

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

ESTUDOS SOBRE A INSTABILIDADE DO TERRENO NOS BAIRROS PINHEIRO, MUTANGE E BEBEDOURO, MACEIÓ (AL)

Volume II
RELATÓRIOS TÉCNICOS
D. Aspectos Geológico e Estrutural

Rio de Janeiro, maio de 2019



 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

Juliano de Souza Oliveira

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

ESTUDOS SOBRE A INSTABILIDADE DO TERRENO NOS BAIRROS PINHEIRO, MUTANGE E BEBEDOURO, MACEIÓ (AL)

Volume II
RELATÓRIOS TÉCNICOS
D. Aspectos Geológico e Estrutural

Autoria

Marcelo Ambrosio Ferrassoli
Victor Augusto Hilquias Silva Alves
Vanildo Almeida Mendes

Rio de Janeiro, maio de 2019

COORDENAÇÃO INSTITUCIONAL

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT): Antônio Carlos Bacelar Nunes

COORDENAÇÃO TÉCNICA-EXECUTIVA

Coordenador-Geral: Thales de Queiroz Sampaio

Coordenação técnica: Maria Adelaide Mansini Maia e Jorge Pimentel, Departamento de Gestão Territorial (DEGET)

Assessoria: Helion França Moreira e Ricardo Moacyr de Vasconcellos, Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT)

Estudos de geologia aplicada: Sandra Fernandes da Silva, Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP)

Estudos de geomorfológicos e historicidade da ocupação: Marcelo Eduardo Dantas, Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)

Estudos hidrogeológicos: Fernando Antônio Carneiro Feitosa, Departamento de Hidrologia (DEHID)

Estudos geofísicos: Lucia Maria da Costa e Silva, Gerência de Geologia e Recursos Minerais/Sup. Reg.de Belém (GEREMI/SUREG-BE), e Luiz Gustavo Rodrigues Pinto, Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE)

Estudos batimétricos: Hortência Assis, Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM)

Estudos cartográficos: Fabio Costa, Divisão de Cartografia (DICART)

Modelagem geológica em ambiente 3D: Ricardo Wosniak e Eduardo Grissolia, Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE)

Geoprocessamento: Denilson de Jesus, Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)

EQUIPE TÉCNICA

Alexandre Borba (Geólogo)

Alexandre Lago (Geólogo)

Amaro Luiz Ferreira (Geólogo)

Bruce Fabini Franco Chiba (Geofísico)

Bruno Elldorf (Geólogo)

Cipriano Gomes de Oliveira (Téc. em Geociências)

Daniel Moreira (Eng. Cartógrafo)

Dario Dias Peixoto (Geólogo)

Denilson de Jesus (Eng. Cartógrafo)

Eduardo Moussalle Grissolia (Geólogo)

Eugênio Pires Frazão (Geólogo)

Fábio Silva da Costa (Eng. Cartógrafo)

Fernando Antônio Carneiro Feitosa (Geólogo)

Fernando Lúcio Borges Cunha (Geólogo)

Giana Grupioni Rezende (Eng. Cartógrafo)

Gilmar Pauli Dias (Geólogo)

Heródoto Goes (Geólogo)

Hiran Silva Dias (Analista de sistemas)

Hortência Maria Barboza de Assis (Geóloga)

Ítalo Prata de Menezes (Geólogo)

Ivan Soares dos Santos (Téc. em Geociências)

Jairo Jamerson Correia de Andrade (Geofísico)

João Batista Freitas de Andrade (Geólogo)

Jorge Pimentel (Geólogo)

Jose Antônio da Silva (Geólogo)

Juliana Moraes (Geóloga)

Júlio Cesar Lana (Geólogo)

Larissa Flávia Montandon Silva (Geóloga)

Leandro Galvanese Kuhlmann (Geólogo)

Loury Bastos Mello (Geóloga)

Lúcia Maria da Costa e Silva (Geóloga)

Luiz Antônio R. Almendra (Téc. em Geociências)

Luiz Gustavo Rodriguez Pinto (Geofísico)

Marcelo Ambrósio Ferrassoli (Geólogo)

Marcelo de Queiroz Jorge (Geólogo)

Marcelo Eduardo Dantas (Geógrafo)

Marcio Junger Ribeiro (Téc. em Geociências)

Márcio Martins Valle (Oceanógrafo)

Maria Adelaide Mansini Maia (Geóloga)

Marília de Araújo Costa Rodrigues (Geofísica)

Nilo Costa Pedrosa Júnior (Geólogo)

Patrícia Durringer Jacques (Geóloga)

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (Geólogo)

Rafael Corrêa de Melo (Geólogo)

Ricardo Cavalcanti Santiago (Geofísico)

Ricardo Duarte de Oliveira (Eng. Cartógrafo)

Ricardo Wosniak (Geólogo)

Roberto Gusmão de Oliveira (Geólogo)

Rodrigo Luiz Gallo Fernandes (Geólogo)

Ronaldo Gomes Bezerra (Geólogo)

Rubens Esteves Kenup (Eng. Cartógrafo)

Rubens Pereira Dias (Geólogo)

Sandra Fernandes da Silva (Geóloga)

Thales de Queiroz Sampaio (Geólogo)

Thiago Dutra dos Santos (Geólogo)

Tiago Antonelli (Geólogo)

Valter José Marques (Geólogo)

Vanildo Almeida Mendes (Geólogo)

Victor Augusto Hilquias Silva Alves (Geólogo)

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO

Warley Aparecido Pereira (Jornalista)
Letícia de Barros Alves Peixoto (Jornalista)
Pedro Henrique Pereira dos Santos (Comunicador Organizacional)

ASSESSORIA JURÍDICA

Vilmar Medeiros Simões (Consultor Jurídico)

COLABORAÇÃO E AGRADECIMENTOS

Prof. Dr. Aderson Farias do Nascimento, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Prof. Dr. André Etienne Ferraz, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Prof. Dr. André Ferrari, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Prof. Dr. Emanuel Jardim de Sá, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Geólogo Guilherme Estrela, Ex-diretor de Exploração e Produção da Petrobras
Prof. Dr. Luiz Antônio Pierantoni Gamboa, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Geólogo Ricardo Latgé Milwart de Azevedo, Conselho-Diretor do Clube de Eng. e Conselheiro do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro (CREA-RJ)
Prof. Me. Abel Galindo Marques, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Profa. Dra. Regla Toujaguez La Rosa Massahud, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Prof. Me. Nagib Charone, Universidade Federal do Pará (UFPA)
Governo do Estado de Alagoas
Prefeitura de Maceió
Defesa Civil Nacional
Defesa Civil do Estado de Alagoas
Defesa Civil de Maceió
59º Batalhão de Infantaria Motorizada
Equatorial Energia Alagoas
United States Geological Survey (USGS)

APOIO CPRM

Coordenação de Eventos e Cerimonial (DIG)	Divisão de Cartografia (DICART)
Departamento de Gestão Territorial (DEGET)	Divisão de Informática (DIINFO)
Departamento de Hidrologia (DEHID)	Superintendência Regional de Belém (SUREG-BE)
Departamento de Administração de Material e Patrimônio (DEAMP)	Superintendência Regional de Belo Horizonte (SUREG-BH)
Departamento de Contabilidade, Orçamento e Finanças (DECOF)	Superintendência Regional de Goiânia (SUREG-GO)
Departamento de Informações Institucionais (DEINF)	Superintendência Regional de Manaus (SUREG-MA)
Divisão de Editoração Geral (DIEDIG)	Superintendência Regional de Recife (SUREG-RE)
Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)	Superintendência Regional de Salvador (SUREG-SA)
Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP)	Superintendência Regional de São Paulo (SUREG-SP)
Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE)	Residência de Fortaleza (REFO)
Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM)	Residência de Porto Velho (REPO)
Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE)	Residência de Teresina (RETE)
Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)	Escritório do Rio de Janeiro
	Sede Administrativa Brasília/DF

APRESENTAÇÃO

Historicamente, o bairro Pinheiro, localizado no município de Maceió (AL), vem apresentando inúmeras fissuras, trincas, rachaduras e afundamentos em moradias e vias públicas. O fenômeno se intensificou com a forte chuva de verão de 15 fevereiro de 2018 e o evento sísmico de magnitude regional igual a 2,4 de 3 de março de 2018 ocorridos na região, que levaram inclusive à interdição de diversas moradias.

