticos e isolados (Souza, 1985).

A Figura 5.1 exibe um perfil composto ideal, ou seja, onde se pode contemplar toda a sequência



Foto 5.28 – Garimpo do Mamoeiro – Cava onde está sendo feito o rebaixamento da bancada que contém o nível argiloso, objetivando-se atingir a “laje” – diabásio (foto feita em maio/2013).



Foto 5.29 – Garimpo do Mamoeiro – Detalhe da cava vista na foto anterior, com garimpeiro examinando material para ver se há indícios de opala. Observar o aspecto e as cores variegadas do nível argiloso (foto feita em maio/2013).



Foto 5.30 – Garimpo do Mamoeiro – cava onde se observa o pacote de rochas sedimentares da Formação Cabeças sobrepostas ao nível argiloso na base da sequência, onde se encontra aberta a cava com forma quadrada a retangular (foto feita em agosto/2010). Em 2011/2012 essa cava foi totalmente preenchida por rejeitos.



Foto 5.31 – Garimpo do Mamoeiro – A mesma cava da foto anterior, vista por outro ângulo (foto feita em agosto/2010).



Foto 5.32 – Garimpo do Mamoeiro – Detalhe da cava da foto anterior, onde se observa o nível argiloso na base (foto feita em agosto/2010).

litológica descrita, tanto na mina do Boi Morto, quanto nas áreas dos garimpos da Roça e Mamoeiro, desde a rocha básica intrusiva (diabásio) da Formação Mosquito, passando pelo nível argiloso, seguindo pelo pacote de rochas sedimentares da Formação Cabeças, representada por pelitos basais (pacote com intercalações de siltitos/argilitos/raros níveis de arenito muito fino; e pacote de argilitos finamente laminados), arenitos silicificados e muito fraturados, chegando aos arenitos maciços que capeiam toda a região.

5.2.3.4 - Outros garimpos

Os estudos dos depósitos de opalas de Pedro II foram concentrados em três áreas: nos garimpos da Roça e do Mamoeiro, e na mina do Boi Morto, como discutidos anteriormente. Outros garimpos como Pajeú, Centro, Bom Lugar, Cachorro Morto, Cantinho, Barra, Pirapora, Limão, e Birros encontram-se abandonados, atualmente. Com o auxílio de

garimpeiros antigos e/ou moradores da região, alguns desses garimpos puderam ser acessados, para obtenção de coordenadas com o GPS. No entanto não se pode fazer uma descrição detalhada (ou um perfil vertical) da frente de lavra como feito nas áreas da Roça e do Mamoeiro. Os garimpos acessados foram: garimpo do Pajeú (Fotos 5.33 e 5.34); garimpo do Centro (Foto 5.35); e garimpo dos Bragas (Foto 5.36).

5.2.4 - Depósitos Secundários

Nesta categoria estão incluídos os depósitos de opalas encontrados em aluviões dos principais rios da região, como: Corrente e dos Matos. Foram originados a partir da erosão dos depósitos primários. Os principais depósitos aluvionares de opala, quando em atividade, eram: Pirapora, Barra, Roça e Pajeú, todos ao longo do rio Corrente (Oliveira *et al.*, 1979). Atualmente, todos se encontram paralisados e/ou abandonados.

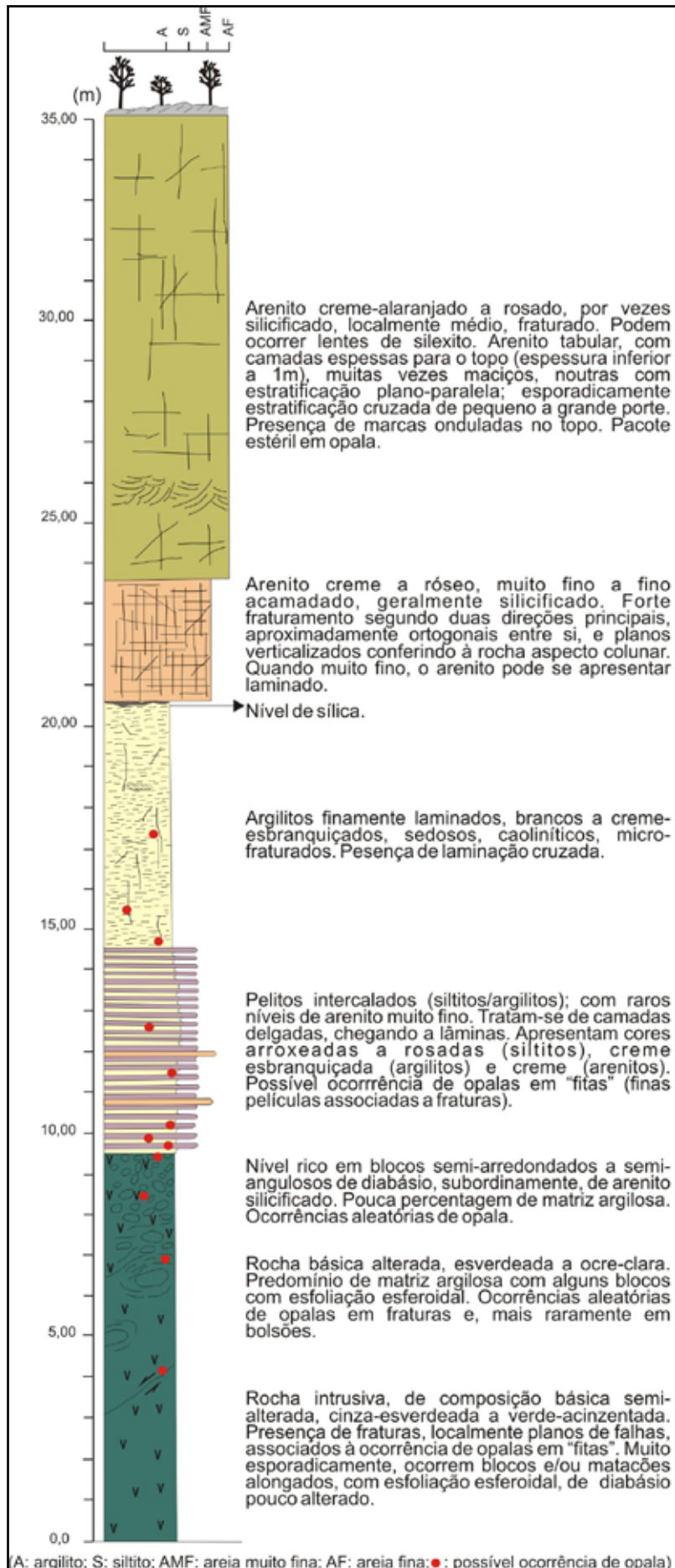


Figura 5.1 – Perfil sedimentar vertical composto ideal, onde se observa toda a sequência litológica, presente parcialmente, na mina do Boi Morto e nos garimpos da Roça e Mamoeiro.



