

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA  
ÁREA MARINHA, COSTEIRA E SEDIMENTAR**

**GILENO SANTOS MOREIRA**

**ESTUDO DOS MINERAIS PESADOS EM SOLOS DOS TABULEIROS  
COSTEIROS DO LITORAL NORTE DA BAHIA**

Salvador  
2014

**GILENO SANTOS MOREIRA**

**ESTUDO DOS MINERAIS PESADOS EM SOLOS DOS TABULEIROS  
COSTEIROS DO LITORAL NORTE DA BAHIA**

Trabalho apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Geologia, na Área Marinha, Costeira e Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo da Silva Vilas Boas  
Co-Orientador: Prof. Dr. Fábio Carvalho Nunes

Salvador  
2014

---

M835 Moreira, Gileno Santos.

Estudo dos minerais pesados em solos dos tabuleiros costeiros do Litoral Norte da Bahia / Gileno Santos Moreira. Salvador, 2014.  
108 f. : il. + apêndices

Orientador: Prof. Dr. Geraldo da Silva Vilas Boas.  
Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 2014.

1. Sedimentação – Entre Rios (BA). 2. Solo. 3. Minerais pesados. I. Vilas Boas, Geraldo da Silva. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 551.3.051(813.8)

---

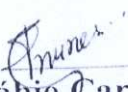
Elaborada pela Biblioteca do Instituto de Geociências da UFBA.

GILENO SANTOS MOREIRA

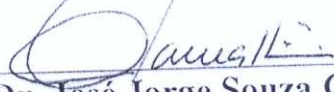
“Estudos dos Minerais pesados em solos dos Tabuleiros  
Costeiros do Litoral Norte da Bahia”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Geologia da Universidade Federal da  
Bahia, como requisito para a obtenção do Grau de  
Mestre em Geologia na área de concentração em  
Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar, em  
09/06/2014.

DISSERTAÇÃO APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Fábio Carvalho Nunes  
Co orientador - IFBaiano

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz  
IGEO/UFBA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Jorge Souza Carvalho  
UNIVASF

Salvador – BA  
2014

## Dedicatória

Dedico este trabalho as mulheres guerreiras a minha vida que sempre me oportunizaram a luz do conhecimento, minha mãe Rita Maria Santos Moreira e minha avó Ana Francisca Santos Moreira.

## AGRADECIMENTOS

A Santíssima Trindade pela inspiração e produção desse trabalho.

Ao CNPq pela confiança da bolsa concedida para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Professor Dr. Geraldo da Silva Vilas Boas por acreditar em meu potencial e pela orientação do trabalho e nas lições de vida colocando sempre o ânimo nos momentos difíceis.

Ao meu Amigo, Irmão, PAI científico e co-orientador desse trabalho Fábio Carvalho Nunes pelo desempenho e, sobretudo a confiança em mim, como também, acreditar em meu potencial.

Aos meus AVÓS científicos, Professor Dr. Lucedino Paixão Ribeiro "*in memoriam*", as Professoras Dra. Célia Peixoto Motti e Ms. Lorisa Maria Pinto de Azevedo pelas sábias palavras e direcionamento no período da minha graduação.

A minha mãe Rita Santos Moreira pela força durante toda minha trajetória.

A minha família pela confiança e incentivos.

Ao coordenador do curso da Pós-graduação na pessoa do Professor Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz por sempre colaborar nos anseios dos estudantes e incentivar na melhoria do trabalho.

Ao Professor Dr. José Jorge Souza Carvalho por suas honrosas contribuições em especial no Laboratório de Solos do DNOCS e por suas palavras de incentivos.

A amiga Fabiane Natividade, minha fiel colaboradora que na verdadeira amizade contribui com a identificação dos minerais e por suas palavras de incentivos.

Ao técnico do LAMUME Tenilson Silva pela colaboração nas análises dos minerais pesados.

As professoras Angela Leal e Simone pela colaboração nos Laboratórios para Preparação das Amostras.

Aos Professores Abílio Bittencourt e Felix Ferreira de Farias em suas colaborações sempre que solicitados.

A Maria de Fátima Garcia por suas palavras de incentivos e pela colaboração e pelos trabalhos de campo.

A José Jackson Andrade pela colaboração e pelos trabalhos de campo.

A Zilda pela colaboração nos trabalhos de laboratório.

Ao secretário Nilton na resolução e orientação dos assuntos acadêmicos e administrativos, como também, pela amizade.

Ao amigo Álvaro dos Santos Anunciação do Laboratório de Solos do DNOCS pela colaboração e amizade.

A Copener Florestal (Bahia Pulp) por ceder as áreas para o desenvolvimento do trabalho e pelo apoio logístico.

Ao Flávio Liduvino pelos seus incentivos e grande colaboração no campo.

A Flávia Aelo pelas acolhidas em sua residência para as orientações do trabalho.

Aos colegas da Pós-Graduação Lucas, Leandro, Marcela pela colaboração.

Aos colegas Dário Silva Alves, Andrea da Apresentação pela colaboração e incentivos.

A Roseane Neves Marques pela colaboração e paciência durante a elaboração do trabalho.

Aos técnicos do Plasma - IGEO Mônica, Valdinéia, Ricardo e Sales, pela colaboração e amizade.

E demais outras pessoas que colaboram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

## RESUMO

Os minerais pesados podem ser utilizados como indicadores pedogênicos, em alguns casos pode solucionar problemas importantes. Nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte da Bahia materiais de origem sedimentar têm sido comumente confundidos como duripãs e fragipãs, por isso foram realizadas análises de minerais pesados em litofácies e solos do Grupo Barreiras com o intuito de contribuir para a resolução do problema. O estudo mostra que os minerais pesados presentes em estruturas associadas e em diferentes fácies do Grupo Barreiras são praticamente os mesmos, indicando o elo mineralógico. Além disso, a presença de minerais pesados instáveis e pouco estáveis, como a biotita compondo a assembléia de estruturas associadas tipo fragipãs e duripãs indica que não são de origem pedogenética, uma vez que são incompatíveis com ambiente teórico de formação, os quais exigem condições de hidromorfia temporária, dissolução intensa de minerais e precipitação em subsuperfície de compostos silicoaluminosos ou aluminossilicosos.

**Palavras-chave:** Grupo Barreiras. Tabuleiros Costeiros. Minerais Pesados. Litofácies. Solos dos Tabuleiros Costeiros.



## **ABSTRACT**

The heavy minerals can be used as indicators pedogenic and solve important problems. In the Coastal Plains of North Bahia Coast sedimentary materials have been commonly mistaken fragipans and duripans, therefore analyzes of heavy in order to contribute to solving the problem minerals were performed. The study shows that heavy minerals in soils and different facies of the Group Barriers are the same, indicating mineralogical link. The presence of unstable heavy minerals such as biotite composing the assembly similar structures to fragipans and duripans indicates that they are not pedogenetic origin, since they are incompatible with theoretical training environment, which require temporary waterlogging conditions, intense mineral dissolution and subsurface precipitation of siliceous or aluminous compounds.

**Keywords:** Barriers Group. Coastal Tablelands. Heavy Minerals. Lithofacies. Sols of the Coastal Tablelands.

## LISTA DAS FIGURAS

<b>Figura 2.2-1.</b> Distribuição no Brasil dos sedimentos correlacionáveis com o Grupo Barreiras	20
<b>Figura 2.2-2.</b> Representação esquemática da deposição do Grupo Barreiras	21
<b>Figura 2.2-3.</b> Esquema de evolução do Grupo Barreiras <i>lato sensu</i> na costa do Norte do Brasil	24
<b>Figura 3.1-1.</b> Mapa de localização da área de estudo	38
<b>Figura 3.1.2.1-1.</b> Eixo de confluência (circundado) dos ventos alísios de sudeste com os de nordeste	41
<b>Figura 3.1.2.2-1</b> Macrorregiões pluviometricamente homogêneas do Estado da Bahia	45
<b>Figura 3.1.2.2-2.</b> Mapa das isoietas do Litoral Norte da Bahia	46
<b>Figura 3.1.2.2-3.</b> Normais climatológicas de Entre Rios	46
<b>Figura 3.1.2.2-4.</b> Balanço Hídrico de Entre Rios	50
<b>Figura 3.2 - 1.</b> Mapa geológico do Litoral Norte da Bahia	51
<b>Figura 3.4-1.</b> Argissolo amarelo desenvolvido sobre diamictito ferruginoso do Grupo Barreiras	56
<b>Figura 3.4-2.</b> Argissolo amarelo desenvolvido sobre sedimentos areno-lamosos do Grupo Barreiras	57
<b>Figura 3.4-3.</b> Reflexos de fraturas do embasamento originam depressões fechadas nos Tabuleiros	58
<b>Figura 3.4-4.</b> Modelo conceitual da evolução da paisagem pedológica	59
<b>Figura 3.5.1 – 1</b> Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	61
<b>Figura 3.5.1-2.</b> Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas em área de preservação e reserva legal e plantação de eucalipto	62
<b>Figura 3.5.1 – 3.</b> Uso atual – Plantação de eucalipto no tabuleiro	63
<b>Figura 4.1.4-1.</b> Processo de destorroamento e peneiramento para obtenção da TFSA	67
<b>Figura 4.1.4-2.</b> Processo de homogeneização das amostras	68
<b>Figura 4.1.4-3.</b> Processo de quarteamento das amostras	68
<b>Figura 4.1.4- 4.</b> Processo de identificação das amostras	69
<b>Figura 4.1.4- 5.</b> Separação dos minerais pesados	70
<b>Figura 4.1.4- 6</b> Secagem dos minerais pesados	70

<b>Figura 4.1.4- 7</b> Armazenamento dos minerais pesados	71
<b>Figura 4.1.4- 8</b> Separador magnético – Frantz	71
<b>Figura 4.1.4- 9</b> Separação dos minerais magnéticos	72
<b>Figura 4.1.4- 10</b> Atração dos minerais magnéticos	72
<b>Figura 4.1.4- 11.</b> Resultado da atração dos minerais magnéticos	73
<b>Figura 4.1.4-12</b> Preparação de amostra dos minerais magnéticos	73
<b>Figura 4.1.4-13</b> Separação dos minerais leves e pesados	74
<b>Figura 4.1.4-14</b> Identificação dos minerais pesados	74
<b>Figura 4.1.4-15</b> Colagem dos minerais pesados para identificação	75
<b>Figura 4.1.4-16</b> Metalização com ouro	75
<b>Figura 4.1.4- 17.</b> Microscopia Eletrônica e EDS	76
<b>Figura 5.1-1.</b> Conglomerado maciço sustentado por lama	81
<b>Figura 5.1-2.</b> A – Turmalina verde-claro; B – Granada amarela; C – Granada vermelha; D - Zircão esverdeado; E – Titanita; F – Ilmenita; G - Biotita	82
<b>Figura 5.1-3.</b> Arenito lamoso conglomerático maciço (Alcm)	83
<b>Figura 5.1-4.</b> Arenito lamoso conglomerático maciço (Alcm)	84
<b>Figura 5.1-5.</b> Arenito lamoso maciço	84
<b>Figura 5.1-6.</b> Minerais pesados A – Turmalina verde-claro; B – Granada amarela; C – Granada vermelha; D - Zircão verde; E – Ilmenita; F – Biotita	86
<b>Figura 5.2 -1.</b> CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico petroplíntico	87
<b>Figura 5.2-2.</b> Minerais pesados P1A – Turmalina; B – Granada amarela; C – Granada vermelha; D - Zircão; E – Ilmenita; F – Titanita; G – Biotita	92
<b>Figura 5.2-3.</b> CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	94
<b>Figura 5.2-4.</b> Minerais pesados A – Turmalina; B – Granada amarela; C – Granada vermelha; D - Zircão; E – Ilmenita; F – Biotita	97
<b>Figura 5.2-5</b> ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico	99
<b>Figura 5.2-6.</b> Minerais pesados P12 (A3) A – Turmalina; B – Granada vermelha; C – Zircão; D – Zircão; E – Ilmenita; F – Berilo; G – Biotita	103