Em decorrência, foi solicitada a presença de técnicos do Serviço Geológico do Brasil - CPRM por meio dos ofícios nº 044/2018 – CEDEC-AL e nº 34/2018 – PJC/MPE/AL para auxiliar na investigação das causas do fenômeno responsável pelos danos gerados a alguns imóveis e vias públicas localizados no bairro Pinheiro, posteriormente identificados também nos bairros vizinhos do Mutange e Bebedouro, o que levou à extensão da investigação.

Os resultados obtidos até a presente data pelos diversos métodos investigativos utilizados pela CPRM no período de junho de 2018 a abril de 2019 estão organizados nos seguintes três volumes, com pormenores sobre a metodologia utilizada, de modo a responder a portaria MME nº 20 de 11 de janeiro de 2019, que se refere à designação do Serviço Geológico do Brasil para elucidar as causas do fenômeno.

➤ **Volume I – Estudos sobre a instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL): relatório síntese dos resultados nº 1.**

Apresenta os principais resultados obtidos nas investigações de forma resumida e adequada ao público não especialista.

➤ **Volume II – Relatórios Técnicos**

Compreende os seguintes relatórios que embasaram o volume I, que poderão sofrer seja atualização, seja aprofundamento, com o avanço dos trabalhos ou aquisição de novas informações:

- A. Mapa de feições de instabilidade do terreno
- B. Levantamento interferométrico
- C. Levantamento cartográfico
- D. Aspecto geológico e estrutural
- E. Aspecto geomorfológico e do histórico de ocupação do bairro
- F. Caracterização geológico-geotécnica
- G. Geofísica – Radar de Penetração do Solo (GPR) em residências e em vias públicas
- H. Geofísica – Batimetria na lagoa Mundaú
- I. Geofísica – Eletrorresistividade

- J. Geofísica – Gravimetria
- K. Geofísica – Audiomagnetotélurico (AMT)
- L. Geofísica – Sismologia
- M. Hidrogeologia
- N. Integração de dados geológicos e de extração de sal em ambiente 3D

➤ **Volume III – Sistema de Informações Geográficas**

Reúne as informações vetoriais e matriciais georreferenciadas (geoinformação) utilizadas ou geradas pelo presente estudo, organizadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG), para uso em *softwares* de geoprocessamento. Os dados estão no formato *shapefile*, com projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) 25S, Datum SIRGAS2000.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
GEOLOGIA REGIONAL	8
ANÁLISE GEOTÉCNICA DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS.....	14
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos tem sido reportado pelos moradores do bairro Pinheiro, na região metropolitana de Maceió, o surgimento de trincas e rachaduras em diversas vias e edificações, com significativo aumento do número de ocorrências nos últimos dois anos, assim como o aumento do poder destrutivo dessas trincas e rachaduras.

Como parte integrante dos estudos multidisciplinares que vem sendo executados na referida localidade, foi feita uma breve revisão bibliográfica acerca da Geologia Regional do Estado de Alagoas, além de considerações mais detalhadas sobre os aspectos geológicos na região metropolitana de Maceió e, por fim, da região onde está situado o bairro Pinheiro.

Também foram realizados levantamentos de campo em diversos afloramentos do Grupo Barreiras (presentes por todo o município de Maceió), tanto na área diretamente afetada quanto fora da mesma, a fim de se obter um padrão de orientação das estruturas tectônicas, para que se pudesse fazer uma comparação com o padrão de trincas e rachaduras que vem sendo observadas, e se as mesmas são afetadas ou até mesmo condicionadas pelas estruturas geológicas locais ou regionais.

Um segundo objetivo e não menos importante foi a verificação da ocorrência de estruturas geológicas que possam ter sido reativadas recentemente, ou seja, se processos neotectônicos estão ativos e contribuindo para as instabilidades que estão ocorrendo na região.

GEOLOGIA REGIONAL

As figuras 1 e 2 referem-se ao mapa Geológico do Estado de Alagoas (Mendes 2017), e sua coluna estratigráfica correlata. Neste contexto está inserida a região metropolitana de Maceió, que compreende duas províncias tectono-estruturais distintas: a denominada Província Borborema, aflorante nas áreas dos municípios de Rio Largo, Murici, Messias e Atalaia, que inclui as rochas do embasamento cristalino, e a denominada Província Costeira, constituída pelos sedimentos da Sub-Bacia de Alagoas.

As rochas cristalinas pré-cambrianas cartografadas neste setor correspondem às litologias dos domínios Rio Coruripe e Pernambuco – Alagoas. Ao primeiro se acham associadas as rochas do Complexo Arapiraca de idade Paleoproterozoica, formado por paragneisses bandados frequentemente migmatizados e por vezes granulitizados, contendo ainda formações ferríferas bandadas, quartzitos, além de complexos ígneos de composição máfico-ultramáfica. No domínio Pernambuco ocorrem litologias do Complexo Belém do São Francisco, constituído por ortogneisses tonalíticos, granodioríticos a granitos, em geral migmatizados, com mesossoma quartzo-diorítico. Afloram ainda as rochas da Suíte Intrusiva Itaporanga, formada por sienogranitos, granodioritos e monzogranitos, além dos plutonitos inseridos na unidade Granitóides Indiscriminados, de textura equigranular, fina a média, isotópicos e de composição variando de monzogranitos a sienogranitos.

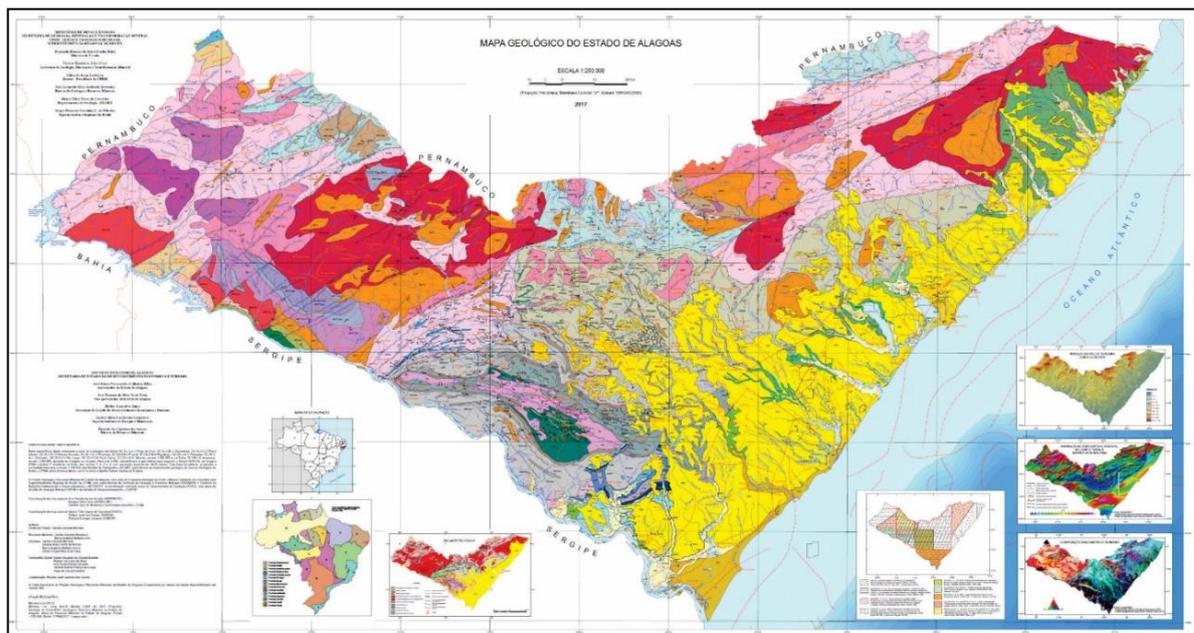


Figura 1. Mapa Geológico do Estado de Alagoas (Mendes 2017).