Foto 5.33 – Garimpo do Pajeú – frente de desmonte.



Foto 5.35 – Garimpo do Centro – garimpo abandonado. Não se observa a rocha, devido à quantidade de material escorregado e de rejeito na superfície.



Foto 5.34 – Garimpo do Pajeú – frente de desmonte.



Foto 5.36 – Garimpo dos Bragas – garimpo abandonado. Entrada de pequena galeria escavada em pelitos (siltitos / argilitos) da Formação Cabeças, que se encontram acima do nível argiloso, não aflorante nesse local.

6 – CADEIA PRODUTIVA

O fluxograma da cadeia produtiva do Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II (Figura 6.1) foi construído através de análises em visitas locais e observações dos aspectos econômicos deste bem mineral.

Neste capítulo pretendemos enfatizar os seguintes aspectos: extração e beneficiamento, viabilização, dados de produção, comercialização e gargalos observados neste processo.

A extração desse bem mineral, realizada através de regime de garimpagem, é conduzida de forma rudimentar com pouca utilização de tecnologia, geralmente, fazendo uso, apenas, de ferramentas simples como pás, picaretas, e marretas.

6.1 - EXPLORAÇÃO

A atividade de extração das opalas de Pedro II é realizada por pequenos mineradores, os quais se utilizam de seus próprios recursos para tal atividade. Algumas vezes, podem recorrer a pequenos financiadores (empresários locais) ou até mesmo, a fazendeiros, os quais arrendam suas terras e dividem com os mineradores, os lucros obtidos. É importante ressaltar, que a atividade garimpeira na região de

Pedro II tem períodos peculiares. Como grande parte dos garimpos do Nordeste Brasileiro, as atividades estão concentradas em períodos de estiagem. Nos outros meses, os garimpeiros trabalham em outras atividades, como por exemplo, na agricultura.

Em Pedro II, existe a Cooperativa dos Garimpeiros de Pedro II (COOGP) que possui grande participação na produção dessa gema. A COOGP é regularizada perante o órgão fiscalizador, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), sendo detentora de Permissões de Lavra Garimpeira (PLG). A COOGP foi fundada em Junho de 2004 com apenas 34 associados. Ao longo dos anos, esse número tem se expandido (Figura 6.2). Atualmente, conta com 168 associados. Porém, foi observado que apenas uma pequena parte desses sócios, efetivamente, está trabalhando em garimpo. Isso geralmente ocorre devido à falta de recursos para investimentos na busca e na forma que facilitem e/ou viabilizem as condições de extração dessa gema.

Vale salientar, que tanto os pequenos mineradores, quanto a Cooperativa de Garimpeiros de Pedro II apresentam anualmente ao DNPM, o Relatório Anual de Lavra (RAL).



Figura 6.1 – Fluxograma da cadeia produtiva das opalas da região de Pedro II (PI).

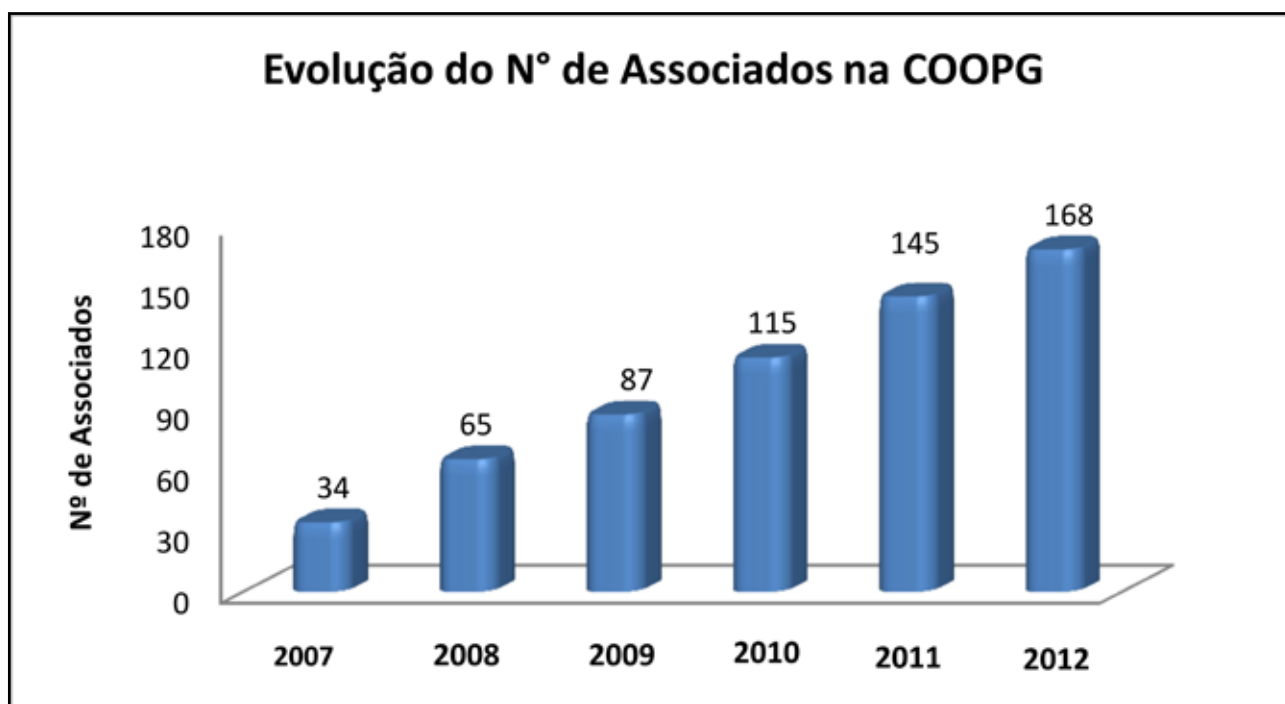


Figura 6.2 – Evolução do N° de Associados da COOPG da região de Pedro II (Antônio Sepúlveda Almendra Sobrinho – Presidente da COOPG, Outubro / 2013).