## LISTA DAS TABELAS

<b>Tabela 3.1.2.2-1.</b> Calculo do balanço hídrico	49
<b>Tabela 5.1-1.</b> Minerais pesados	81
<b>Tabela 5.1-2.</b> Minerais pesados	85
<b>Tabela 5.1-3.</b> Caracterização física e química do solo	91
<b>Tabela 5.1-4.</b> Caracterização física e química do solo	102

## LISTA DOS QUADROS

<b>Quadro 5.2-1.</b> Minerais pesados por horizonte	92
<b>Quadro 5.2-2.</b> Minerais pesados por horizonte	97
<b>Quadro 5.2-3.</b> Minerais pesados por horizonte	103

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b>	14
1.1 INTRODUÇÃO	14
<b>CAPÍTULO 2</b>	17
<b>2.1 REVISÃO DE LITERATURA</b>	17
2.2 GRUPO BARREIRAS	17
2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS TABULEIROS COSTEIROS	25
2.4 OS SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS E OS MINERAIS PESADOS	30
<b>CAPÍTULO 3</b>	37
<b>3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	36
3.1.2 MEIO FÍSICO	39
3.1.2.1 ANÁLISE REGIONAL DO CLIMA	39
3.1.2.2 ANÁLISE LOCAL	44
3.1.2.2.1 BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO	47
3.2 GEOLOGIA	50
3.3 GEOMORFOLOGIA	53
3.4 COBERTURA PEDOLÓGICA	56
3.5 VEGETAÇÃO	59
3.5.1 USO ATUAL	61
<b>CAPÍTULO 4</b>	64
<b>4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA</b>	64
4.1.2 TRABALHOS DE ESCRITÓRIO	66
4.1.3 TRABALHOS DE CAMPO	66
4.1.4 TRABALHOS DE LABORATÓRIO	67

<b>CAPÍTULO 5</b>	80
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	80
5.1 MATERIAS DE ORIGEM	80
5.2 PERFIS DE SOLOS E AS ESTRUTURAS ASSOCIADAS	86
5.3 DISCUSSÃO	104
<b>CAPÍTULO 6</b>	107
<b>6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	107

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUÇÃO**

Os minerais pesados são os que têm peso específico superior aos minerais comuns nas rochas sedimentares (SUGUIO, 2003). Segundo Dias (2004), são grãos minerálicos acessórios, presentes principalmente na fração areia, provenientes de rochas ígneas e metamórficas.

A presença dos minerais pesados é comum e frequente desde a formação de uma rocha, ou seja, são de origem primária (DIAS, 2004), sendo também encontrados em sedimentos e diferentes tipos de solos, mas como minerais acessórios.

Alguns minerais pesados tendem a se concentrar no ciclo sedimentar ou aparecem como resíduos em coberturas pedológicas, isto porque algumas espécies são muito resistentes aos processos diagenéticos e intempéricos (SANTOS; GASPARETTO, 2008), ou seja, são estáveis e sua presença em sedimentos pode ser utilizada como indicadora de maturidade sedimentar. Contudo, minerais pesados considerados semi-estáveis ou instáveis podem ser utilizados como indicadores de coberturas sedimentares imaturas e solos jovens.



Tanto os minerais pesados estáveis, quanto os semi-estáveis e os instáveis podem ser utilizados como indicadores pedogênicos, como, por exemplo, no entendimento de estruturas associadas tipo horizontes dúricos, duripãs, fragipãs e *duricrusts*.

No Litoral Norte da Bahia, o estudo realizado por Fortunato (2004), por exemplo, mostra que horizontes descritos, classificados e mapeados como fragipãs e duripãs em muitos trabalhos e por diferentes pesquisadores representam na realidade feições mais ou menos degradadas de *duricrusts* (duricrostas), ou seja, são estruturas sedimentares confundidas com pedogenéticas.

Estudos geoquímicos e mais detalhados da mineralogia, inclusive dos minerais pesados dos sedimentos e solos dos Tabuleiros Costeiros podem ajudar na compreensão dos processos pedogenéticos. Nesse sentido, o trabalho objetivou estudar os minerais pesados de materiais de origem (sedimentos do Grupo Barreiras) e de perfis pedológicos que apresentam estruturas associadas do tipo fragipãs e duripãs, outrora descritos e estudados pela Copener (1987), Ucha (2000) e Nunes (2011).

Fortunato (2004) e Nunes (2011) estudaram várias secções geológicas procurando entender melhor os materiais de origem dos solos do Grupo Barreiras e comprovaram a existência de diferentes estruturas sedimentares, tais como estratificações e presença de canais que deram suporte para diferenciar sedimentos de estruturas pedogenéticas tipo pãs. Contudo, em muitos casos não é possível identificar estruturas sedimentares, em especial quando os materiais de origem são oriundos de fluxos de lama, confundindo o

pesquisador. Nestes casos devem ser utilizadas outras metodologias ou técnicas.

No contexto supracitado, o estudo dos minerais pesados em “pãs” pode oferecer respostas convincentes a respeito da origem não pedogenética, em especial quando identificados os minerais instáveis. Isto porque, conceitualmente, os duripãs e fragipãs são de natureza iluvial, oriundos de processos pedogenéticos relacionados à instalação de hidromorfia temporária nos horizontes superficiais, degradação do plasma argiloso e precipitação em subsuperfície. Por isso, minerais pesados instáveis não poderiam estar presentes.

Devido à importância e a necessidade de aprofundar o conhecimento das estruturas associadas dos solos do Grupo Barreiras, realizaram-se estudos dos minerais pesados, uma vez que os mesmos podem fornecer evidências importantes da natureza de tais estruturas.

## **CAPÍTULO 2**

### **2.1 REVISÃO DE LITERATURA**

Neste capítulo serão abordadas as revisões sobre o Grupo Barreiras e os Minerais Pesados.

### **2.2 GRUPO BARREIRAS**

O Grupo Barreiras possui uma acentuada heterogeneidade litológica e faciológica, com sedimentos afossilíferos de origem continental e marinha, pouco consolidados, arenitos e conglomerados, altamente imaturos de idade terciário-quadernários, localizada nas falésias da costa nordestina e nas encostas dos vales nela encaixados, no interior do continente (MATOSO; ROBERTSON, 1959; BIGARELLA; ANDRADE, 1964; MABESOONE; SILVA; BEURLIN, 1972; SALIM; LIMA; MABESOONE, 1974; SALIM *et al.*, 1975; GÓES; TRUCKENBRODT, 1980; BRASIL, 1981; RIBEIRO, 1998; SUGUIO; NOGUEIRA, 1999; FORTUNATO, 2004; ARAÍ, 2006).

Segundo King (1956),

“Ao longo da costa do Nordeste brasileiro ocorre a famosa formação de areias avermelhadas denominadas “barreiras”, assentando sobre a mesma superfície do ciclo Velhas e cortada subsequentemente pelos vales do ciclo de erosão Paraguaçu, sempre que estes últimos ocorrem na mesma área. A série representa, assim, uma única unidade estratigráfica de idade terciária superior. A idade da formação Barreiras não foi fixada com precisão em nenhum local, todavia, indícios encontrados em vários estados sugerem a idade pliocênica”.

Estudos realizados por Tricart e Silva (1968) em Sergipe, nos Tabuleiros Costeiros da região de São Cristóvão levam a definir a Formação Barreiras como sendo formada por,

“Areia grosseira argilosa, sem nenhuma separação, resultando em uma acumulação em desordem com, muitas vezes, retomada de massa, com cordões de areias e cascalhos, inferiores à 5 – 6 cm, em forma de guirlanda, que ravinam nitidamente, o material subjacente. Esta fácies é a mais comum, sobretudo entre Aracaju e São Cristóvão”.

A história dos sedimentos do Grupo Barreiras já é descrito de longas datas, desde o descobrimento do Brasil, quando Pero Vaz de Caminha relata sobre grandes barreiras vermelhas e brancas presente no litoral brasileiro e por sua geomorfologia peculiar. (SUGUIO, NOGUEIRA, 1999; ARAI, 2006; COSTA JÚNIOR, 2008). Onde o termo Barreiras teve início na literatura de Branner (1902), no qual significava camadas variegadas que afloram nas diversas barreiras ao longo da costa (Brasil, 1981; Brasil, 1983; Silva, 1969; Salim; Lima e Mabelsoone, 1974).

Com isso, o Grupo Barreiras revela um histórico de mudanças que o planeta Terra sofreu nos últimos milhões de anos passando por transformações ambientais que atingiram a sua estrutura geológica, morfológica, pedológica,

assim como influência do clima e da neotectônica (RIBEIRO, 1998; FORTUNATO, 2004; COSTA JÚNIOR, 2008; NUNES, 2011).

O Grupo Barreiras constitui depósitos paleopliocênicos pouco consolidados de natureza continental, formados por materiais em geral areno-argilosos, compactos, em acamamentos mal definidos, achando-se intercalados arenitos argilosos com quantidades subordinadas de argilas e siltitos com grande variedade na coloração (BRASIL, 1981).

Estudos realizados por Vilas Boas (1996), em território baiano mostra que o Grupo Barreiras engloba a quase totalidade dos sedimentos terciários e que é composto por sedimentos terrígenos pouco ou não consolidados, com uma variedade de cores, variando entre argilas, areias e cascalhos, com estratificação irregular, normalmente indistinta, em geral afossilíferos, se estendendo do vale amazônico a toda a região costeira do território brasileiro de Norte e Nordeste, até o estado do Espírito Santo.

De acordo com Fortunato (2004), os sedimentos do Grupo Barreiras são amarelados ou amarelo-avermelhados, arenosos, maciços. Em lócus a sua estratificação possui granulometria média a grossa em geral contendo grânulos e seixos e matriz argilosa, com cores variegadas. A intercalação de suas camadas ocorre às argilas arenosas, em geral maciças e o contato entre as camadas é erosivo e pode ser limitado por leitões de grânulos ou seixos. A sua sedimentação ocorreu devido à junção de vários fatores ambientais, entre esses estando às mudanças climáticas e as oscilações do nível do mar, juntamente com os movimentos tectônicos.

De acordo com Vilas Boas (2001), os sedimentos que formam os tabuleiros costeiros se depositaram em fluxos de detritos, fluxos de detritos

pseudoplásticos e depósitos aquosos, formado basicamente de areias grossas e finas, argilas amarelo-avermelhadas e arenitos grosseiros e conglomeráticos pobremente selecionados.