Sobrepostos às litologias do embasamento cristalino ocorrem os sedimentos da Sub-Bacia de Alagoas, a qual foi individualizada a partir dos seus aspectos tectônicos e estratigráficos por Feijó e Vieira (1990), Feijó (1992) e consolidado por Campos Neto *et al* (2007).

Essa sub-bacia encontra-se disposta a leste da área em estudo e é constituída pelas litologias das Formações Batinga, Aracaré, Bananeiras, Serraria, Barra de Itiúba, Penedo, Morro do Chaves, Coqueiro Seco, Maceió, Muribeca e Marituba. Dentre as unidades, ora representadas, destacam-se as Formações: Morro do Chaves, constituída por calcários, Coqueiro Seco, formada por arenitos com intercalações de folhelhos e delgados níveis de calcário; a Formação Maceió, mais precisamente o seu Membro Paripueira, onde ocorrem os expressivos jazimentos de sal gema, atualmente explotados pela empresa BRASKEN S/A; os conglomerados da formação Poção e intercalações de calcários e arenitos cinza, com folhelhos escuros do membro Ibura, este pertencente à formação Muribeca.

Na Região Metropolitana de Maceió encontram-se, ainda, as coberturas quaternárias associadas a sedimentos recentes, representadas pelos sedimentos do Grupo Barreiras, que estão descritos mais detalhadamente na parte final deste relatório.

EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DA BACIA SERGIPE – ALAGOAS

A origem desta bacia está relacionada diretamente à fragmentação do paleocontinente Gondwana, na grande depressão que se propagou do sul para norte, culminando com a abertura do Atlântico Sul. A mesma é uma bacia do tipo N-graben e apresenta a mais completa coluna estratigráfica das bacias marginais brasileiras e contém registros de toda evolução que ocorreu na margem leste de nosso país. Nesta entidade constata-se a existência das quatro mega-sequências (Pré-rifte, rifte, transicional e pós-rifte) e que são em parte capeadas pelos sedimentos continentais costeiros do Grupo Barreiras, pelos Depósitos Aluvionares, Coluvio-Eluviais, Marinhos e Eólicos Recentes. (Campos Neto *et al.* 2007).

A bacia em questão caracteriza-se por subdividir-se em blocos ou compartimentos tectônicos limitados por grandes falhas. No geral, mergulha para E–SE, com blocos escalonados por falhas de direção predominantemente NE–SW e separadas entre si por falhas dispostas para N-S e E-W. Mendes & Bacelar (1992 Apud Oriente 2002) identificaram duas principais direções de falhamentos nesta entidade: a direção NE–SW mostra-se controladora da deposição dos sedimentos dos andares Jiquiá e Alagoas e é responsável também pela extensão SE da bacia. A segunda, dada pela direção NW–SE, constitui a possível zona de acomodação de esforços representando parcialmente falhas de transferência (Mendes 2017).