6.2 - TÍTULOS MINERÁRIOS

Na região de Pedro II, predomina o regime de Permissão de Lavra Garimpeira (Tabela 6.1). Os pequenos mineradores foram regularizados perante o DNPM com a criação da Cooperativa de Garimpeiros de Pedro II (COOPG).

A Figura 6.3 exibe o mapa de articulação de títulos minerários para a área do Projeto “Avaliação dos depósitos de opalas de Pedro II (PI)”, baseado em dados do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) do DNPM (DNPM/SIGMINE – Outubro, 2013).

6.3 - LAVRA

Na região de Pedro II, atualmente, as três principais áreas responsáveis pela maior parte de produção são os garimpos do Mamoeiro e da Roça, além da mina do Boi Morto. O processo de extração utilizado, geralmente, é artesanal utilizando-se ferramentas como pás e picaretas (Fotos 6.1 e 6.2).

Ocasionalmente, ocorre a utilização de tratores como auxílio na preparação das frentes de lavra. Porém, atualmente nas áreas da Cooperativa de Garimpeiros de Pedro II, existe dificuldade quanto aos recursos direcionados para aluguel de horas de trator. A cooperativa não possui este tipo de equipamento próprio, dificultando consideravelmente dessa forma, a lavra nos garimpos, nos quais é detentora de Permissão de Lavra Garimpeira. Segundo os garimpeiros, o passivo (rejeito) fica empilhado até surgir uma oportunidade de alugar uma máquina (trator) para que esse possa ser redirecionado a lugares próprios.

Atualmente, na mina do Boi Morto (o primeiro garimpo onde foi encontrada a opala, e o responsável pela maior produção dessa gema, quando se iniciou a extração na região de Pedro II) garimpa-se apenas o rejeito.

Há um tipo de classificação artesanal, a olho nu, bem simples, expedita e rudimentar praticada pelos garimpeiros, ainda no próprio garimpo (Foto 6.3).

Posteriormente, passa-se a uma lavagem manual desse material (Foto 6.4), com o objetivo de selecionar pequenos pedaços da gema para formar um agregado de opalas que os garimpeiros chamam de “mosaico”. Com este material, são fabricadas joias de menor valor. Após a lavagem, o material é armazenado em pequenos sacos de polietileno (Foto 6.5).

6.4 - PRODUÇÃO

A maior parte da produção de opalas em Pedro II é gerada por pequenos mineradores locais e pela Cooperativa de Garimpeiros da região. Os recursos destinados, geralmente, são dos próprios garimpeiros ou de investidores locais. Na Figura 6.4, abaixo, pode-se observar a evolução da movimentação (produto + estéril) dos garimpos de opalas da COOPG.

De acordo com a produção anual dos principais garimpos de opalas de Pedro II, observa-se um pico da movimentação no ano de 2008 (Figura 6.5). Tal fato pode estar relacionado com a evolução no número de associados na cooperativa, do ano de 2007 para 2008.

Tabela 6.1 – Direitos minerários da região de Pedro II (DNPM/SIGMINE– Outubro, 2013).

Processo	Tipo de requerimento	Fase atual	Nome do titular	Substâncias	Situação
803.574/2012	Requerimento de Lavra Garimpeira	Lavra Garimpeira	Avimar Oliveira de Andrade	OPALA	Ativo
803.573/2012	Requerimento de Lavra Garimpeira	Lavra Garimpeira	Avimar Oliveira de Andrade	OPALA	Ativo
803.081/2012	Requerimento de Lavra Garimpeira	Requerimento de Lavra Garimpeira	ÉRICO RODRIGUES GOMES	OPALA	Ativo
803.653/2011	Requerimento de Disponibilidade para pesquisa	Autorização de Pesquisa	Avimar Oliveira de Andrade	OPALA	Ativo
803.537/2011	Requerimento de Lavra Garimpeira	Lavra Garimpeira	Cooperativa dos Garimpeiros de Pedro II	OPALA	Ativo
803.193/2011	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Autorização de Pesquisa	Avimar Oliveira de Andrade	OPALA	Ativo
803.135/2006	Requerimento de Lavra Garimpeira	Lavra Garimpeira	GEORGE HAMILTON AGUIAR SORIANO	OPALA	Ativo
803.099/2005	Requerimento de Lavra Garimpeira	Lavra Garimpeira	Cooperativa dos Garimpeiros de Pedro II	OPALA	Ativo
803.092/2005	Requerimento de Lavra Garimpeira	Lavra Garimpeira	BENEDITO FELIPE DE SOUSA	OPALA	Ativo
803.090/2005	Requerimento de Lavra Garimpeira	Lavra Garimpeira	AUDMA GALVÃO COSTA	OPALA	Ativo
803.049/2005	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Autorização de Pesquisa	Avimar Oliveira de Andrade	OPALA	Ativo
803.048/2005	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Autorização de Pesquisa	Avimar Oliveira de Andrade	OPALA	Ativo
803.243/2004	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Lavra Garimpeira	RAIMUNDO DALTRO GALVÃO	OPALA	Ativo
803.065/2002	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Concessão de Lavra	OPEX OPALA DO BRASIL LTDA	OPALA	Ativo
803.063/2002	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Concessão de Lavra	OPEX OPALA DO BRASIL LTDA	OPALA	Ativo
803.142/1995	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Concessão de Lavra	OPEX OPALA DO BRASIL LTDA	OPALA	Ativo