Estes sedimentos estão situados ao longo da faixa costeira brasileira, formando os Tabuleiros Costeiros desde o estado do Rio de Janeiro até o Pará, Amapá e Foz do Amazonas, penetrando o vale do Amazonas até fronteira da Colômbia, Peru e Bolívia, com altitudes que variam de 10 a 220 m e com inclinação suave para o litoral (**Figura 2.2-1**) (Matoso e Robertson, 1959; Bigarella e Andrade, 1964; Mabesoone; Silva e Beurlen, 1972; Salim; Lima e Mabesoone, 1974; Salim; Souza; Muniz e Lima, 1975; Góes e Truckenbrodt, 1980; Suguio e Nogueira, 1999; Fortunato, 2004; Arai, 2006; Rossetti, 2006; Costa Júnior, 2008; Nunes, 2011).

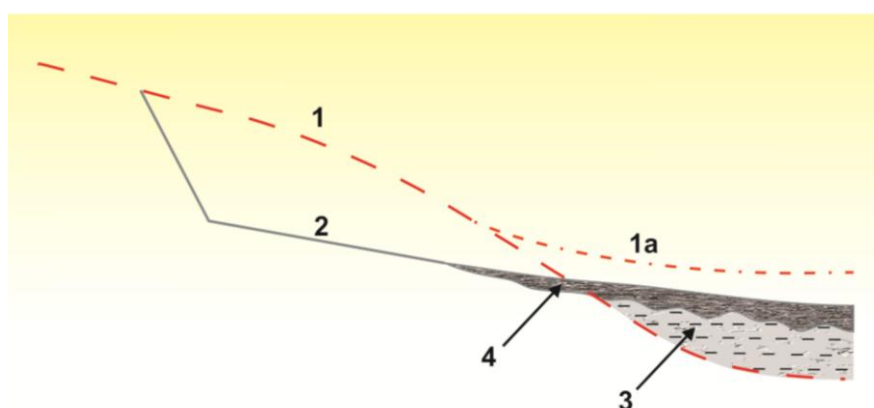


**Figura 2.2-1.** Distribuição no Brasil dos sedimentos correlacionáveis com o Grupo Barreiras. Fonte: Modificado de Suguio e Nogueira (1999) por Nunes (2005).

A faixa se estende em largo lençol terrígeno na costa Atlântica brasileira. Graças à horizontalidade de seus estratos, se expressa na topografia formando mesas ou tabuleiros elevados, de reduzida espessura e que raramente penetram o continente por mais de 50 Km (BRASIL, 1981).

Segundo Brasil (1981), o Grupo Barreiras nas falésias, situadas no litoral, são compostos de argilas variegadas, arenitos avermelhados com níveis caulínicos e um nível conglomerático, mal selecionados, grosseiros, dominados por quartzo, posicionando na base, com matriz arenosa, unidas por cimento ferruginoso.

De acordo com Bigarella e Andrade (1964) os sedimentos do Grupo Barreiras são constituídos de duas formações diferentes a Formação Guararapes e a Formação Riacho Morno, sendo ambas acumuladas em épocas distintas (**Figura 2.2-2**). E idade que varia do Oligomioceno a Plioceno (Arai, 2006), como também do Mioceno inferior ao médio.



**Figura 2.2-2.** Representação esquemática da deposição do Grupo Barreiras, segundo Bigarella e Andrade (1964). O traçado 1-1a representa o perfil do pediplano Pd<sub>2</sub>; o perfil 2 corresponde ao pediplano Pd<sub>1</sub> elaborado a partir da erosão do Pd<sub>2</sub>. Os sedimentos 3 e 4 correspondem, respectivamente, às Formações Guararapes, relacionada ao Pd<sub>2</sub> e Riacho Morno ao Pd<sub>1</sub>. Fonte: Modificado de Bigarella e Andrade (1964) por Nunes (2011).

Sendo que a Formação Guararapes, mais antiga, é a parte inferior do Grupo Barreiras, depositada durante a subida eustática ocorrida no intervalo Aquitaniano – Serravalliano (Eomioceno a Mesomioceno) resultando na remoção do manto de alteração química para as depressões, iniciada na mudança do clima úmido para o semiárido (BIGARELLA; ANDRADE, 1964; BRASIL, 1983; ARAI, 2006).

Nessa divisão proposta por Bigarella e Andrade (1964), em seus estudos no estado de Pernambuco, mostra que os sedimentos da Formação Guararapes é argilosílticos e arenosos mal selecionados que possui uma sequência de depósitos clásticos de granulação fina a grosseira, pouco consolidado, com inclusão de grânulos e pequenos seixos de quartzo e feldspato.

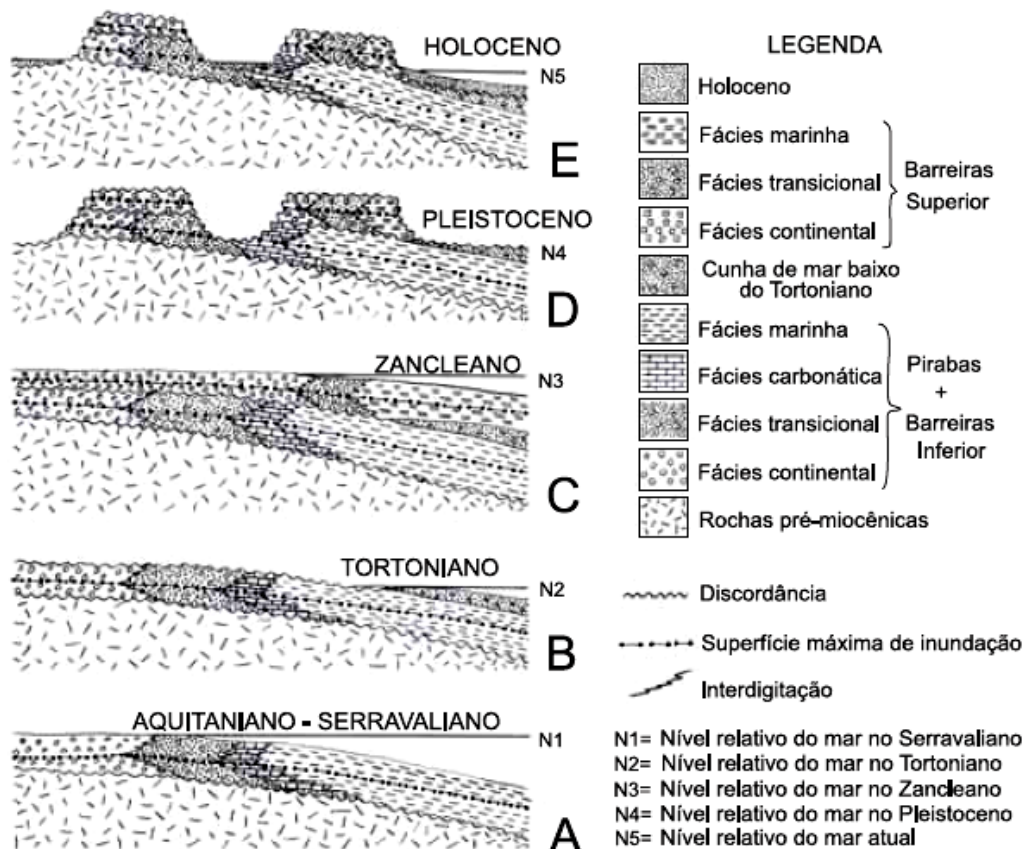
Esses sedimentos de idade entre o Terciário e o Terciário médio, foram depositados por deslocamento de fluídos, uma mistura de vários materiais como lama, alternando com areia, sem nenhuma seleção e com densidade elevada do material, que eram arrastados em suspensão na massa, os grânulos e também os seixos (BIGARELLA; ANDRADE, 1964).

Com isso, os sedimentos possuem aspectos texturais e mineralógicos que evidenciam condições climáticas bem representadas, pelo menos duas épocas semiáridas rigorosas alternaram-se com fases úmidas tropicais rigorosas, como pesados aguaceiros em curto período de tempo, o que leva a existência de camadas sem estratificação e material mal selecionado, com grãos esparsos de areia grosseira, grânulos e pequenos seixos o que indica a corrida de lama em lençol, com também a inexistência da vegetação (BIGARELLA; ANDRADE, 1964).



Já a Formação Riacho Morno corresponde à parte superior do Grupo Barreiras que foi depositado no Plioceno, entre a unidade Barreiras Inferior, a Discordância Tortoniana, correlacionando com os processos de aplanamento, sendo o conjunto de sedimentos que foram depositados sobre a Formação Guararapes em discordância de erosão, correlacionados com as variações climáticas e mudanças de nível de base de erosão (BIGARELLA; ANDRADE, 1964; BRASIL, 1983; ARAI, 2006).

Os sedimentos da Formação Riacho Morno descritos por Bigarella e Andrade (1964) têm uma cor cinzento esbranquiçado mosqueado, com intensa dissecação sob condições de clima úmido, que ao sofrer o retrabalhamento dos sedimentos inconsolidados se deslocavam para preencherem as ravinas, vales e depressões (**Figura 2.1-3**). Silva (1969) descreve que essa formação é composta de sedimentos arenosos e argilosos, de cores variadas destacando-se o vermelho, o amarelo, o branco e o cinza.



**Figura 2.2-3.** Esquema de evolução do Grupo Barreiras *lato sensu* na costa do Norte do Brasil. A. Sistema transgressivo do intervalo Aquitaniano – Burdigaliano e sistema de mar alto do intervalo Langhiano – Serravaliano. B. Sistema de mar baixo do Tortoniano; formação da Discordância Tortoniana. C. Sistemas transgressivo e de mar alto do Zancleano (Plioceno). D. Fase erosiva do máximo da regressão do Pleistoceno. E. Erosão e retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Barreiras no Holoceno; sedimentação quaternária em forma de depósitos de praia e aluvião; as ocorrências residuais do Grupo Barreiras formam falésias e tabuleiros costeiros. Fonte: Arai (2006).

Esta unidade estende-se grosseiramente na direção norte – sul, por toda a costa litorânea, formando em geral extensos tabuleiros com superfície plana, que capeiam várias outras unidades subjacentes. Na maior parte da área de sua distribuição, este grupo ocorre principalmente nos vales fluviais, formando extensas falésias (BRASIL, 1981).

## 2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS TABULEIROS COSTEIROS

Os Tabuleiros Costeiros são unidades geomorfológicas desenvolvidas sobre o Grupo Barreiras. Essas formas geomorfológicas possuem feições aplanadas entalhadas por vales largos e profundos, em forma de V, com talvegues chatos e vertentes graduadas ou escarpadas. Apresentam fortes desníveis altimétricos, com altitudes que variam de 10 a 220 m, sendo esses desníveis resultantes da dissecação dos tabuleiros pela rede de drenagem (AB' SÁBER, 1958; PONTE, 1969; FORTUNATO, 2004; COSTA JUNIOR, 2008).