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		PLUTONISMO SIN A TARDI-OROGÊNICO	
CENOZOICO		PLUTONISMO SIN A TARDI-OROGÊNICO	
Q2a	Depósitos Aluvionares: areia com intercalações de argila e cascalho e restos de matéria orgânica.	NP2-1	Granitoides Indiscriminados: ortognaisses e ortognaisses migmatíticos, com anfíbolo e biotita, de composições monzograníticas a granodioríticas, quartzo-monzoníticas e tonalíticas. Possuem enclaves máficos.
Q2i	Depósitos Litorâneos: areias finas e dunas móveis.	NP2-2c	Granitoides Camalhões graníticos e granodioritos, incluindo quartzo-diorito e monzodiorito, com biotita e hornblenda, contendo estruturas de fluxo.
Q2pm	Depósitos de Pântanos e Mangues: areias, siltes, argilas e matéria orgânica.	SUÍTE INTRUSIVA CANINDE	
Q2b	Depósitos Litorâneos Indiferenciados: areias e siltes argilosos ricos em matéria orgânica.	NP2-2a	Gabros, noritos, microgabros, olivina gabros, leucogabros, anortitos, trocólitos e ultramafitos.
Q2f	Depósitos Flúvio-Lagunares: lamias arenosas e carbonosas.	COMPLEXO CANINDE DO SÃO FRANCISCO	
N2/c	Depósitos Colúvio-Eluviais: areias argilosas e argilas.	NP2cdg	Unidade Gentleza: rochas metamórficas (hornblenda anfibólitos), de granulação fina a média.
GRUPO BARREIRAS		COMPLEXO ARATICUM	
Enb	Arenitos argilosos a conglomeráticos, argilitos puros a arenosos e conglomerados.	NP2ar	Paragnaisses granodiferos ou não, às vezes com muscovita e/ou sillimanita, algo migmatizados, e localmente biotita xistos e metagrauwacas granodiferos. Possuem intercalações de rochas metamórficas (a), mármores (m), xistos grafíticos, metargilas, rochas calcissilicáticas, formações ferríferas bandadas, rochas metamórficas (u) e shiests sintectônicos de leucogranitoides a duas micas. 611 Ma U-Pb.
MESOZOICO		GRUPO MACURURÉ	
CRETÁCEO		NP2ms	Unidade 4: metagrauwacas, metarenitos e metasiltilos de cores variadas.
K2ag	Formação Algodoads: arenitos avermelhados finos a muito grossos com fragmentos de rochas vulcânicas e proclásticas, calciníticos, feldspáticos, com matriz fina arenolargilosa.	NP2ms	Unidade 2: granada biotita-muscovita xistos (metagrauwáquicos), localmente com sillimanita, cianita ou andalusita, com delgadas intercalações de quartzitos, leucogranitoides e níveis de quartzo leitoso: metamorfos com lentes subordinadas e formadas de rochas calcissilicáticas (NP2ms); níveis de quartzitos micáceos finos a médios (NP2m2q).
GRUPO CORUIPE		NP2m1	Formação Santa Cruz: quartzitos puros, quartzitos bandados, intercalados com níveis de quartzitos arcosanos ou níveis micáceos (NP2m1); quartzitos micáceos foliados, intercalados com níveis xistosos com muscovita intergranular, quartzitos arcosanos e, às vezes, com intercalações de biotita xistos granodiferos (NP2m1x).
K1mac	Formação Macaí: arenitos com clastos de rochas graníticas dispersas na matriz e faixas turbidíticas, com conglomerados polimíticos ricos em clastos com argila e intercalações de arenitos, siltilos e folhelhos.	NP2m1x	Ortognaisse Serra das Flores: biotita gnáisses sinograníticos a monzograníticos róseos avermelhados, inequigranulares porfíricos-grossos, com augens/fenoclastos de feldspato. 547 Ma U-Pb.
K1poc	Formação Poço: ortoconglomerados polimíticos compostos principalmente por matriz areno-conglomerática, seixos e matações de rochas graníticas.	SUÍTE CHORROCHÓ	
K1cs	Formação Coqueiro Seco: arenitos impuros, com intercalações de folhelhos, siltilos e delgados níveis de calcário.	NP1-2d	Ortognaisses quartzo-monzodioríticas, graníticas, porfíroclásticas, localmente miloníticas.
K1mch	Formação Moço do Chaves: calcários coquiloídeos cinza claros com intercalações de arenitos finos e folhelhos cinza esverdeados.	COMPLEXO BELÉM DO SÃO FRANCISCO	
K1pa	Formação Penado: arenitos mal selecionados com fluidização. Localmente encontram-se intercalados com folhelhos e calcários.	NP1b	Ortognaisses tonalíticas, granodioríticas e graníticas, em geral migmatizados, migmatito com mesocoma quartzo-diorítico, tonalítico e restos de rochas paradedvidadas. Textura equigranular média a grossa e inequigranular, textura ígnea com fenoclastos de feldspato, às vezes miloníticas e com augens.
K1bi	Formação Barra da Ituba: folhelhos com intercalações de arenitos e siltilos.	MESOPROTEROZOICO (MP)	
GRUPO PERUCABA		COMPLEXO CABROBO	
CRETÁCEO/JURÁSSICO		MP3ca1	Unidade 1: biotita gnáisses bandados; com ou sem granada e/ou muscovita e/ou sillimanita, frequentemente migmatizados, com estrutura bandada, schlieren e dobrados e biotita granitoides neossomáticos. Localmente apresentam-se fortemente migmatizados (m); possuem intercalações de metamórficas, metagrauwacas, rochas calcissilicáticas (c), quartzitos (q) e formações ferríferas.
JKs	Formação Serraia: arcóseos e arenitos médios a grossos, brancos a acinzentados e avermelhados.	PALEOPROTEROZOICO (PP)	
JURÁSSICO		COMPLEXO ARAPIRACA	
JBb	Formação Bananeiras: folhelhos e argilitos vermelhos, castanhos e arroxeados.	PP23car	Paragnaisses bandados, frequentemente migmatizados (estromatolítico, schlieren, fibulítico e dobrados) e por vezes granulizados. Contêm intercalações de lentes/camadas de rochas máficas (a), mármores dolomíticos, rochas calcissilicáticas, formações ferríferas bandadas, quartzitos (q) e complexos ígneos de metamórficas-ultramáficas (u), contêm ferro maciço (f), 1.965 Ma U-Pb.
PALEOZOICO		ARQUEANO/PALEOPROTEROZOICO (AP)	
PERMO-CARBONIFERO		AP-2c	Ortognaisse Serra das Cabeças: metagranitoides cinza-claros e cremes, equigranulares médios a porfíroclásticos, com portações de granada e, localmente, xenólitos de supracrustais.
P1ar	Formação Aracari: arenitos, siltilos e folhelhos intercalados com calcários dolomíticos associados a sílex.	ARQUEANO (A)	
SILURIO/DEVONIANO		COMPLEXO JIRAU DO PONCIANO	
GRUPO JATOBA		Ap	Ortognaisses bandadas a migmatíticas, equigranulares médios a porfíricos, de composição tonalítica, diorítica, granodiorítica a granítica e, por vezes com xenólitos de supracrustais.
Df	Formação Inajá: arenitos finos, siltilos, folhelhos e raros níveis de arenitos grossos de cor cinza a clara.	COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
SDf	Formação Tacaratu: conglomerados e arenitos mal selecionados finos a grossos, contendo níveis de arenitos ferruginosos.	An2	Unidade 2: gnáisses quartzo-feldspáticos médios a finos, com intercalações de mármores, metamórficas félsicas, níveis de gnáisses micáceos bandados, macaxitos, quartzitos (q) e metamórficas (a).
CAMBRIANO		An1	Unidade 1: gnáisses quartzo-feldspáticos médios a finos, paragnaisses a biotita (An1), com intercalações de metamórficas (a), metaultramáficas (u), e formações ferríferas (f), por vezes, de metamórficas ácidas e rochas metaporfíricas.
GRANITOIDES PÓS-OROGÊNICOS		COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
NEOPROTEROZOICO (NP)		COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
GRANITOIDES TARDI A PÓS-TECTÔNICOS		COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
SUÍTE INTRUSIVA ÁGUAS BELAS		COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
NP1-4ab	Quartzo sienitos a granitos homogêneos, equigranulares médios a grossos e porfíricos. Possuem enclaves microgranulares máficos e, em geral, são isotópicos a cataclíticos nas bordas. Possuem variação textural. Suíte metalmunosa-calcio-alcaina de alto potássio a shoshonítica. 593 Ma e 528 Ma U-Pb.	COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
NEOPROTEROZOICO (NP)		COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
GRANITOIDES TARDI A PÓS-TECTÔNICOS		COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
SUÍTE INTRUSIVA PRÓPRIA		COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
NP3-3p	Biotita granito porfírico, calcioalcaino de alto potássio a alcalino, com autólitos de máficas.	COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
SUÍTE INTRUSIVA SERRA DO CATU		COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
NP3-3ca	(3) Pluton Água Branca: (m) quartzo monzonites a monzogranitos porfíricos (s), quartzo alcaifeldspato sienitos cinza a róseos acinzentados, equigranulares a levemente porfíricos; (q) quartzo sienitos e quartzo alcaifeldspatos sienitos róseo-avermelhados, equigranulares a levemente porfíricos. 613 Ma e 616 Ma U-Pb.	COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
SUÍTE INTRUSIVA ITAPORANGA		COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
NP3-2a	(41) Pluton Santana de Ipanema, (47) Pluton Tanquinho, (48) Pluton Carneiro, (49) Pluton Manguba granodioritos, monzogranitos e sienogranitos, equigranulares médios a grossos a inequigranulares porfíricos, com fenocristos subelícticos a equilícticos do K-feldspatos (1 cm a 7 cm) e plagioclásio (0,5 cm a 1 cm). Possuem enclaves dioríticos e faixas intermediárias de mistura. Suíte metamunosa a levemente peraluminosa, calcioalcaina de alto potássio a levemente shoshonítica. 632 ± 13 Ma e 612 Ma U-Pb.	COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
SUÍTE INTRUSIVA XINGÓ		COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
NP3-3a	Pluton Xingó: leucogranitoides róseos esbranquiçados, equigranulares finos a médios, às vezes com diferenciações pegmatíticas e, em geral, isotópicos. Peraluminosos. 600 Ma Rb - Sr.	COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
NP3-1	Granitoides Indiscriminados: monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente equigranulares finos a médios, às vezes grossos e, localmente, porfíricos, isotópicos, em alguns pontos exibem foliação magmática.	COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
SUÍTE INTRUSIVA OURO BRANCO		COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	
NP3-3b	(1) Pluton Ouro Branco: monzogranitos a granodioritos a duas micas, equigranulares a inequigranulares médios a grossos a levemente porfíricos, com fenocristos de plagioclásio. Possuem enclaves biotíticos às vezes com granada, xenólitos de paragnaisses migmatíticos e, às vezes, estruturas fantasmas. Suíte peraluminosa, calcioalcaina.	COMPLEXO NICOLAU - CAMPO GRANDE	

Figura 2. Coluna Estratigráfica do Mapa Geológico do Estado de Alagoas.

ARCABOUÇO ESTRUTURAL

A presença destas falhas cortando as unidades geológicas descritas acima confirma a atuação de uma tectônica cenozoica, que atuou em toda Maceió. Essas estruturas cenozoicas podem estar sendo reativadas na área do Bairro Pinheiro e essa ativação isolada sugeriria influência de ações antrópicas. Convém salientar que as citadas falhas se dispõem nas direções NE–SW, NW–SE, N–S e E–W. As direções destes falhamentos coincidem com as observações e medições efetuadas durante os trabalhos de campo e com orientações dos alinhamentos observados na interpretação de fotogeologia, constituindo uma evidência do controle estrutural atuante no local, o qual chega a condicionar tanto a rede de drenagens superficiais, quanto o sistema de águas subterrâneas.

GEOLOGIA LOCAL – BAIRRO PINHEIRO

O bairro de Pinheiro foi construído sobre sedimentos pouco consolidados constituídos basicamente de areia, silte e argila de cor variegada, tendo níveis de concreções de ferro e conglomeráticos, com a disposição das camadas de forma irregular, sendo muitas vezes lenticulares. Esses sedimentos são conhecidos na literatura como Grupo Barreiras, tendo idade de deposição, segundo Arai *et. al* (1988, 1994), do Mioceno ao Plioceno.

A estratigrafia subsequente das rochas que estão localizadas logo abaixo do bairro Pinheiro é conhecida graças aos cinco poços de exploração de sal-gema que estão localizados no bairro (M06, M16, M17, M31 e M20) (Fig. 3), mais 24 poços nas redondezas, com os quais é possível construir o perfil estratigráfico até a profundidade de 1.250 metros.