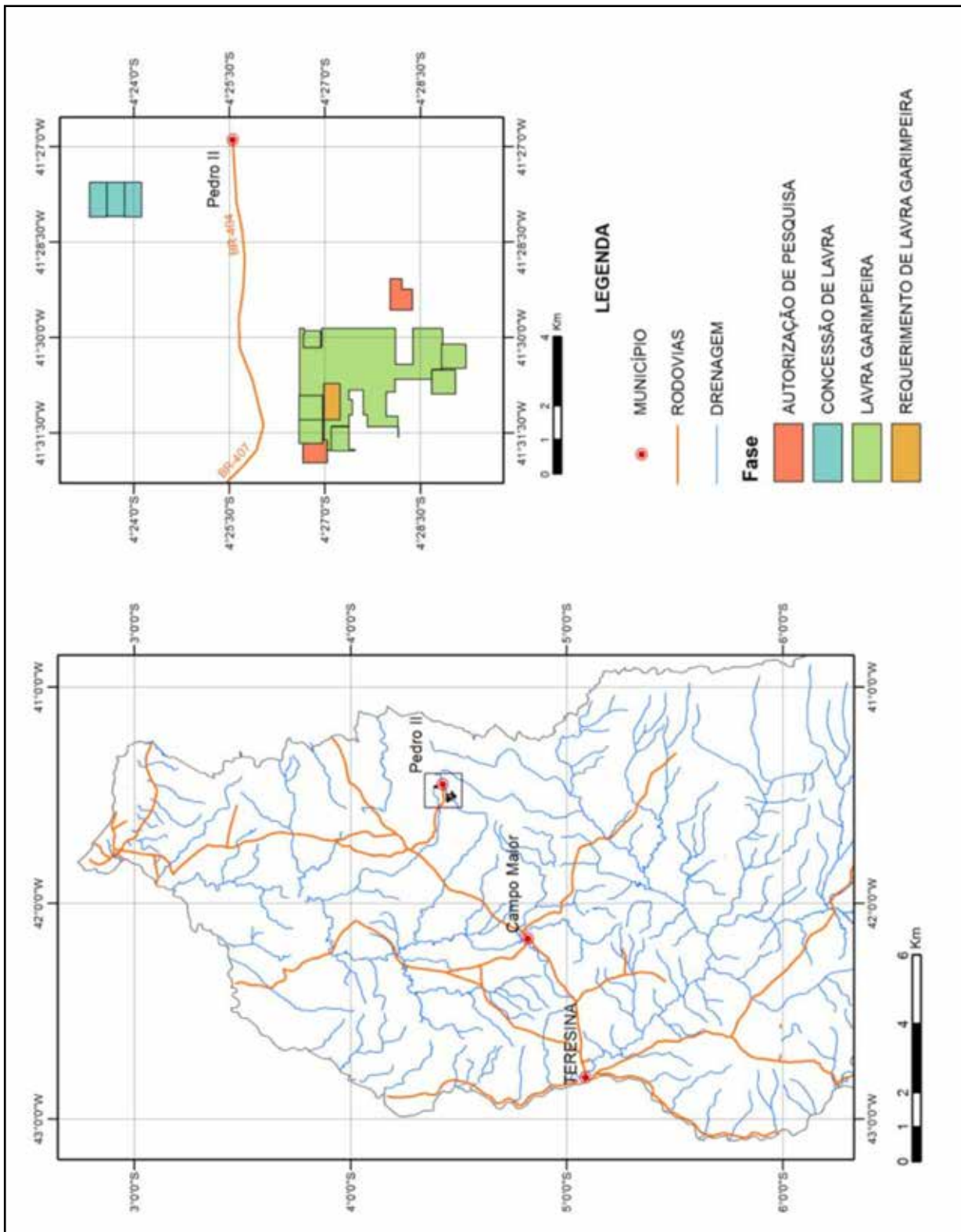


Figura 6.3 – Mapa dos títulos minerários do Projeto “Avaliação dos depósitos de opalões de Pedro II (PI)” – (DNPM/SIGMINE – Outubro, 2013).



Foto 6.1 – Lavra artesanal de opala no garimpo do Mamoeiro.



Foto 6.4 – Lavagem manual para separação da Opala – mina do Boi Morto.



Foto 6.2 – Lavra artesanal de opala no garimpo da Roça.



Foto 6.5 – Armazenamento e/ou acondicionamento da opala em sacos de polietileno.



Foto 6.3 – Classificação artesanal da opala na mina do Boi Morto.

De acordo com a classificação de qualidade dos garimpeiros da região, a opala pode ser subdividida em três tipos quanto à sua propriedade de luminescência como sendo: extra, média e leitosa, onde a extra é mais luminescente que as demais (Foto 6.6).

Na Foto 6.7 são observados exemplares de opala de qualidade média (opalas bruta e semi-lapidaada).

Já, a Foto 6.8 exibe o que é conhecido pelos garimpeiros e artesãos da região de Pedro II, como “mosaico”, onde pequenos pedaços da gema são montados para formar um agregado de opalas, e com este material, são fabricadas joias de menor valor.

Pela raridade, a produção de opala extra se torna menor que a produção das demais (Tabela 6.2).

6.5 - BENEFICIAMENTO E LAPIDAÇÃO

O processo de beneficiamento e lapidação das opalas de Pedro II é realizado por microempresas, geralmente familiares, que atuam em sua grande maioria, em suas próprias residências através de pequenos centros de lapidação e ourivesaria. Segundo informações dos garimpeiros, existe em Pedro II, cerca de cinquenta microempresas que atuam desta forma.

É importante ressaltar, que a Associação de Joalheiros e Lapidários de Pedro II (AJOLP), montou com recursos do Ministério da Integração e de outras instituições não governamentais, o Centro Tecnológico de Artefatos Minerais – Escola de Lapidação e Joalheria de Pedro II (CETAM) - (Foto 6.9).



Figura 6.4 – Evolução da movimentação total anual da COOGP (Eng^o de Minas Demóstenes Pinto – Técnico Responsável pela COOGP, Outubro 2013).