O relevo se caracteriza por tabuleiros semi-planos, colinas de dunas alongadas preferencialmente sudeste-noroeste, falésias, barreiras e terras baixas aluvionares (SALIM; SOUZA; MUNIZ; LIMA, 1975)

A morfologia está representada por tabuleiros semi-planos que geralmente terminam abruptamente em barrancos nas margens dos rios e em barreiras ou falésias nas praias, cordões de dunas alongadas preferencialmente na direção sudeste – noroeste, terras baixas aluvionares e praias. (SALIM; LIMA; MABESOONE, 1974)

O aplanamento dos Tabuleiros Costeiros é decorrente do sistema morfogenético, que foram controlados pelas variações climáticas e pela tectônica. Sendo assim, esse aplanamento é explicado por King (1956), da seguinte maneira:

“Assim, em poucas palavras, o elemento fundamental do cenário brasileiro foi uma vasta planície, produzida pela desnudação entre o Cretáceo inferior e o Terciário-médio, quando foi soerguida, sendo mais tarde reduzida a um planalto dissecado pela erosão policíclica, que escavou vales em quase toda a superfície, ou localmente, uma série de elevações de topos coincidentes, sobre as cristas. Apesar disso, esse planalto dissecado ainda permanece e é possível reconhecê-lo desde a bacia do Paraná, através de Minas, no sul da

Bahia, onde formam feições tabulares, e no Espírito Santo, onde constitui a concordância de cristas das montanhas”.

Para Fortunato (2004), as feições aplainadas dos Tabuleiros Costeiros são decorrentes da fase final de um amplo processo de pediplanação representando uma paleosuperfície de agradação que mobilizou esses sedimentos detríticos preenchendo e nivelando as superfícies irregulares de litologias diferentes.

Segundo Dresch (1958),

“A formação Barreiras está entalhada por vales. Na superfície dos tabuleiros, como sobre as vertentes, a formação Barreiras é recoberta por latossolo amarelo, de 2 a 8 m de espessura, cujo contato com a formação Barreiras é brutal e festonado. Na base, observam-se sempre calhaus de quartzo angulosos. O mesmo solo amarelo, muito enigmático, assim como o mesmo tipo de contato é visível na região do Rio e São Paulo... Este solo que recobre tudo, não somente as desigualdades da superfície dos tabuleiros, mas também a convexidade das vertentes, parece provir de uma evolução pedológica a custa da formação Barreiras”.

De acordo com AB`SABER (1958), em seus estudos realizados no planalto da Borborema, a responsável é a tectônica pelo aplanamento, onde,

“... A descida da flexura observa-se perfeitamente da estrada a oeste de Santa Cruz: os tabuleiros, coroados por depósitos, descem de maneira lenta, mais clara, para leste e continuam até próximo da planície de sopé, por aplanações bem marcadas que truncam o relevo interfluvial.

No sopé desta flexura, ao longo de toda a costa do Paraíba e Rio Grande do Norte, encontra-se uma planície litoral extensa; é formada por níveis de várias altitudes, talhadas na série Barreiras e nas rochas cristalinas. Estes níveis parecem corresponder às posições diferentes do mar. O estudo deles está apenas principiado; por algumas altitudes encontradas e pela semelhança de todo o dispositivo, pode-se por a hipótese de corresponderem às posições principais do mar no Quaternário, tal como foram observadas na costa do Mediterrâneo e na costa portuguesa”.

A dissecação dos Tabuleiros Costeiros foi devido a um dos elementos naturais que mais influenciaram na evolução da paisagem regional do Quaternário, o clima. Segundo Costa Junior (2008), devido às mudanças climáticas toda a Terra sofreu com suas alterações e vários fatores se modificaram por conta de suas oscilações, entre eles a circulação atmosférica, a circulação das correntes oceânicas, o nível do mar, a dinâmica fluvial, o ciclo hidrológico, o intemperismo, a erosão, o transporte de sedimentos e, até mesmo, as distribuições biogeográficas.

Para Ponte (1969), em um estudo realizado na bacia Alagoas-Sergipe,

“Os extensos tabuleiros desenvolvidos sobre a Formação Barreiras formam uma superfície elevada, plana e pouco dissecada. A sua drenagem é feita por vales jovens ou rejuvenescidos com perfis em forma de V agudo que os retalham profundamente, chegando às vezes a desnudar as formações subjacentes”.

Para Leite (1973), em estudo realizado no estado de Sergipe,

“A superfície dos tabuleiros é com certa frequência quebrada ao longo dos vales fluviais por bruscos desníveis, que, embora não afetando a declividade geral da superfície, parece dividi-la em patamares paralelos. A origem desses desníveis pode ser atribuída à oscilações do nível do mar durante o Quaternário, consistindo esses níveis em antigos terraços fluviais testemunhos de sucessivos ciclos de rejuvenescimento. No Quaternário, movimentos transgressivos resultantes das oscilações do nível do mar seriam responsáveis pela esculturação das falésias litorâneas da Formação Barreiras, que constituem a encosta inicial ou o aclave abrupto para a superfície, facilmente observáveis nas proximidades de Pirambu e Pacatuba. Na regressão ao seu nível atual, coadjuvado pelo soerguimento da borda continental, o mar seria responsável pela formação das praias que separam estas falésias da atual linha da costa, e que constitui a atual baixada litorânea.

Os tabuleiros constituem-se essencialmente de sedimentos ora predominantemente arenosos, ora predominantemente argilosos, de cor e granulometria variada, com ocorrência de lentes de conglomerado dentro do pacote sedimentar, algumas vezes separando sedimentos arenosos de sedimentos argilosos. Cascalhos e seixos rolados de

quartzos e concreções ferruginosas são observados em superfície e em profundidade.

Os Tabuleiros Costeiros constituem uma unidade geomorfológica caracterizada por topos planos, cuja superfície horizontal e sub-horizontal possui declividade inferior a 0,5%, encostas bem marcadas e de inclinação superior a 35°, desenvolvidos sobre os estratos da formação Barreiras.

De acordo com Leite (1973), os Tabuleiros Costeiros do estado de Sergipe se desenvolveram sobre os sedimentos da Formação Barreiras e formam uma superfície elevada que vai de 70 a 260 metros de altitude, se desenvolvendo da costa para o interior. Esses tabuleiros possuem formas onduladas desenvolvidas nas áreas de afloramento do complexo cristalino e formas onduladas do tipo mamelonar, modeladas sobre rochas do Grupo Sergipe.

Dominguez (2000), menciona que a unidade geológica denominada Grupo Barreiras sustenta na região da Costa do Descobrimento, os Tabuleiros Costeiros, sendo constituída por areias e lamas inconsolidadas, com tons variegados, do vermelho ao branco, de idade Pliocênica. Segundo esse autor esses tabuleiros dão origem a um relevo plano, interrompido por vales amplos, de fundo chato e paredes íngremes, por onde correm os principais rios que deságuam na região. Ao longo da linha de costa os Tabuleiros Costeiros dão origem a falésias esculpidas pela ação das ondas.

Dantas, et al. (2002), em estudos realizados em Porto Seguro e Santa Cruz Cabralia, na Bahia, definem os Tabuleiros Costeiros como sendo unidades morfoesculturais que compreendem um conjunto de formas de relevo esculpidas sobre os sedimentos continentais de idade terciária do Grupo Barreiras e que têm grande extensão na área dos municípios estudados, cerca

de 80%. Esses Tabuleiros Costeiros estendem-se numa vasta área da fachada litorânea do extremo sul da Bahia, entre o relevo colinoso da superfície pré-litorânea e o litoral, muitas vezes atingindo a linha de costa por meio de falésias ativas, que atingem até 40m de altura.

Segundo Fortunato (2004), são caracterizados pela predominância de feições aplanadas parcialmente conservadas, entalhadas por vales. Já Costa Junior (2008), além de entender os Tabuleiros Costeiros como uma unidade geomorfológica de maior expressão territorial do Grupo Barreiras, amplia a sua extensão para o vale do Paraíba do Sul, em São Paulo, ao médio e baixo Amazonas e aos estados do Maranhão e Piauí.

Vilas Boas (2001), considera que os sedimentos que formam os Tabuleiros Costeiros se depositaram em fluxos de detritos, fluxos de detritos pseudoplásticos e depósitos aquosos, constituídos basicamente de areias grossas e finas, argilas amarelo-avermelhadas e arenitos grosseiros e conglomeráticos, pobremente selecionados.

Para Nunes (2011a), na Bahia,

“Os Tabuleiros Costeiros representam unidades geomorfológicas desenvolvidas sobre diferentes litofácies do Grupo Barreiras. A depender da litofácies que sustenta o relevo, o mesmo apresenta diferentes morfologias e morfometrias, notadamente densidade de drenagem, amplitudes altimétricas, extensão das vertentes, declividades e índices de dissecação.

Derivam de uma grande superfície de aplanamento que perdeu sua continuidade espacial devido a mudanças dos sistemas morfogenéticos, as quais foram controladas por fortes ou pequenas pulsações climáticas e tectônicas”.

De acordo com Nunes (2011a), em seus estudos realizados no Litoral Norte da Bahia. Os Tabuleiros Costeiros se apresentam de forma diferente a depender do clima da região. Em clima úmido a subúmido possuem topos

planos com altimetrias entre 115 e 155m, vales entalhados e esculpido sobre diferentes litotipos do Grupo Barreiras com sedimentos areno-argilosos, argilo-arenosos, arenitos lamosos, argilitos e diamictitos cimentados e não cimentados. Já em área de clima subúmido a seco, possuem relevos com altimetrias entre 170 e 230m, esculpido sobre diferentes litotipos do Grupo Barreiras com sedimentos arenosos, areno-argilosos, argilo-arenosos, arenitos lamosos, argilitos e diamictitos.

Para Nunes, et al. (2011b), em suas pesquisas no Litoral Norte da Bahia,

Nas áreas submetidas a clima quente e úmido, nas proximidades da costa, predominam Planaltos Dissecados, que representam a evolução dos Tabuleiros Costeiros, os quais possuem relevos com altimetrias entre 50 a 90 m, esculpido sobre diferentes litofácies friáveis do Grupo Barreiras, a saber: sedimentos arenosos, areno-argilosos, arenitos lamosos, argilitos e diamictitos ferruginosos não cimentados.

Enfim, os Tabuleiros Costeiros distribuídos por diferentes litofácies do Grupo Barreiras, onde diferentes fatores como o clima, a tectônica, influenciaram em sua dinâmica, se comportam de maneira diferente a depender do clima onde o mesmo está exposto atualmente.

## **2.4OS SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS E OS MINERAIS PESADOS**

Os solos desenvolvidos nos tabuleiros costeiros estão correlacionados com as superfícies geomorfológicas, assim como, com sua natureza litológica, diz Costa Junior (2008). Para Fortunato (2004), esta ligação é direta onde nos interflúvios aplanados predominam os Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos e secundariamente os Espodossolos, Argissolos Acimentados e



Neossolos Quartzarênicos e nos vales os solos mais jovens, poucos profundos ou rasos.

De acordo com Carvalho (2007), os solos dos Tabuleiros Costeiros tem uma característica particular a ocorrência dos horizontes coesos, em especial nos Latossolos e Argissolos, sendo um adensamento no contato dos horizontes AB com profundidade variando de 60 a 110 cm.

Para Costa Junior (2008), a coesão ou cimentação desses solos é fator limitante no desenvolvimento agrícola, pois as mesmas restringem o desenvolvimento radicular das plantas; limitam à livre circulação da água; diminuem a aeração do solo e promovem a formação de lençóis suspensos temporários e ambiente redutor.

Os solos mais comuns que se desenvolveram nos Tabuleiros Costeiros são os Latossolos Amarelos, os Argissolos Amarelos, os Argissolos Acizentados, os Espodossolos, os Neossolos Litólicos, os Neossolos Quartzarênicos e os Plintossos (UCHA, 2000, FORTUNATO, 2004, NUNES, 2011).