Abaixo do Grupo Barreiras, geralmente na profundidade de 80 metros, encontram-se as rochas pertencentes à sub-bacia de Alagoas, começando com os argilitos de cor cinza clara intercalados com arenitos mais friáveis de granulometria variável de fina a grossa por vezes conglomerática da formação Marituba, estes, chegando a profundidade de cerca de 180 metros. A partir dessa profundidade até aproximadamente 280 metros encontram-se calcários, algumas vezes dolomíticos, intercalados com argilitos/folhelhos e por vezes com arenitos.

Variando entre 280 e 330 metros, como sinalizados nas sondagens dos poços, encontra-se calcário cinza médio a castanho escuro, intercalado com folhelhos de cor escura e arenito cinza média, fino calcífero, estes pertencentes ao membro Ibura da formação Muribeca. Quando alcançada a profundidade variada de 355-390 metros encontram-se os conglomerados pertencentes à formação Poção. Eles foram descritos por Figueiredo (1978 apud Feijó 1994) como conglomerados com matriz arcossiana, que só ocorrem na sub-bacia

de Alagoas. Essas rochas são compostas por fragmentos de quartzitos angulosos, por vezes com coloração esverdeados e fragmento de outras rochas do embasamento, oriundas de um retrabalhamento, devido à reativação de falhas na época de sua formação. Esse conglomerado tem como matriz um material mais fino areno-conglomerático (Mendes 2017), sendo assim bastante resistente à perfuração, porém, pouca resistência à tração (da Costa *et al.* 1992). Segundo alguns logs de perfuração a sua matriz também pode ser carbonática. A sua profundidade alcançada varia entre 716-830 metros.

Mais abaixo são reveladas rochas pertencentes ao membro tabuleiro dos Martins da formação Maceió, que é constituída basicamente de folhelhos betuminosos, calcários escuros e arenitos. Essas rochas se intercalam e ficam logo acima da camada de sal com teores elevados de halita, com profundidade variada de 881-960 metros.

A camada de halita, onde estão localizadas as minas de sal-gema, tem aproximadamente 400 metros de espessura com topo na cota variada de 881-960 metros e base entre 1.100 – 1.255 metros, e é formada por intercalações de rocha com alto teor de halita, folhelhos castanhos e calcários de cor creme, esses últimos com menores proporções.

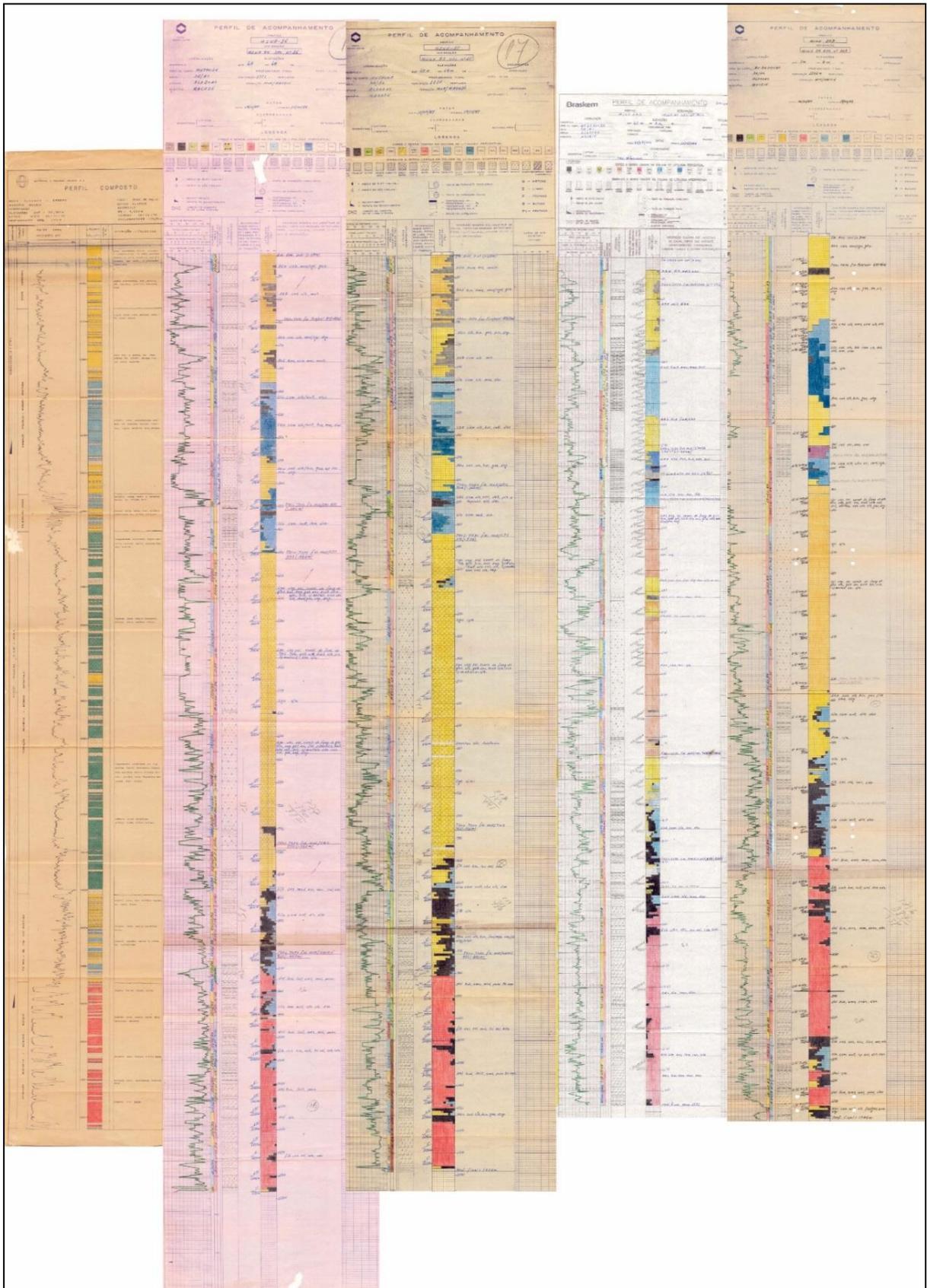


Figura 3. Log dos poços de sal M06, M16, M17, M31 e M20 que estão localizados dentro do bairro de Pinheiro. Fonte Braskem S.A.

ANÁLISE GEOTÉCNICA DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

Os estudos se concentraram em afloramentos do Grupo Barreiras e as informações descritas focaram somente nas características superficiais, após algumas etapas de campo, em que diversos afloramentos do Grupo Barreiras foram mapeados. Foram selecionados 10 pontos para a coleta e amostragem das medidas estruturais, para apresentação em forma de diagramas (estereogramas e rosetas).

PONTOS MAPEADOS

Para uma melhor amostragem, foram selecionados afloramentos dentro e fora do bairro Pinheiro (Fig. 4) que tivessem boa exposição para que fossem obtidas medidas estruturais consistentes.