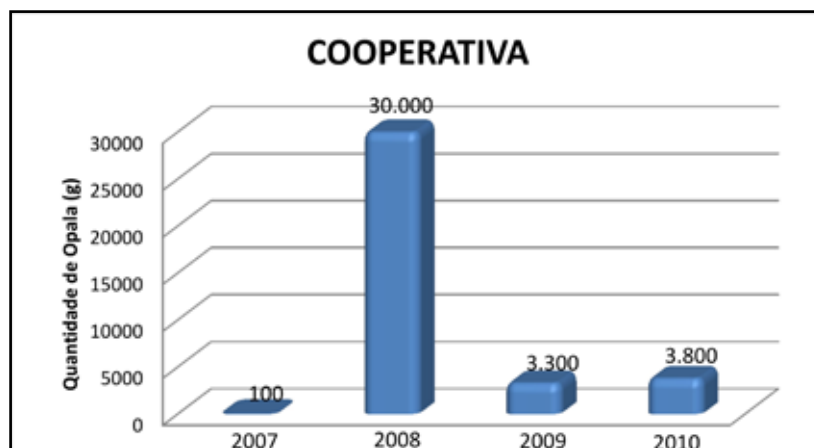


Figura 6.5 – Produção anual dos principais garimpos de opalas da região de Pedro II (Eng^o de Minas Demóstenes Pinto – Técnico Responsável pela COOGP, Outubro / 2013).



Foto 6.6 – Exemplo de opala com alta luminescência (opala de qualidade extra).



Foto 6.7 – Visão da opala bruta e semi-lapidada (opala de qualidade média).



Foto 6.8 – Visão de vários mosaicos de opala, que exibem diferentes formas, ladeando fragmentos soltos de opala ao centro.

Tabela 6.2 – Produção anual por qualidade da COOGP (Antônio Sepúlveda Almendra Sobrinho – Presidente da COOGP, Outubro 2013).

Qualidade da opala	Produção (kg) de opala	
	2012	2013 (até outubro)
Extra	3	2
Média	5	4
Leitosa	17	11
Mosaico	11	8
TOTAL	36	25



Foto 6.9 – Visão externa do Centro Tecnológico de Artefatos Minerais (CETAM).

Este centro tem por objetivo treinar os jovens da região gerando mão de obra especializada, com o aproveitamento desses novos talentos para o desenvolvimento do setor lapidário de Pedro II. Desta forma, o desenvolvimento comercial da região neste ramo poderia ascender consideravelmente. Porém, segundo informações verbais dos moradores na região, o CETAM encontra-se desativado por falta de recurso que viabilize alguns acessórios de maquinário, além da carência de funcionários.

Os centros de lapidação possuem equipamentos que compõem todas as etapas de beneficiamento da gema, variando desde a serragem até o polimento, que é dado por meio de politrizes, as quais darão diversas formas às gemas, facilitando a confecção das joias nas ourivesarias, geralmente instaladas no mesmo ambiente (Foto 6.10).



Foto 6.10 – Visão geral de centro de lapidação em Pedro II.

6.6 - COMERCIALIZAÇÃO

A venda da opala bruta é efetivada geralmente a compradores locais e estes, por sua vez, vendem a opala em forma bruta para decoração ou a lapidam e a transformam em joias, o que agrega valor à peça de forma considerável. Algumas destas ficam no mercado nacional, porém, grande parte é absorvida pelo mercado externo. Na região de Pedro II, há entre três e quatro compradores de quantidades maiores e dez compradores de quantidades menores dessa produção. O escoamento para o exterior está restrito, na atualidade, a produtores privados (informações dos garimpeiros da região).

Hoje em dia, existe um acordo entre os associados da COOGP, onde os mesmos podem vender as gemas que encontraram, pagando um percentual de 10% de seus lucros à cooperativa. Esta medida foi tomada em comum acordo entre os associados, pois a COOGP não possui recursos suficientes para recolher esta produção e revendê-la posteriormente.

A Figura 6.6 exibe a evolução de arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) para a substância opala na região de Pedro II.

Segundo os garimpeiros, nos dias de hoje, os preços de venda do mosaico (produto resultado da montagem do material extraído do rejeito) estão variando entre R\$ 50,00 e R\$ 100,00 o pote (cada pote pesa entre 30 e 35 gramas). Essa variação de preço está associada à qualidade do material. Para os demais tipos de opala (leitosa, média e extra) os preços oscilam entre R\$ 100,00 e R\$ 200,00 o grama.

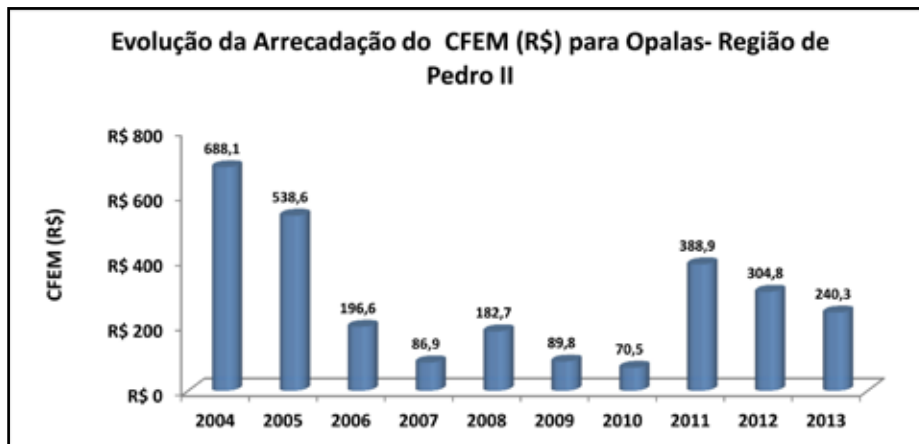


Figura 6.6 – Evolução da arrecadação do CFEM para opalas da região de Pedro II (DNPM, Março 2014).

Quanto ao produto das ourivesarias da região, as gemas possuem as mais belas formas e/ou tipos de lapidação (Foto 6.11), e as joias com elas montadas exibem as mais diversas e exóticas formas possíveis (Foto 6.12), abrindo assim, um leque de opções para os compradores. Como resultado final, temos os mais variados preços possíveis praticados no mercado.