Em geral, os Latossolos são encontrados nos topos da paisagem, os Argissolos nas encostas, os Espodossolos em depressões fechadas e os Neossolos Litólicos em encostas declivosas ou abruptas (UCHA, 2000, FORTUNATO, 2004, NUNES, 2011). Os Neossolos Quartzarênicos podem ser encontrados em topo de tabuleiros sob depressões fechadas, enquanto que os Plintossolos sem vertentes declivosas ou em base de vertentes.

Os solos dos tabuleiros costeiros apresentam horizontes cimentados em subsuperfície, comumente chamados de fragipã e duripã. O fragipã é caracterizado como um horizonte mineral subsuperficial, endurecido quando

seco, contínuo ou presente em 50% ou mais do volume de outro horizonte, normalmente de textura média. Possui um conteúdo muito baixo de matéria orgânica e é aparentemente cimentado quando seco, tendo sua consistência dura, muito dura ou extremamente dura. Já quando úmido se comporta de forma bastante diferente, tendo uma quebradicidade fraca a moderada, onde seus fragmentos sobre pressão se rompem subitamente. O fragipã é um horizonte de difícil penetração da água, assim como, das raízes das plantas, possui mosqueamento e partes esbranquiçadas devido ao ambiente de redução (EMBRAPA, 2013).

O duripã consiste em um horizonte mineral subsuperficial, cimentado, contínuo ou presente em 50% ou mais do volume de outro horizonte com grau variável de cimentação por sílica e podendo ter óxido de ferro e carbonato de cálcio. Quando úmido apresenta uma consistência muito firme ou extremamente firme e são sempre quebradiços, mesmo com um prolongado umedecimento pelo fato de sua cimentação ser suficientemente forte fazendo com que a água e as raízes das plantas não penetrem na parte cimentada, podendo ocorrer em fraturas verticais com distância de 10cm ou mais (EMBRAPA, 2013).

No Litoral Norte da Bahia, o estudo realizado por Fortunato (2004) mostra que horizontes descritos, classificados e mapeados como fragipãs e duripãs em muitos trabalhos e por diferentes pesquisadores representam na realidade feições mais ou menos degradadas de duricrusts (duricrostas), ou seja, são estruturas sedimentares confundidas com pedogenéticas. Estudos mais detalhados da mineralogia, inclusive dos minerais pesados dos

sedimentos e solos podem ajudar na compreensão dos processos pedogenéticos que ocorrem nos Tabuleiros Costeiros.

Os minerais pesados possuem densidade igual ou superior a  $2,9 \text{ g/cm}^3$ , são também considerados minerais resistentes, por suportarem os efeitos da abrasão no transporte, como também, a decomposição química, sendo estáveis sob condições normais de pressão e temperatura, aguentando bem as condições de oxidação e de hidratação propiciadas pelo meio ambiente (PEREIRA, *et al.*, 2005). Ocorrem em todas as areias, desde contribuições mínimas, alguns poucos grãos encontrados após uma procura detalhada em uma amostra (ADDAD, 2001; DIAS, 2004). E usualmente formam menos de 1% do sedimento. As quantidades dos minerais pesados em uma determinada areia dependem da abundância de cada um na área fonte e do transporte, que inclui a sua capacidade de sobrevivência ao intemperismo, à abrasão e a sua segregação devido a diferenças na densidade e forma (ADDAD, 2001). Para Dias(2004), a ocorrência de determinadas espécies na amostra pode ser utilizado como indicador da origem do sedimento, como também, indicar a dinâmica sedimentar e que em geral ocorrem nos sedimentos em percentagens bastante pequenas.

De acordo com Suguio (2003), existem mais de 100 variedades de minerais pesados em rochas sedimentares, no entanto, as diagnosticadas somam aproximadamente 20 e não ultrapassam de 0,1 a 0,5% das frações terrígenas das rochas e para Addad (2001), essa centena de pesados podem ser encontrados em cascalhos, areias e siltes.

Contudo, os minerais pesados tem grande importância desde os interesses econômicos aos geológicos, como proveniência dos sedimentos,

histórias do intemperismo e transporte, como também na correlação paleogeográfica e que na natureza são transportados selecionados e depositados de acordo com a competência dos ambientes aquáticos que quando perdem sua energia acumulam esses minerais nas partes mais côncavas, ou seja, nas marmitas encontradas nos leitos dos rios.

Embora algumas espécies sejam destruídas seletivamente durante o transporte e a diagênese, os minerais pesados restantes constituem os únicos indicadores da proveniência de alguns arenitos (SUGUIO, 2003).

De acordo com Addad (2001) e Suguio (2003), os pesados são divididos em opacos onde por muitas vezes formam a maior parte da população de pesados de um sedimento, como também são caracterizados pelos altos pesos específicos, devido aos seus elevados teores em ferro, como exemplos temos os grãos mais encontrados a magnetita e ilmenita e não opacos ou ultra-estáveis os mais estudados, composto pelo zircão, turmalina e rutilo, na qual os dois primeiros são bastante resistente à vários ciclos de retrabalhamentos.

Para Suguio (2003) as assembléias de minerais pesados constituem comumente uma propriedade muito importante de um sedimento. Para Addad (2001) os grãos formam assembléias extremamente específicas em termos de composição mineral, distribuídas ao longo do sistema deposicional envolvido, onde se podem tecer hipóteses sobre fontes, caminhos ou mesmo sequências deposicionais dos sedimentos. De acordo com Gasparetto e Santos (2008) os minerais pesados, de modo geral, tendem a concentrar-se no ciclo sedimentar, em razão de algumas espécies serem muito resistentes aos processos de intemperismo e diagênese.

Minerais pesados mostram dois comportamentos diferenciados. Há aqueles que, apesar de existirem em pequenas quantidades na rocha fonte, acessórios, tendem a se enriquecer relativamente ao sedimento pela sua alta resistência (zircão, turmalina, rutilo). Outros podem ser abundantes na fonte, essenciais, mas devido à sua instabilidade e fragilidade vão desaparecendo, sendo diluídos na direção do transporte (anfíbólios, piroxênios e olivinas) (ADDAD, 2001).

Para Addad, 2001:

O clima, vegetação e fisiografia da área fonte de uma determinada população controlam a pré-seleção dos grãos e a taxa da sua entrega no ambiente sedimentar. A razão entre a velocidade do intemperismo e da erosão do material intemperizado determina quais minerais sobrevivem, pela exclusão de espécies menos resistentes quimicamente, do mesmo modo que o fazem o período que o grão passa sob condições químicas hostis no meio de transporte, ou o tempo de permanência em depósitos intermediários e no depósito final.

Entretanto, no contexto supracitado o estudo dos minerais pesados em “pãs” pode oferecer respostas convincentes a respeito da origem não pedogenética, em especial quando identificados os minerais instáveis. Isto porque, conceitualmente, os duripãs e fragipãs são de natureza iluvial, oriundos de processos pedogenéticos relacionados à instalação de hidromorfia temporária nos horizontes superficiais, degradação do plasma argiloso e precipitação em subsuperfície.

Embora os sedimentos do Grupo Barreiras não sejam uma fonte considerável de minerais pesados menos resistentes ao intemperismo e, por conseguinte, os solos neles desenvolvidos, a presente pesquisa se justifica porque em trabalhos anteriores foram encontrados indícios de minerais pesados instáveis em estruturas similares a pãs em solos de tabuleiros costeiros, tais como os descritos por Nunes (2005) e Nunes *et al.* (2013).

## **CAPÍTULO 3**

### **ÁREA DE ESTUDO**

O presente capítulo trata sobre localização da área de estudo, assim como, dos seus aspectos físicos.

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Os estudos foram realizados em Entre Rios no Litoral Norte da Bahia, na Fazenda Rio Negro, de propriedade da Bahia Pulp, bem como em seu entorno, nas proximidades da cidade de Entre Rios (**Figura 3.1-1**), cujas coordenadas dos perfis são: P1 -  $11^{\circ}59'27''$  S e  $38^{\circ}06'05''$  W; P10 -  $11^{\circ} 59' 11''$  S e  $38^{\circ} 06' 05''$  W; P12 -  $11^{\circ}59'22''$  S e  $38^{\circ}06'02''$  W.

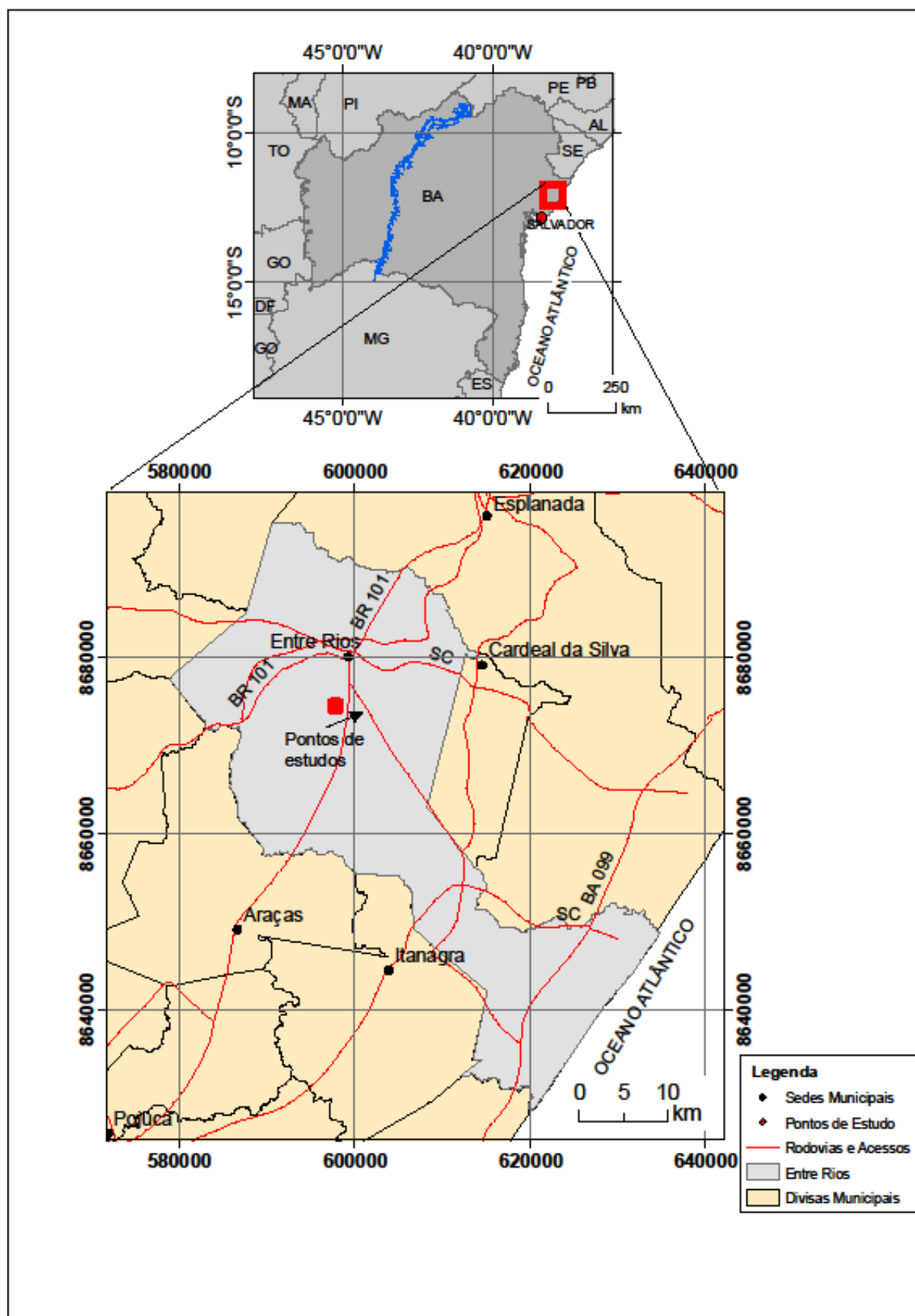


Figura 3.1-1. Mapa de localização da área de estudo.