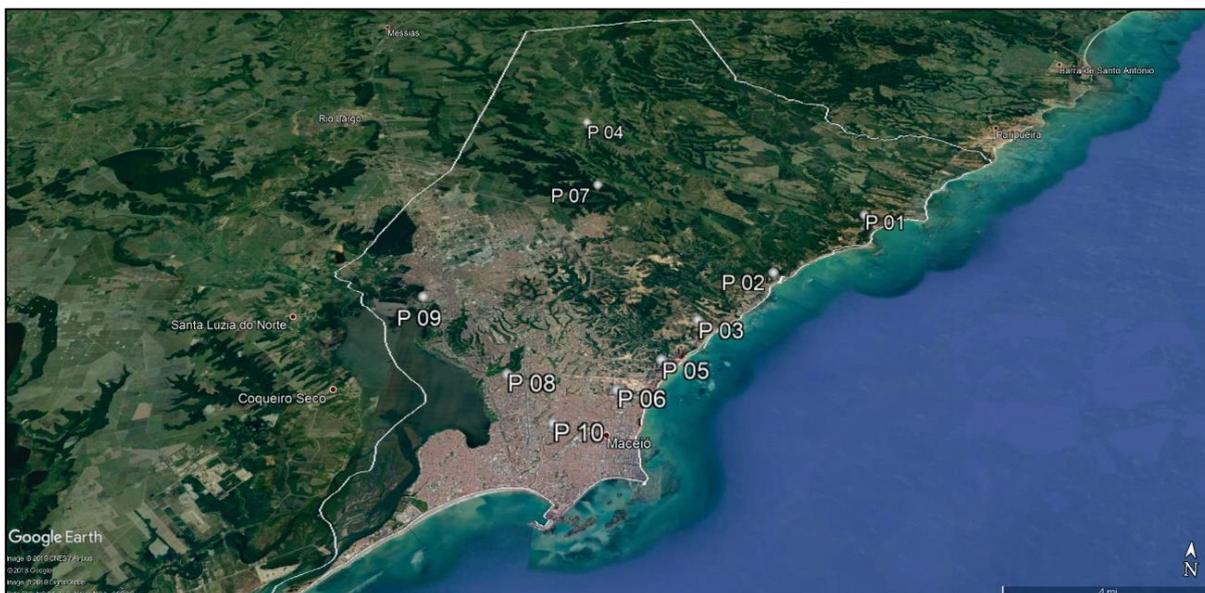


Figura 4. Vista do município de Maceió com a localização dos pontos estudados. Fonte *Google Earth*.

Em todos os 10 pontos ocorrem os sedimentos continentais do Grupo Barreiras, com frequentes variações entre as porcentagens de silte, areia e argila, sendo o silte geralmente presente em maior proporção. Podem ocorrer variações verticais e também laterais entre as camadas, devido a mudanças ambientais durante o ciclo deposicional (Fig. 5), além de serem comuns horizontes lateritizados.

Algumas estruturas sedimentares foram observadas, e são comuns nos afloramentos, como visto no ponto 1 (Fig. 6). Tais estruturas sedimentares não parecem influenciar na estabilidade das encostas mapeadas, devido a serem, geralmente, sub-horizontais, no entanto, podem ocorrer estratificações cruzadas de baixo ângulo.



Figura 5. Afloramento do Grupo Barreiras na região metropolitana de Maceió. Observar as sucessões verticais e laterais entre as camadas e a grande quantidade de incisões erosivas.

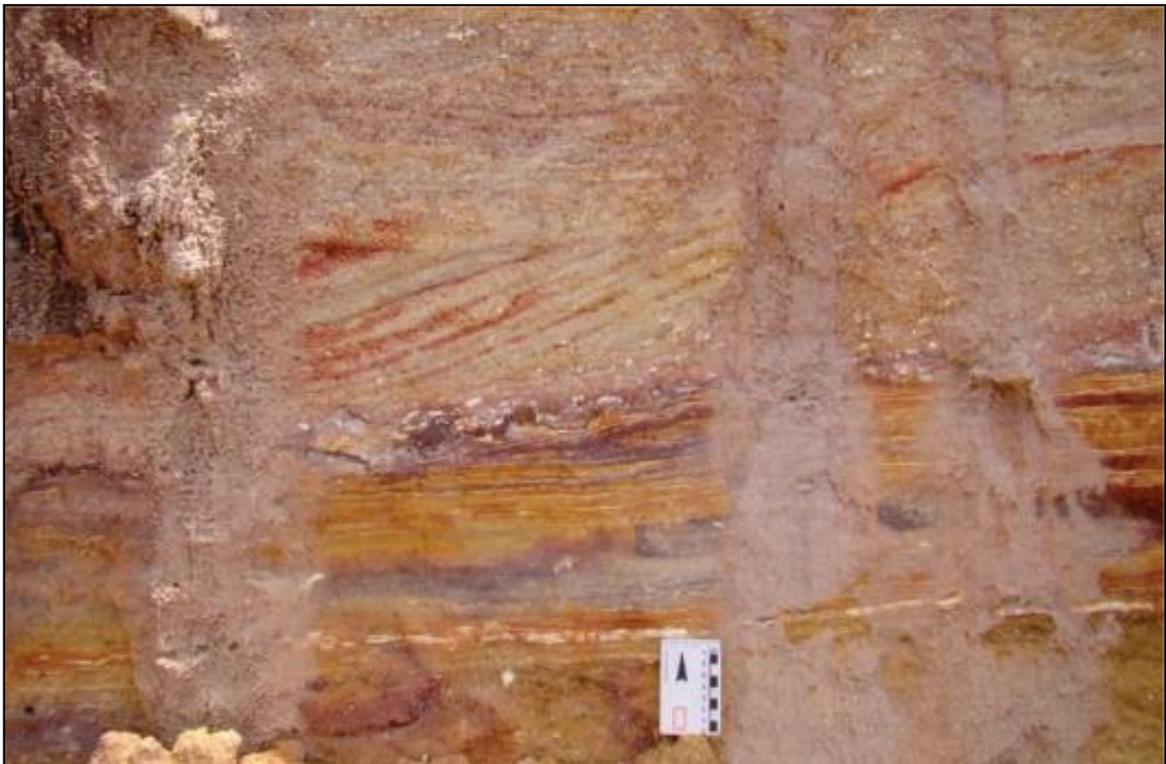
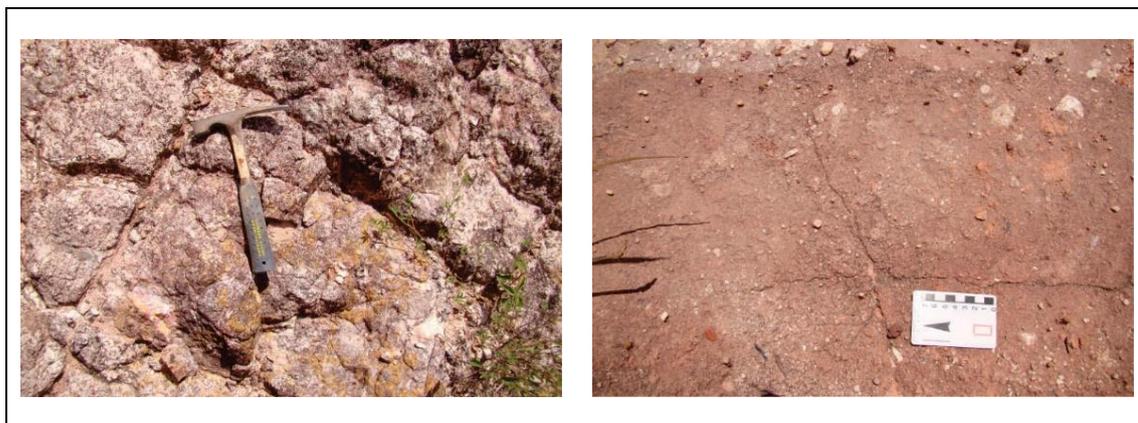


Figura 6. Detalhe de um contato entre sedimentos argilosos na base e arenitos com estratificação cruzada no topo. Acamamentos e estratificações são algumas das estruturas sedimentares observadas.

Uma maior proporção de siltes e areias em relação à fração argilosa confere ao maciço uma maior suscetibilidade a processos erosivos, o que foi comprovado em campo, sendo bastante frequente a ocorrência de feições erosivas, com ravinamentos, muitas vezes profundos, com direções de incisão no maciço muitas vezes condicionadas por uma ou mais famílias de fraturas tectônicas (figuras 7 e 8).

Em relação às características das fraturas, estas possuem abertura milimétrica ou são seladas, podem ou não ter algum preenchimento, mas frequentemente ocorrem paredes oxidadas, o que indica circulação de água entre a superfície e a subsuperfície.

As fraturas são penetrativas e de grande persistência (Figs. 7 e 8), rugosas, sendo as camadas de granulometria mais fina, principalmente as argilosas, mais fraturadas (Fig. 9). Por outro lado, as fraturas são bastante difíceis de observar nos arenitos conglomeráticos, mesmo que as duas camadas estejam sobrepostas em um mesmo afloramento, demonstrando uma diferença de competência, frente aos esforços tectônicos, entre materiais e granulometrias distintas.