6.7 - GARGALOS

Embora, a maioria dos produtores de opalas da região de Pedro II esteja regularizada perante os órgãos fiscalizadores competentes (DNPM), uma das maiores dificuldades observadas na extração dessa gema é a falta de acompanhamento técnico especializado diário, o que impossibilita uma lavra de forma racionalizada, levando a passivos ambientais visíveis.

Outros aspectos impactantes no desenvolvimento da produção de opalas dessa



Foto 6.11 – Tipos de lapidação de opala para confecção de joias encontradas a venda em lojas de Pedro II e região.



Foto 6.12 – Exemplo de joia confeccionada com opala de qualidade extra a venda em loja de Pedro II.

região, relatados pelos garimpeiros, é a falta de recursos para viabilizar equipamentos que facilitem a lavra. Além destes, observou-se que as instalações de apoio nos garimpos da cooperativa necessitam de melhorias contínuas (Foto 6.13).

Além do aqui exposto, segundo relatos dos próprios garimpeiros, devido às dificuldades apresentadas quanto à escassez de recursos, os jovens da região, filhos e netos dos garimpeiros, estão se distanciando dos garimpos e abandonando o ramo em busca de melhores horizontes profissionais em grandes centros urbanos. Tal fato pode dificultar consideravelmente a extração desta gema num futuro não muito distante.



Foto 6.13 – Ponto de apoio para os garimpeiros da COOGP na mina do Boi Morto.

7 – CONCLUSÕES

Os trabalhos de cartografia geológica associados às informações bibliográficas permitiram individualizar no projeto seis unidades litoestratigráficas entre rochas paleozoicas, mesozoicas e coberturas cenozoicas. As rochas paleozoicas estão representadas pelas formações Jaicós (Grupo Serra Grande); Pimenteira e Cabeças (Grupo Canindé) que fazem parte da Bacia do Parnaíba.

Rochas ígneas mesozoicas de caráter básico da Formação Mosquito, constituindo extensos corpos lenticulares ou soleiras espessas (raramente diques), intrudem as rochas paleozoicas, em especial, os arenitos da Formação Cabeças. Datação U-Pb em zircão (LA-ICPMS) realizada em diabásio coletado no garimpo da Roça apresentou uma idade de 203 ± 2 Ma, associada a um MSWD de 0.44 e probabilidade de concordância de 0,51 - resultado representando a idade de cristalização do corpo (Triássico Superior – Jurássico Inferior). Com esse resultado, esse diabásio anteriormente correlacionado à Formação Sardinha (Cretáceo), agora passa a ser correlacionado à Formação Mosquito.

Depósitos colúvio-eluviais e aluvionares representam as coberturas cenozoicas.

Tratamento dos dados coletados de fraturas indicam fraturas com mergulhos médios superiores a 85° e predomínio das direções E-W e NE-SW. Na área, as fraturas formam famílias entrecruzadas, normalmente com duas direções quase ortogonais entre si. Com base em pares conjugados foram feitas inferências de σ_1 o que resultou em duas direções principais: SW-NE e SE-NW. Na porção oeste da área, prevalece σ_1 segundo a direção SW-NE, onde não há registros de ocorrência de opala. Na região adjacente a Pedro II apesar de ainda serem observados σ_1 segundo a direção SW-NE, nas proximidades da mina do Boi Morto e do garimpo do Mamoeiro, principais ocorrências de lavras de opala, foi observado σ_1 com direção SE-NW. Esta direção é coerente com fotoalinhamentos, sugerindo esta como a direção principal de mineralização em opalas. Regionalmente, a direção de fraturamento SW-NE é associada ao Lineamento Sobral-Pedro II, enquanto a SE-NW ao lineamento Picos-Santa Inês. A direção E-W parece ser mais nova, uma vez que afeta a drenagem, provocando mudanças bruscas de direção (formação de cotovelos).

Quanto aos aspectos metalogenéticos, os depósitos primários de opala estão hospedados em rochas sedimentares da Formação Cabeças que foram intrudidos por rochas básicas da Formação Mosquito, notadamente nas zonas de contato entre estas e aquelas rochas. A opala ocorre preenchendo fraturas, fissuras e vênulas, em: arenitos silicificados e muito fraturados; mais raramente, em siltitos; e na capa das soleiras de diabásio onde este sofreu alteração formando nível argiloso que contém esmectita. Todos os depósitos primários

de opalas da região de Pedro II estão correlacionados a fraturamentos, embora muitas fraturas presentes na área do projeto não sejam mineralizadas. O topo dos corpos intrusivos é muito irregular.

A gênese das opalas de Pedro II está intimamente relacionada a um ambiente hidrotermal, surgido com a intrusão de rochas básicas nas rochas siliciclásticas da Formação Cabeças (Gomes e Costa, 1994). Dados essenciais que corroboram esse modelo genético foram apresentados por Marques *et al.* (2013), baseados em análises de inclusões fluidas, composição mineralógica e química dessas opalas e suas inclusões sólidas, sendo que em grande parte das inclusões sólidas foram verificadas feições de dissolução parcial, remetendo também ao ambiente hidrotermal, de intensa migração de fluidos, somado ainda à própria mineralogia das mesmas. Porém, há autores que associam a gênese do minério ao intemperismo laterítico.

O perímetro potencialmente rico em opala se limita à área inclusa num raio de, aproximadamente, 10 km a partir da cidade de Pedro II. Fora dessa área, não se conhecem ocorrências de opalas na área estudada por esse projeto.

Temos, assim, como fatores condicionantes para a geração dos depósitos primários de opalas da região de Pedro II, o sistema hidrotermal e o padrão estrutural da área.

A opala ocorre, ainda, em depósitos secundários, oriundos do intemperismo, erosão e transporte da mineralização primária, formando depósitos aluvionares e depósitos de tálus, resultantes da desagregação das rochas sedimentares da Formação Cabeças. Atualmente, esses depósitos estão paralisados ou mesmo abandonados.