### **3.1.2 MEIO FÍSICO**

Aborda sobre as informações físicas da área como a do clima, geologia, geomorfologia, cobertura pedológica e a vegetação local.

#### **3.1.2.1 ANÁLISE REGIONAL DO CLIMA**

A palavra clima é originada do grego "klimo", que significa inclinação dos raios solares em relação à Terra (CONTI, 1998). O clima é a síntese dos diversos tipos de tempo de um determinado local e para determiná-lo são necessários estudos científicos durante décadas, assim como, a utilização de técnicas estatísticas coletando informações sobre o tempo. E para isso, a Climatologia utiliza um maior número de dados pluviométricos das condições médias pluviométricas para determinar o clima de uma área, incluindo as considerações dos desvios em relação à variabilidade, condições extremas e as probabilidades de frequências que ocorrem em determinadas condições de tempo.

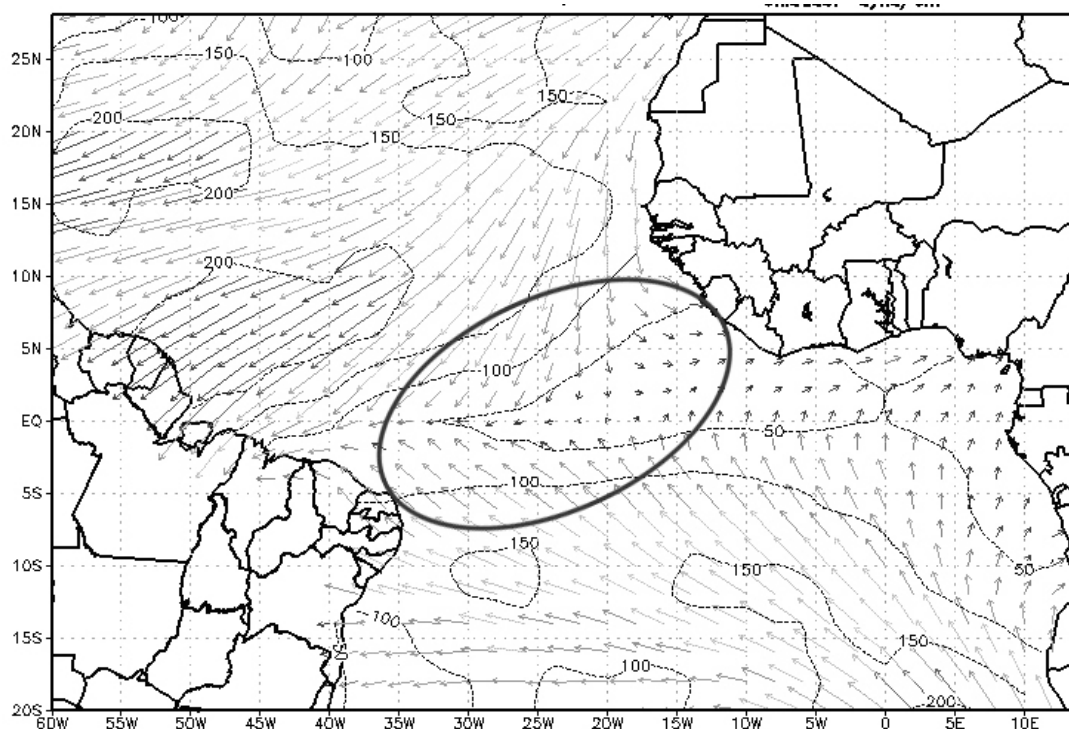
Segundo Nimer (1977), a região Nordeste, com sua imensa extensão territorial, apresenta uma das mais complexas variedades climáticas do mundo, derivada dos diferentes sistemas de circulação atmosférica, sem grandes variações térmicas, mas que afetam significativamente os índices pluviométricos, condicionando a instalação de diferentes formações vegetais, a evolução dos solos e da paisagem.



A complexidade da região é decorrente do posicionamento geográfico em relação aos diversos sistemas de circulação atmosférica, pois o território do Nordeste brasileiro está localizado em baixa latitude até latitudes médias onde são atingidas por distintas correntes, sofrendo com isso influência de sistemas meteorológicos de diferentes naturezas, tropicais e polares, quentes e frios, úmidos e secos, tanto de macro quanto de mesoescalas.

Dentre os sistemas meteorológicos que atuam na Região Nordeste destacam-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), os Sistemas Frontais (SF), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) e os Distúrbios de Leste (DL) (SERRA, 1941; NIMER, 1980; ARAÚJO; RODRIGUES, 2000; MAGALHÃES; RODRIGUES, 2006; MELO *et al.*, 2009; CARVALHO; JONES, 2009; FERREIRA *et al.*, 2009; CAVALCANTI; KOUSKY, 2009; MACHADO *et al.*, 2009).

Segundo Ferreira e Mello (2005) e Melo *et al.* (2009), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) pode ser definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul (**Figura 3.1.2.1-1**), em baixos níveis (o choque entre eles faz com que o ar quente e úmido ascenda e provoque a formação das nuvens), baixas pressões, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação.



**Figura 3.1.2.1-1.** Eixo de confluência (circundado) dos ventos alísios de sudeste com os de nordeste – ZCIT. Fonte: FUNCEME, 1998.

A massa de ar tropical gerada possui vorticidade anticiclônica, com temperaturas mais ou menos elevadas, produzidas pela intensa radiação solar e telúrica das latitudes tropicais, e as fortes umidades são fornecidas pela intensa evaporação marítima, provocando correntes de circulação perturbada, responsáveis por instabilidades e chuvas na região, compreendendo quatro sistemas: sistema de correntes perturbadas de sul; sistema de correntes perturbadas de norte; sistema de correntes perturbadas de leste e; sistema de correntes perturbadas de oeste.

A pluviosidade apresentada é bastante distinta no Nordeste brasileiro, diferentemente da temperatura, a qual demonstra certa homogeneidade espacial e uma variação anual pouco significativa, exceto na Borborema e na Diamantina.

A totalidade das chuvas na região Nordeste se distribui de forma decrescente da periferia para o interior, onde esta tendência geral é uma consequência da orientação dos sistemas de correntes perturbadas, cuja frequência diminui para o Sertão. De acordo com Melo *et al.* (2002), a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), no Oceano Atlântico Equatorial, é de extrema importância na determinação da qualidade do período chuvoso da região semiárida do Nordeste.

O oeste da região nordestina está mais sujeito às chuvas de convergência das correntes de oeste, destacando-se o noroeste do estado do Maranhão, onde é mais importante à soma de chuvas de oeste e de norte da ZCIT. Enquanto que o litoral oriental constitui-se em outro setor periférico cujos totais anuais são muito significativos, por ser um setor mais sujeito às chuvas frontais de sul e “pseudo-frontais” de leste, acontecendo desde o Rio Grande do Norte até o norte do Espírito Santo.

A “marcha estacional” das precipitações abrange diversos regimes: o primeiro se dá ao longo do litoral oriental e encosta do Planalto do Rio Grande do Norte e município baiano de Belmonte, em que o máximo pluviométrico se dá no outono (mais frequente) ou no inverno, pertencente a uma época anual em que os dias são mais curtos que as noites e o mínimo na primavera ou verão quando os dias são mais longos que as noites, tratando-se de um regime estacional típico das regiões de “clima mediterrâneo”.

O máximo de inverno e outono está representado, respectivamente, pela maior frequência de chuvas do sistema de correntes perturbadas de este (EW) e uma consequência da conjugação das chuvas do sistema de correntes perturbadas de este (EW) com o sistema de correntes perturbadas de norte

(ZCIT). Os mínimos de verão ou de primavera relacionam-se à maior ausência das chuvas de (EW) (primavera-verão) e da ZCIT (primavera).

Nos paralelos de 5°S (no Maranhão) a 9°S (entre os estados de Pernambuco – Bahia) do litoral setentrional, o máximo se dá no outono onde está relacionado com a posição média mais meridional da “depressão equatorial” (ZCIT). O mínimo na primavera em que o regime estacional se assemelha mais ao regime tropical do que ao mediterrâneo, sendo no verão o início da estação chuvosa para a maior parte e o inverno é quase seco quanto à primavera.

O terceiro está no interior da região, ao sul dos paralelos de 5° S ( no Maranhão) e 9° S (entre Pernambuco e Bahia) o regime estacional é tipicamente tropical. No verão acontece o máximo pluviométrico devido ao sistema de correntes perturbadas de oeste (IT), com pancadas de chuvas ocasionais. O mínimo ocorre no inverno, com o enfraquecimento do sistema (IT), o setor fica sob o domínio mais constante dos ventos anticiclônicos de NE e E da alta subtropical do Atlântico Sul.

A distribuição espacial das chuvas no trimestre mais chuvoso está relacionada com a marcha estacional da precipitação, juntamente, com o sistema corrente perturbado. A faixa litorânea de menor concentração anual corresponde à região cuja marcha estacional da precipitação é do tipo mediterrâneo.

Na região Nordeste as correntes perturbadas de este (EW), assim como, as de sul (FPA), além de possuírem menor concentração estacional (outono-inverno) contém raras ocorrências no semestre primavera-verão somadas às linhas de IT. Já na marcha estacional da precipitação do setor

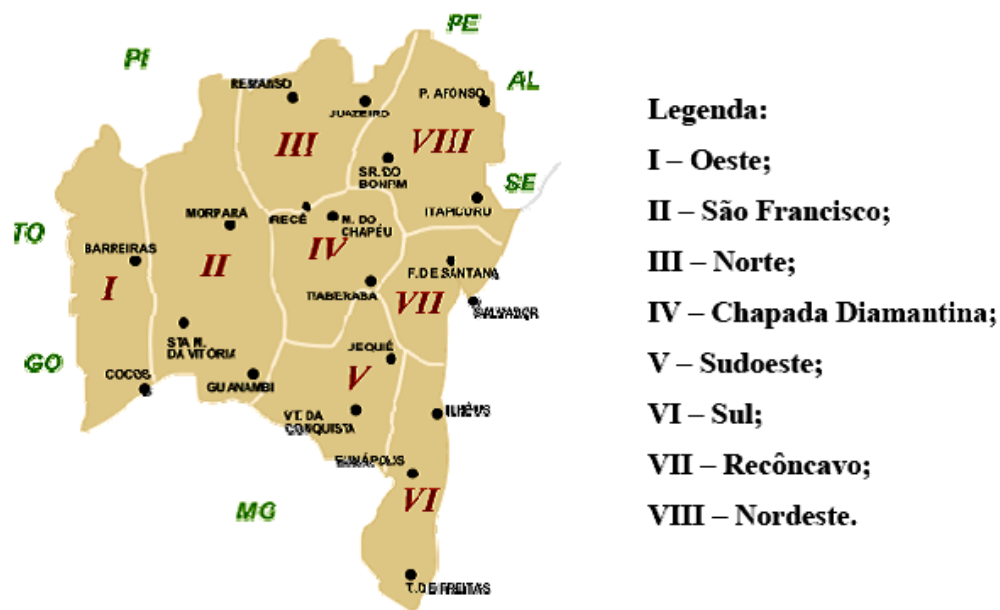
setentrional está quase exclusivamente na dependência das correntes perturbadas de norte, adquirindo significância em meados do verão e outono e em suas áreas mais meridionais apenas no outono. Sendo esses índices bastante significativos na maior parte do Sertão, que possui dois meses verdadeiramente chuvosos (março-abril) (NIMER, 1977; BRASIL, 1981).