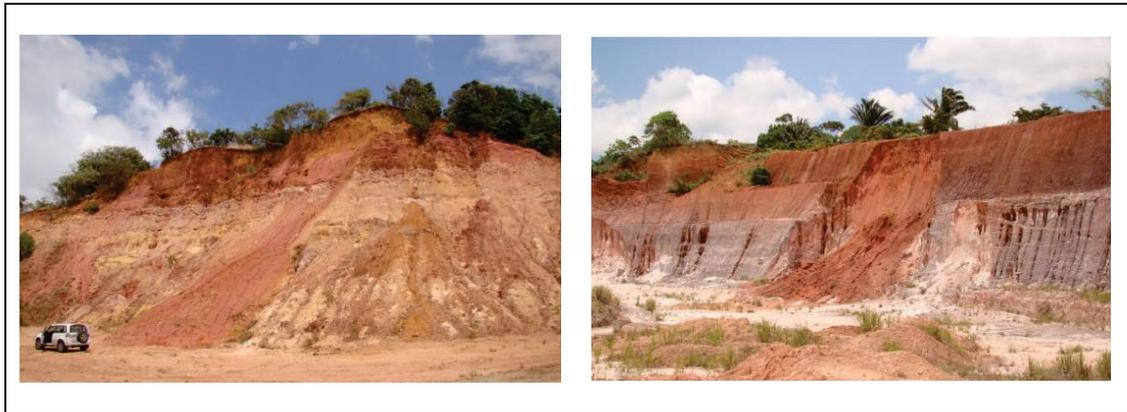
Figuras 7 e 8. Detalhes de afloramentos com sets de fraturas se interceptando, formando pares conjugados, comumente observados em todos os pontos.

Através da infiltração de água das chuvas pelos planos de fraturas, ocorre carreamento de material, abertura das fraturas e com a evolução dos processos erosivos de superfície e subsuperfície, incisões mais profundas que culminam em grandes ravinas (Fig. 10).

Também foram observados movimentos de massa associados às características geológico-geotécnicas presentes nesses maciços, como inúmeros leques aluviais recentes nos sopés de todos os afloramentos visitados e uma ruptura planar condicionada por planos de fraturamento (Figs. 11 e 12).



Figuras 9 e 10. Esquerda: exemplo do fraturamento intenso em camadas mais argilosas. Direita: grandes ravinamentos devido à infiltração de água superficial.



Figuras 11 e 12. Exemplos de movimentos gravitacionais de massa observados em campo. Esquerda: grandes leques aluviais. Direita: deslizamento planar condicionado por fraturas tectônicas.

DIAGRAMAS (PROJEÇÕES ESTEREOGRÁFICAS E ROSETAS)

Para melhor visualização, foram gerados dois tipos de diagramas, que indicam a direção e o ângulo de mergulho dos planos das fraturas tectônicas (Fig. 13).

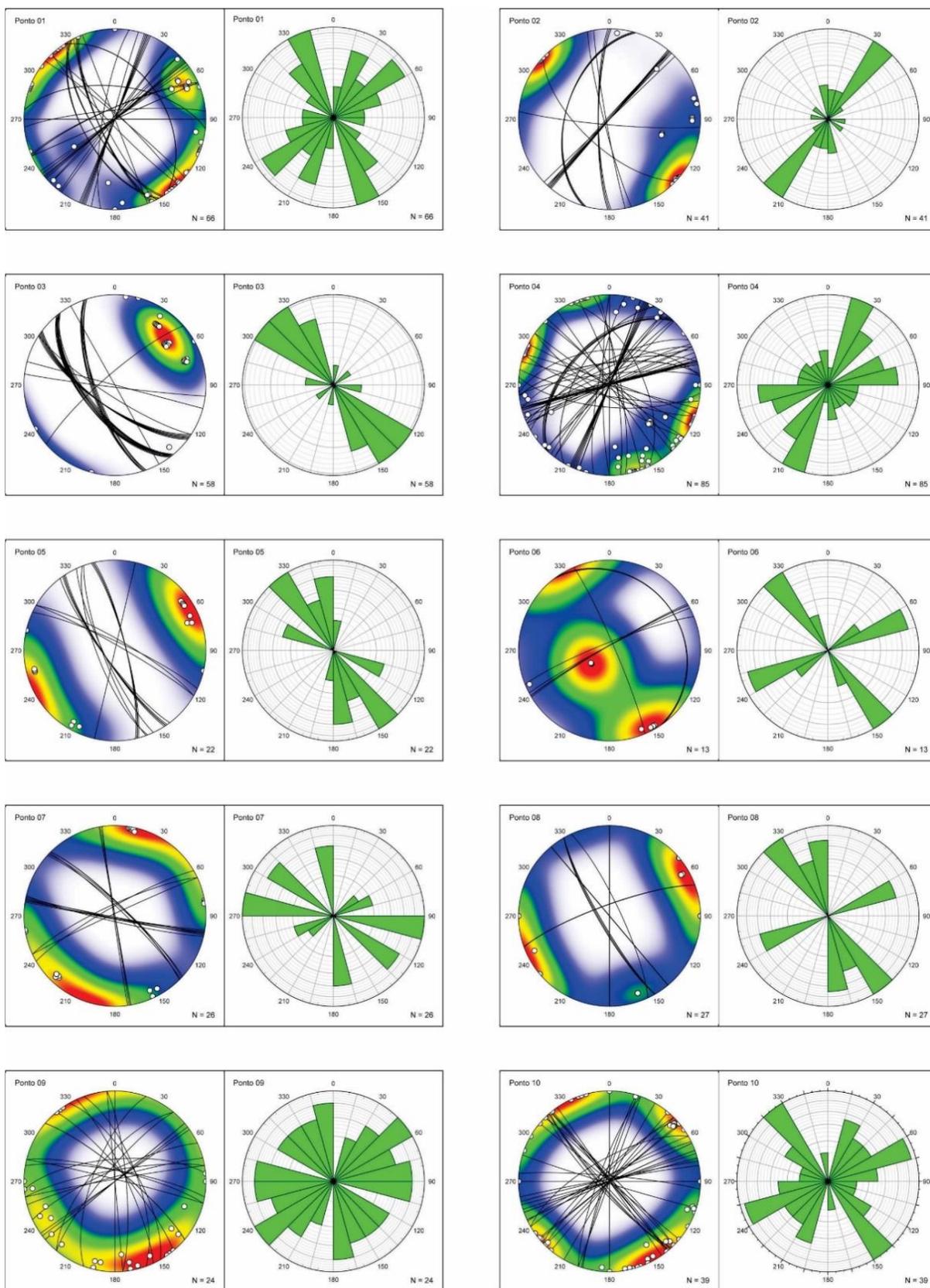


Figura 13. As linhas pretas (guirlandas) cortando os círculos coloridos (estereogramas) representam os planos das fraturas e para qual quadrante estão mergulhando. Pontos brancos: indicam o ângulo de mergulho de cada plano. Diagramas de rosetas (verdes): indicam a frequência e a direção (*strike*) dos planos de fraturamentos.

MAPA DE LINEAMENTOS

Foi confeccionado um mapa de lineamentos estruturais através de fotointerpretação, onde os lineamentos mais significativos foram identificados (Fig. 14).