A cadeia produtiva da opala de Pedro II apresenta como gargalos: falta de acompanhamento técnico especializado diário, o que impossibilita uma lavra de forma racionalizada, levando a passivos ambientais visíveis; falta de recursos financeiros para viabilizar equipamentos que facilitem a lavra; falta de melhorias contínuas nas instalações que dão apoio aos garimpeiros nos diversos garimpos da região; e evasão de mão-de-obra, pois os jovens da região, filhos e netos dos garimpeiros, estão se distanciando dos garimpos e abandonando o ramo em busca de melhores horizontes profissionais em grandes centros urbanos.

Na região são explorados, ainda, alguns outros bens minerais como: arenito silicificado como pedra de talhe e para calçamento; intercalações de arenitos muito finos/siltitos/argilitos laminados da Formação Cabeças, muito silicificados, para a confecção de placas de revestimento; cascalho; areia; argila; diabásio para brita; laterita e seixos, explorados em sua maioria, de forma rudimentar e clandestina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLMENDINGER, R. W. **Stereonet for windows**: versão 3.03. Disponível em: <http://www.geo.cornell.edu/geology/faculty/rwa/contact_info.html>. Acesso em: 28 fev. 1996.
- BAPTISTA, M. B.; BRAUN, O. P. G.; CAMPOS, D. A (Org.). **Léxico estratigráfico do Brasil**. Brasília: DNPM/CPRM, 1984.
- BIZZI, L. A. *et al.* **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**: Sistema de Informações Geográficas-SIG. Brasília: CPRM, 2003. 4 CD-ROM.
- BRANCO, P. M. **As províncias gemológicas**. 2003. Disponível em: <http://www.portaldasjoias.com.br/novembro_03/gemologia/gemologia.htm>. Acesso em: 14 mar. 2014.
- _____. **Algumas gemas clássicas**. 29/09/2009. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1104&sid=129#opala>>. Acesso em: 16 dez. 2013.
- CALDASSO, A. L. S.; HAMA, M. Posicionamento estratigráfico das rochas básicas da Bacia do Parnaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. **Anais...** Recife: SBG-Núcleo NE, 1978. v. 2. p. 567-578.
- CAPUTO, M. V. **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of Northern Basins of Brazil**. 1984. 586 p. Thesis (Doctorate)-University of Califórnia, Santa Bárbara, 1984.
- CAPUTO, M. V.; LIMA, E. C. Estratigrafia, idade e correlação do Grupo Serra Grande. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG-Núcleo RJ/ES, 1984. v. 2. p. 740-753.
- CAROZZI, V. C. *et al.* **Análise ambiental e evolução tectônica sinsedimentar da seção siluro-eocarbonífera da Bacia do Maranhão**. Rio de Janeiro, Petrobras. 1975, 2v. (Ciência-Técnica-Petróleo, Seção Exploração de Petróleo, 7).
- CENSO Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 10 out. 2013.
- CIA DAS GEMAS. **Opala nobre**: um arco-íris ao seu alcance. Disponível em: <http://www.ciadasmemas.com.br/index.php?p=biblioteca_artigos&cod_bib_artigo=48>. Acesso em: 16 set. 2013.
- DELLA FÁVERA, J. C. **Tempestitos da bacia do Parnaíba**: um ensaio holístico. 1990. 243p. Tese (Doutorado)-Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.
- DNPM. **CFEM**. Teresina. Março, 2014.
- _____. **SIGMINE (Sistema de Informações Geográficas da Mineração)**: áreas requeridas. Disponível em: <sigmine.dnpm.gov.br/webmap>. Acesso em: out. 2013.
- FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário eletrônico Aurélio versão 7.0**. 5. ed. Coordenação e edição de Marina Baird Ferreira e Margarida dos Anjos. Curitiba: Positivo, 2010.
- FORREST, N. **A opala australiana Royal One está à venda por quase R\$ 7 milhões**. 01/08/2013. Disponível em: <<http://br.blouinartinfo.com/news/story/935716/a-opala-australiana-royal-one-esta-a-venda-por-quase-r-7>>. Acesso em: 14 mar 2014.
- FOSSEN, H. **Geologia estrutural**. Tradução: Fábio R. D. de Andrade. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 584 p.
- FUNDAÇÃO CEPRO. **Diagnóstico e diretrizes para o setor mineral do Estado do Piauí**. Teresina: Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí, 2005.
- GÓES, A. M. **A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da bacia do Parnaíba**. 1995. 171 p. Tese (Doutorado)-Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- GÓES, A. M.; COIMBRA, A. M.; NOGUEIRA, A. C. R. Depósitos costeiros influenciados por tempestades e marés da Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba. In: COSTA, M. L., ANGÉLICA, R. S. (Coord). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: FINEP/SBG-NO, 1997. v. 1 p. 285-306.
- GÓES, A.M.O.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 57-68, jan./mar. 1994.
- GÓES, A. M. O.; TRAVASSOS, W. A.; NUNES, K. C. **Projeto Parnaíba**: reavaliação da bacia e perspectivas exploratórias. Belém: Petrobrás, 1992. Relatório interno.
- GÓES, A. M. O.; SOUZA, J. M. P.; TEIXEIRA, L. B. Estágio exploratório e perspectivas petrolíferas da bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 4, n. 1, p. 55-64, 1990.