### 3.1.2.2 ANÁLISE LOCAL

Segundo SEI (1998), o estado da Bahia possui cinco grandes tipologias climáticas, aplicando-se a metodologia de Thornthwaite e Matther (1955), sendo eles: o Úmido, o Úmido a Subúmido, o Subúmido a Seco, o Semi-árido e o Árido, onde cada um deles apresenta subtipos com características particulares diferenciando-se através do índice de umidade.

A área de estudo está localizada na Fazenda Rio Negro, propriedade da Bahia Pulp, no município de Entre Rios Litoral Norte da Bahia, a qual está situada na Macrorregião Pluviométrica VIII do Estado da Bahia (**Figura 3.1.2.2-1**).

Essa Faixa Atlântica (**Figura 3.1.2.2-2**), apresenta uma grande distinção em relação ao volume de chuva variando entre 1200 a 2600 mm no litoral, sendo a média do município de Entre Rios um valor correspondente a 1554 mm (**Figura 3.1.2.2-3**), como também ilustra o decréscimo da pluviosidade no sentido leste – oeste, ou seja, adentrando o continente, ocasionando as concentrações de chuva no período de outono/inverno não ocorrendo nenhum período de seca e tendo um a média mensal acima de 100 mm em todos os meses do ano.



**Figura 3.1.2.2-1** Macrorregiões pluviometricamente homogêneas do Estado da Bahia. Fonte: INGÁ/CEMBA (2009).

A área também sofre influências da ZCIT que de acordo com Melo et al., (2002) a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), no Oceano Atlântico Equatorial, é de extrema importância na determinação da qualidade do período chuvoso da região semi-árida do Nordeste. Assim, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), é o principal sistema meteorológico responsável por intensa precipitação no norte do Nordeste do brasileiro e a parte leste da Amazônia durante o início do outono é como ilustra a o climograma (**Figura 3.1.2.2-3**).

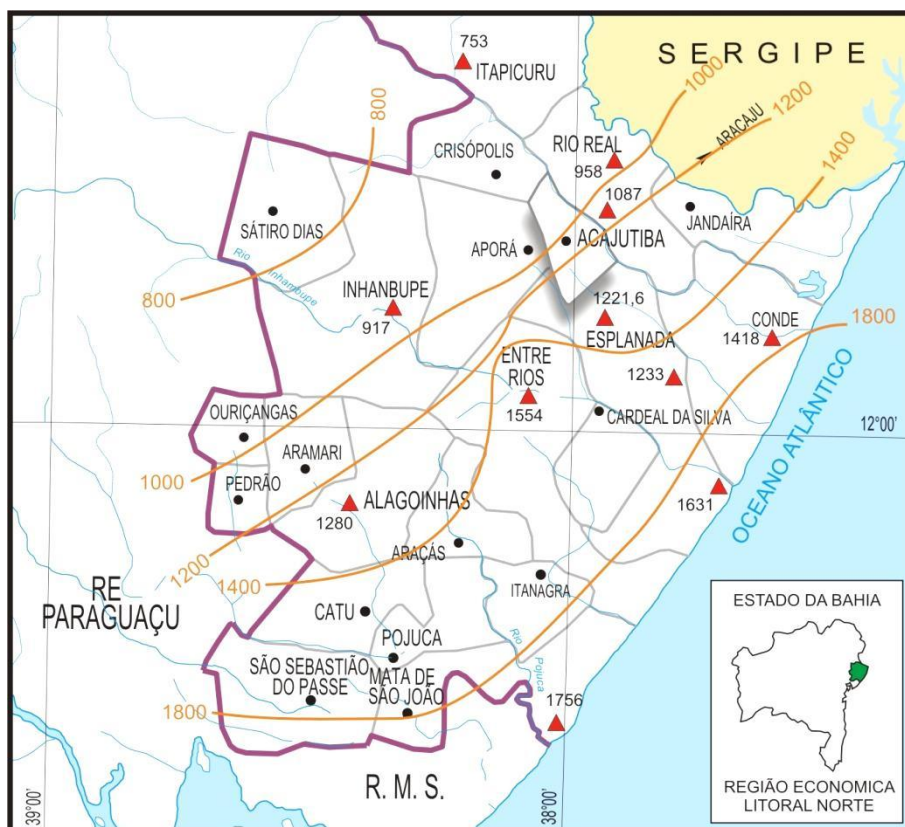


Figura 3.1.2.2-2. Mapa das isoietas do Litoral Norte da Bahia. Fonte: SEI/SEPLANTEC, 1991.

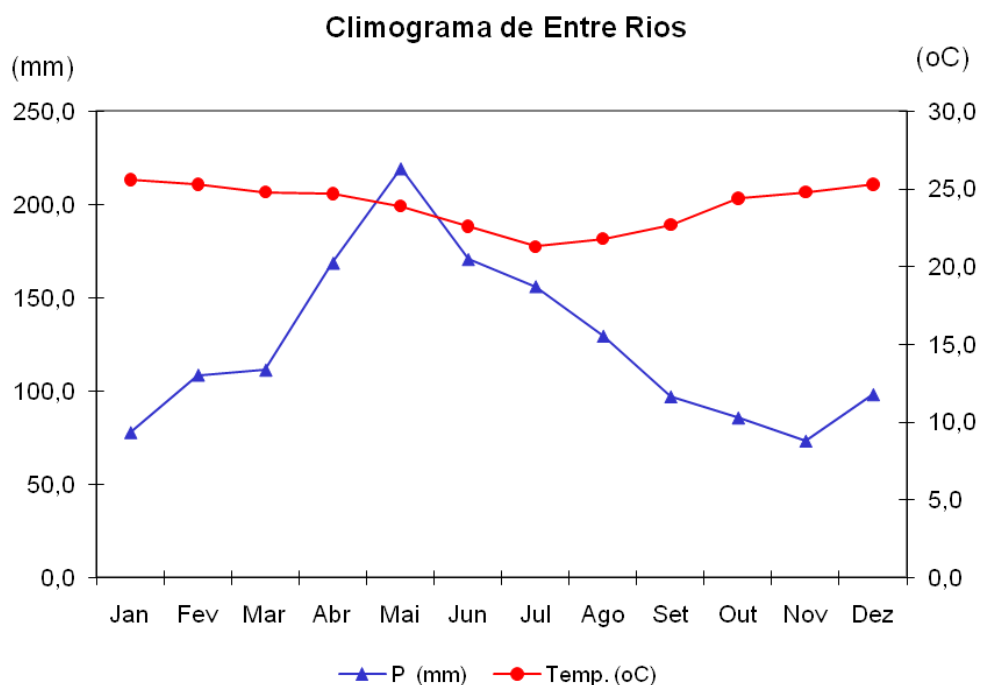


Figura 3.1.2.2-3. Normais climatológicas de Entre Rios, estação de Entre Rios. Período 1964-1983. Fonte: INMET (1991). Tipologia Climática: Koppen - As; Thornthwaite e Mather - B1rA'a' (úmido).

### 3.1.2.2.1 BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO

O balanço hídrico é o método de se calcular a disponibilidade de água no solo para as comunidades vegetais. Contabiliza a precipitação perante a evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de armazenamento de água no solo (TUBELIS; NASCIMENTO, 1937).

Sendo o solo um meio natural de reservar água para as plantas, a sua entrada pode ocorrer de duas maneiras através da precipitação e irrigação enquanto que a saída é por conta da evapotranspiração.

Segundo Brasil (1981) o cálculo do balanço hídrico e resultante dos valores mensais e anuais da evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, deficiência hídrica, excedente hídrico para que no final gere o gráfico do balanço hídrico climatológico.

De acordo com Tubelis; Nascimento (1937) e Brasil (1981):

a) A evapotranspiração potencial é um índice usado para indicar a necessidade de armazenamento de água no solo, isto é, a água necessária para manter a vegetação verde durante todo o ano.

A evapotranspiração real corresponde à quantidade de água que nas condições reais se evapora do solo e transpira das plantas. Enquanto não ocorre deficiência de água no solo, a evapotranspiração real é igual à evapotranspiração potencial.

A deficiência hídrica ocorre quando o solo não consegue suplementar a precipitação no atendimento da evapotranspiração potencial, isto é, o volume de água que falta no solo, provocando deficiência hídrica anual representativa ao longo dos meses.



O excedente hídrico ocorre quando a precipitação for superior à quantidade necessária para alimentar a evapotranspiração potencial e completar o armazenamento de água, sendo o volume de água que não é incorporado ao solo, por se encontrar saturado.

Assim, o município de Entre Rios possui uma média pluviométrica anual de 1554 mm (**Figura 3.1.2.2-2**), tendo seu período de concentração chuvosa nos meses de março a julho sendo e nas estações (outono- inverno), chegando a máxima pluviométrica no mês de maio (**Figura 3.1.2.2-3**) tendo uma média de 219,4 mm (**Tabela3.1.2.2-1**).

Possui uma evapotranspiração elevada totalizando a evapotranspiração real no valor de 1163,9 mm e a potencial 1238,4 mm, tendo nos meses de outubro a abril índices acima de 100 mm. Já a evapotranspiração real possui uma média acima de 100 mm nos meses de outubro a abril com a exceção de janeiro sendo próximo ao valor citado.

A análise da **Figura 3.1.2.2-4** demonstra que o período de déficit hídrico do município acontece entre os meses de setembro e março e o excedente hídrico está entre os meses de maio a agosto.