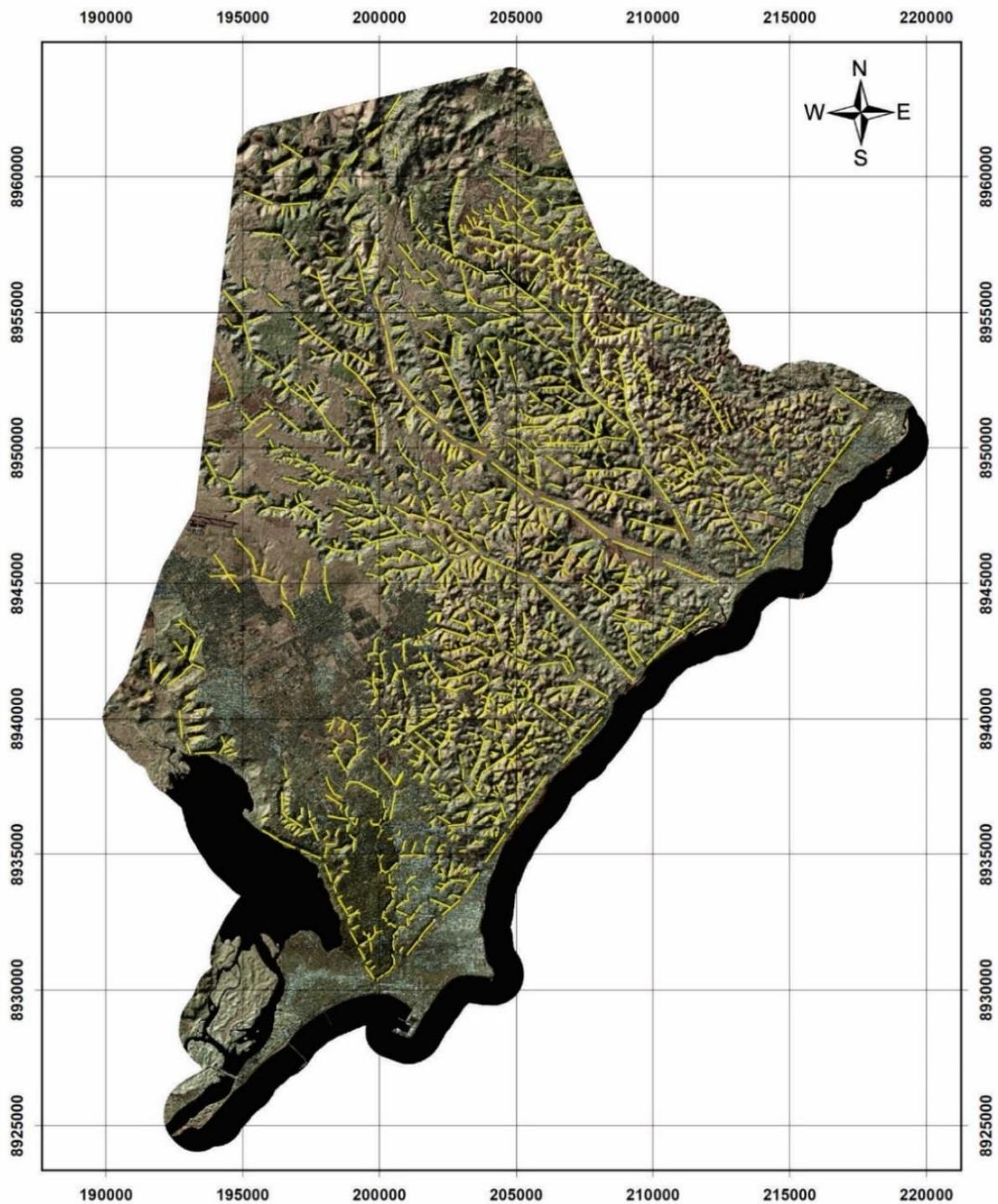


Figura 14. Mapa de lineamentos do município de Maceió obtido através de fotointerpretação.

Embora ocorram lineamentos em diversas direções, se destaca uma predominância de grandes lineamentos de orientação NW-SE e, subordinadamente, NE-SW e N-S, sugerindo um forte controle estrutural na dissecação do relevo, conforme pode ser visto em campo, representado por vales encaixados e alongados.

As medidas estruturais realizadas em campo, que foram apresentadas nos diagramas, e o mapa de lineamentos acima, comprovam que todo o município de Maceió possui forte influência das estruturas geológicas, não somente recentes, mas também herdadas do embasamento devido à complexa evolução estrutural da bacia de Sergipe-Alagoas.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De uma forma geral, pode-se concluir, observando os diagramas e o mapa de lineamentos, que existe uma direção preferencial das estruturas geológicas em NW-SE e, secundariamente, NE-SW, com predomínio de altos ângulos de mergulho, de subvertical a vertical.

As estruturas coincidem com a orientação de diversas trincas mapeadas no bairro Pinheiro, mas ocorrem também para outras direções, principalmente no sentido N-S. Essa concordância entre as medidas estruturais, observadas nos maciços, com as medidas em trincas e rachaduras, sugere certo controle estrutural do substrato onde está assentado não somente o bairro Pinheiro, mas o município de Maceió. Esse controle estrutural também é observado nas redes de drenagem e tem importante papel na circulação das águas subterrâneas.

A ocorrência de intenso fraturamento nos sedimentos do Grupo Barreiras indica a ocorrência de eventos neotectônicos, no entanto, nos afloramentos visitados não ficaram evidenciados sinais de movimentação recente, ou seja, foi notada uma ausência de tectônica ativa ou reativação de falhamentos.

O cruzamento entre sets de planos de fraturamento diferentes conferem ao maciço um eficiente caminho para infiltração das águas superficiais, com lixiviação e carreamento de material, principalmente nos planos de fraturas mais abertas ou onde processos erosivos já se encontram atuantes.

Não foram observados indícios de falhas regionais ou locais, apenas algumas estruturas sedimentares além das fraturas tectônicas descritas nesse relatório.

Todos os pontos visitados possuem características geológico-geotécnicas muito semelhantes, sendo que alguns estão situados em áreas densamente povoadas. Se essas características são semelhantes, elas não podem explicar sozinhas as ocorrências no bairro Pinheiro e seu entorno, pois o fato de as rochas do Grupo Barreiras serem erodíveis, fraturadas e etc., ou seja, possuírem uma fragilidade natural, não vem causando ocorrências semelhantes em outras localidades vistoriadas no município de Maceió.

Fica evidente, tanto em ocorrências dentro do bairro Pinheiro, quanto em encostas visitadas durante esse trabalho, que se um processo erosivo se instala ele só pode ser contido se forem adotadas corretas medidas de engenharia. Os processos erosivos atuantes podem ser

bastante destrutivos, e evoluir significativamente em apenas um evento chuvoso com precipitações elevadas, dentro de um curto intervalo de tempo.

É urgente a necessidade de implantação de um sistema de drenagem e esgotamento sanitário em todo o bairro Pinheiro e áreas adjacentes, para que os processos erosivos sejam desacelerados, assim como o preenchimento e estabilização das cavidades que vêm surgindo em alguns pontos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAI, M.; UESUGUI, N.; ROSSETTI, D. F.; GOES, A. M. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no Nordeste do Estado do Pará. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35., 1988. Belém. **Anais [...]** Belém, SBG, 1988. v. 2, p. 738-752.

ARAI, M.; TRUCKENBRODT, W.; NOGUEIRA, A. C. R.; GOES, A. M.; ROSSETTI, D. F. Novos dados sobre estratigrafia e ambiente deposicional dos sedimentos Barreiras, NE do Pará. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 4., 1994, Belém. **Boletim de Resumos Expandidos [...]** Belém, SBG, 1994. p. 185-187.

CAMPOS NETO, O.P.A.; LIMA, W.S.; CRUZ, F.E.G. Bacia de Sergipe-Alagoas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 405-415, maio/nov. 2007.

FEIJÓ, F.J. **Sequências continentais das fases pré-rift da sub-bacia de Alagoas Central**. 1992. 165f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

FEIJÓ, F.J. Bacias de Sergipe e Alagoas. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 8, n. 1, p. 149-161, 1994.

FEIJÓ, F.J.; VIEIRA, R.A.B. Sequências cretáceas das Bacias de Sergipe e Alagoas. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CRETÁCEO*, 1., 1990, Rio Claro. **Anais [...]** Rio Claro: UNESP, 1990.

MENDES, V. A.; LIMA, M. A. B.; MORAES, D. M. F.; BRITO, M. F. L. (Org.) **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Alagoas**. Recife: CPRM, 2017. 1 DVD; Escala 1:250.000. Programa Geologia do Brasil - PGB.