- GOMES, E. R.; COSTA, M. L. Contribuição à gênese das opalas de Pedro II (Piauí). **Revista da Sociedade Brasileira de Geoquímica**, Belém, v. 8, n. 1, p. 79-98, 1994.
- GRAHN, Y.; LOBOZIAK, S.; MELO, J. H. G. Integrated miospore-chitinozoan biozonation of the Parnaíba Basin and its correlation with PETROBRAS (Müller 1962) Silurian – Lower Carboniferous palynozones. In: MELO, J. H. G.; TERRA, G. J. S. (Ed.). **Correlação de sequências paleozóicas sul-americanas**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2001. p. 81-89. (Ciência-Técnica-Petróleo, Seção Exploração de Petróleo, 20).
- GUIMARÃES, H. **Opala**: preciosidade do sertão ganha o mundo. 16/02/2011. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/revista/common/0,,emi211452-18071,00-opala+preciosidade+do+sertao+ganha+o+mundo.html>>. Acesso em: 16 set 2013.
- LIMA, E. A. M.; LEITE, J. F. **Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba**. Recife: DNPM/CPRM, 1978. 16 v. Relatório interno.
- MARQUES, G. T.; COSTA, M. L.; GOMES, E. R. Modelo genético para as opalas do Piauí. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METALOGENIA, 3., 2013, Gramado. **Boletim de resumos**. Gramado, 2013. 1 CD-ROM.
- MARZOLLI, A *et al.* Extensive 200-Million-year-old continental flood basalts of the Central Atlantic Magmatic Province. **Science**, v. 284, n. 5414, p. 616-618, 1999.
- MELO, J. H. G.; LOBOZIAK, S.; STREEL, M. Latest devonian to early late carboniferous biostratigraphy of Northern Brazil: an update. **Bulletin du Centre de Recherches Elf Exploration Production**, Pau, v. 22, n. 1, p. 13-33, 1998.
- MILANEZ, B. **Opalas de Pedro II (PI) são revitalizadas para atender a normas ambientais e de trabalho**. 06/10/2011. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/rio20/galerias/2005/opalas.pdf>>. Acesso em: 16 set 2013.
- MILANEZ, B.; PUPPIM DE OLIVEIRA, J. A. Mineração de gemas, APLs e sustentabilidade: o caso do APL de opalas em Pedro II (Piauí). In: Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (EnANPAD), 32., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.
- MILANI E. J.; THOMAZ FILHO, A. Sedimentary basins of South America. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Ed.). **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2000. p. 389-450.
- OLIVEIRA, J. C. **Recursos gemológicos dos estados do Piauí e Maranhão**. Teresina: CPRM, 1998.
- OLIVEIRA, J. C.; BARROS, F. L. **Projeto fosfato de São Miguel do Tapuio**. Recife: DNPM/CPRM, 1976. 4 v. Relatório interno.
- OLIVEIRA, J. C. et. al. **Projeto opala em Pedro II**. Recife: CPRM, 1979. v. 1: texto e ilustrações, v. II: anexos. il.
- OLIVEIRA, J. F.; SOARES FILHO, A. R. **Projeto estudo dos garimpos brasileiros – Frente Pedro II**. Teresina: DNPM/CPRM, 1981. Relatório Final.
- ROBERTO, F. A. C.; SOUZA, V. C. Depósito de opala de Pedro II. In: Schobbenhaus, C. *et al.* (Coord.) **Principais depósitos minerais do Brasil**. Brasília, DNPM/CPRM, 1991. V 4-A. p. 337-346.
- RODRIGUES, J. B. **Relatório interno**. Brasília, CPRM, 2014.
- ROSA, D. B. **Les gisements d'opales nobles de la region de Pedro II dans l'état de Piauí, region nord-est du Brésil**. 1988. 230 p. Tese (Doutorado)– Universidade de Nancy, Nancy, 1988.
- SANTOS, M. E.; CARVALHO, M. **Paleontologia das Bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. Rio de Janeiro: CPRM, 2009. 211 p.
- SCHUMANN, W. **Gemas do Mundo**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1982.
- SOUZA, V. C. **Perfil analítico da opala**. Brasília: DNPM, 1985. 49 p. (Boletim DNPM, 58).
- VAZ P. T. *et al.* Bacia do Parnaíba. **Bol. Geociências Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 253-263, maio/nov. 2007.
- WATKINS, J. M. (Consult.) et. al. **Produto 30: gemas: relatório técnico 56: perfil de gemas (diamantes e gemas de cor)**. [Brasília]: J. Mendo Consultoria : MME : BIRD, 2009. p. 69-71. Projeto ESTAL – Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/p30_rt56_perfil_de_gemas_xdiamante_e_gemas_de_corx.pdf>. Acesso em: 16 set 2013.
- YOUNG, C. G. K. **Estratigrafia de alta resolução da Formação Pimenteira (Devoniano, Bacia do Parnaíba)**. 2006. 174 p. Dissertação (Mestrado)– Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

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 Baciado 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, Caracarái, 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 Cariparé - 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 Uaricoera - 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 Gentio 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/Caçapava 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/Caçapava do Sul, Subárea Ibaré - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 10 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava 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/Caçapava 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/Caçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava 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/Caçapava 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, 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.

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.

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 Quartzito 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.

SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS

Nº 01 - Projeto BANEIO - Bacia do Camaquã - Metalogenia das bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do sul do Brasil, 2008

Nº 02 - Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG - Rio de Janeiro, 2014.

ANEXO I

**PROJETO AVALIAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE OPALAS DE
PEDRO II
MAPA GEOLÓGICO**



INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

Série Pedras Preciosas, nº 08

PROJETO AVALIAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE OPALAS DE PEDRO II

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.

Este relatório apresenta os resultados do mapeamento geológico em escala regional (1:100.000), com identificação das principais litologias e estruturas ocorrentes na região, notadamente as portadoras e controladoras das mineralizações do Arranjo Produtivo Local (APL) da Opala de Pedro II. Foram identificadas novas áreas promissoras e detalhados os garimpos existentes, com o cadastramento e a descrição das ocorrências minerais. O trabalho representa um diagnóstico atualizado do setor, com vistas a estimular a instalação de novos empreendimentos de mineração na região.

Além de ser um instrumento para formulação de políticas públicas, este produto auxilia na atração de investimentos no setor mineral, fator importante para a manutenção do crescimento econômico, cujos efeitos podem resultar na geração de emprego, renda e desenvolvimento social à luz da sustentabilidade e respeito ao meio ambiente.

Sede

SGAN- Quadra 603 – Conjunto J – Parte A – 1º andar
Brasília – DF – CEP: 70830-030
Tel: 61 2192-8252
Fax: 61 3224-1616

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – RJ Cep: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382
Fax: 21 2542-3647

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166
Fax: 21 2295-6196 - 61 3224-0687

Departamento de Recursos Minerais

Tel: 61 3223-7925 - Fax: 61 3225-9913

Divisão de Minerais e Rochas Industriais

Tel: 61 2192-8269 - Fax: 61 3225-3985

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059
Fax: 21 2295-5947 - 61 3323-6600

Residência de Teresina

Rua Goiás, 312 - Sul
Teresina - PI - CEP: 64001-570
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