### Dados para construção do Balanço Hídrico

Cálculo do balanço hídrico mensal e anual. Município: Entre Rios. Estação: Entre Rios. Período: 1964-1983

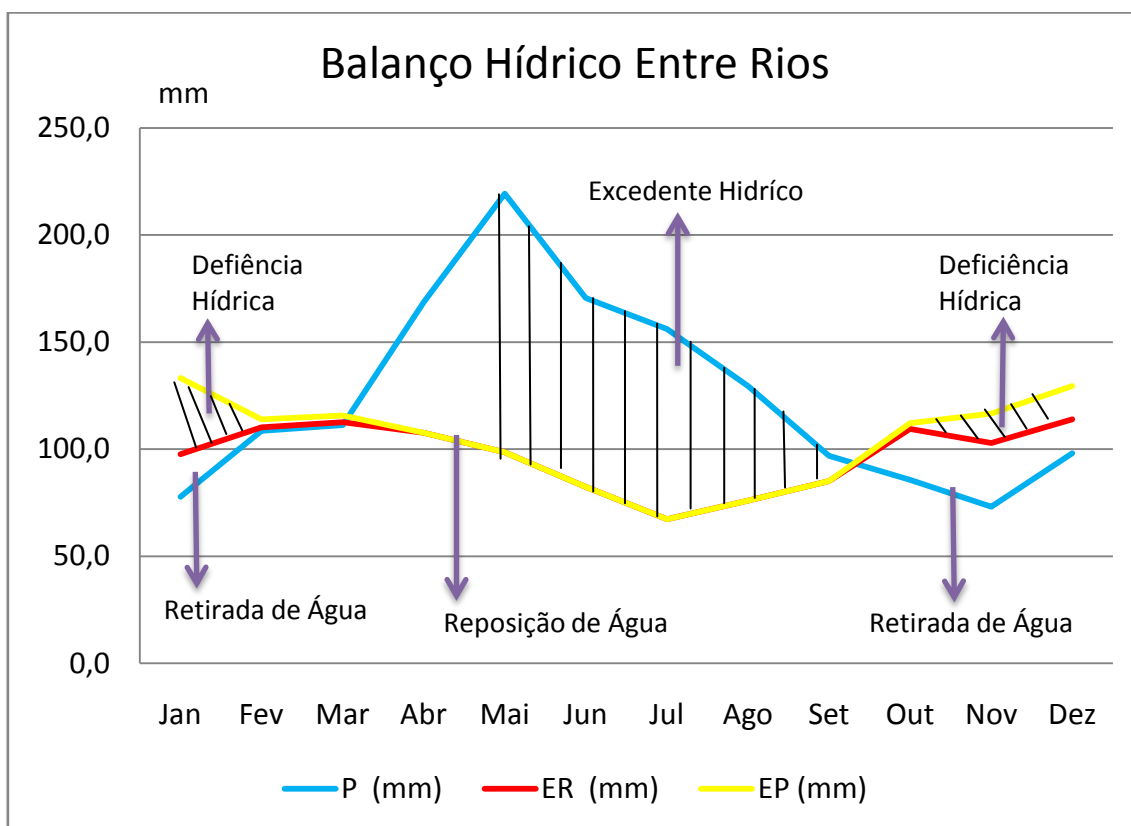
Altitude: 151 m. Latitude: 11° 55'. Longitude: 38° 04'. CAC: 125mm

Tipologia Climática: Koppen - As; Thornthwaite e Mather - B1rA' a' (úmido)

Meses	Temp. (°C)	EP (mm)	P (mm)	P-EP (mm)	Neg. Acum.	ARM (mm)	ER (mm)	DEF. (mm)	EXC. (mm)	Índice de Aridez	Umidade	Índice Hídrico
Jan	25,6	133,2	77,7	-55,5	156,8	35,7	97,6	35,6	0,0	26,7	0,0	-16,0
Fev	25,3	113,9	108,6	-5,3	162,1	34,2	110,1	3,8	0,0	3,3	0,0	-2,0
Mar	24,8	115,8	111,3	-4,5	166,6	33,0	112,5	3,3	0,0	2,8	0,0	-1,7
Abr	24,7	107,7	168,7	61,0	35,6	94,0	107,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai	23,9	98,6	219,4	120,8	0,0	125,0	98,6	0,0	89,8	0,0	91,1	91,1
Jun	22,6	82,5	170,7	88,2	0,0	125,0	82,5	0,0	88,2	0,0	106,9	106,9
Jul	21,3	67,4	156,1	88,7	0,0	125,0	67,4	0,0	88,7	0,0	131,6	131,6
Ago	21,8	76,1	129,5	53,4	0,0	125,0	76,1	0,0	53,4	0,0	70,2	70,2
Set	22,7	85,2	96,9	11,7	0,0	125,0	85,2	0,0	11,7	0,0	13,7	13,7
Out	24,4	112,1	85,6	-26,5	26,5	101,1	109,5	2,6	0,0	2,3	0,0	-1,4
Nov	24,8	116,6	73,1	-43,5	70,0	71,4	102,8	13,8	0,0	11,8	0,0	-7,1
Dez	25,3	129,4	98,1	-31,3	101,3	55,6	113,9	15,5	0,0	12,0	0,0	-7,2
<b>Anual</b>	<b>23,9</b>	<b>1238,4</b>	<b>1495,7</b>				<b>1163,9</b>	<b>74,6</b>	<b>331,8</b>	<b>6,0</b>	<b>26,8</b>	<b>23,2</b>

Tabela 3.1.2.2-1. Cálculo do balanço hídrico. Fonte: INMET, 1991, SEI, 1999.

## GRÁFICO DO BALANÇO HÍDRICO DE ENTRE RIOS

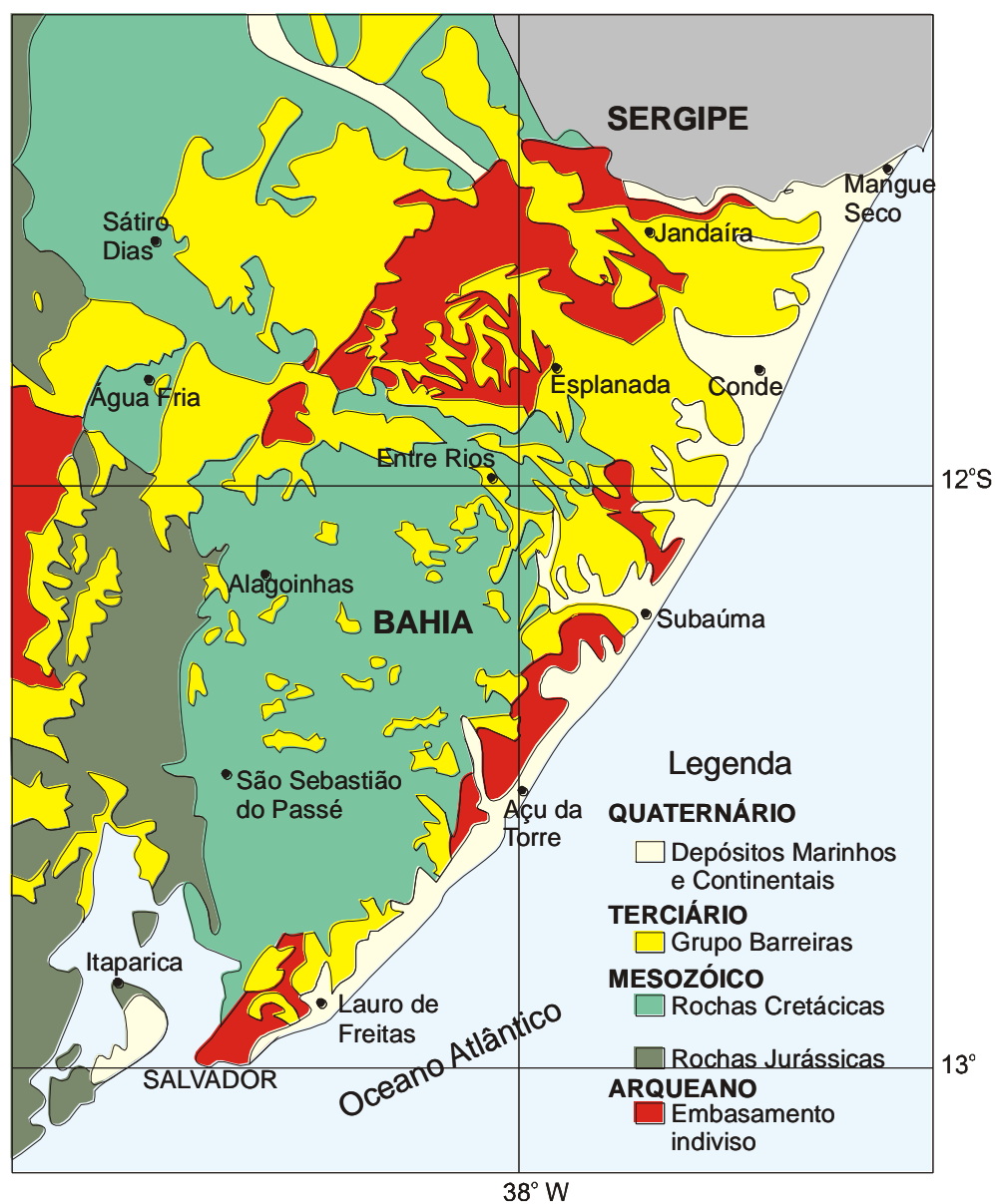


**Figura 3.1.2.2-4.** Balanço Hídrico de Entre Rios. Período 1964-1983. Fonte: INMET (1991), SEI (1999).

### 3.2 GEOLOGIA

O contexto geológico da região estudada é composto pelo o embasamento cristalino, o qual é constituído por rochas metamórficas proterozóicas do Cinturão Salvador-Esplanada, pelas sequências sedimentares jurássicas e cretáceas do Supergrupo Bahia (Formação São Sebastião, Grupo Ilhas, Grupo Santo Amaro e Grupo Brotas), pelos sedimentos detríticos terciários do Grupo Barreiras, pelos depósitos da margem costeira atlântica, formada por leques aluviais pleistocênicos e sedimentos holocênicos

aluvionares, marinhos, flúvio-lagunares e dunares. (BITTENCOURT *et al.*, 1979; BRASIL, 1981; DOMINGUEZ *et al.*, 1996; DOMINGUEZ, 2003; FORTUNATO, 2004).



**Figura3.2 - 1.** Mapa geológico do Litoral Norte da Bahia. Fonte: Ucha (2000), modificado de Barbosa e Dominguez (1996).

A área de estudo foi identificada os sedimentos do Grupo Barreiras uma unidade geológica que ocupa uma extensa faixa litorânea brasileira, que vai do estado Amapá até o Rio de Janeiro (Suguió e Nogueira, 1999; Arai, 2005;

Rossetti, 2006), compostos basicamente por argilitos, arenitos e diamictitos, apresentando três tipos de depósitos.

Segundo Brasil (1981) os conglomerados são compostos predominantemente de fenoclastos de quartzo leitoso, arredondados, em meio de seixos de granulitos, arenitos, lamitos. Sendo que a matriz é arenito onde são mal selecionados com a mesma composição da matriz dos conglomerados, possui cores variegadas, vermelha, violeta, branca e amarela.

Matoso e Robertson (1959), o define como sedimentos de origem continental pouco consolidado, geralmente sem fósseis, que permitam atribuir-lhes uma idade certa, ocorrendo ao longo da costa do país, desde o estado do Rio de Janeiro até o Pará e penetrando pelo vale Amazônico até fronteira com a Colômbia, Peru e Bolívia. Eles salientam que a maioria dos sedimentos é de origem continental, fluvial e lacustre.

Estudos realizados por Vilas Boas (1996), em território baiano mostram que o Grupo Barreiras engloba a quase totalidade dos sedimentos terciários e que é composto por sedimentos terrígenos pouco ou não consolidados, com uma variedade de cores, variando entre argilas, areias e cascalhos, com estratificação irregular, normalmente indistinta, em geral afossilíferos, se estendendo do vale amazônico a toda a região costeira do território brasileiro de Norte e Nordeste, até o estado do Espírito Santo.

Segundo Dominguez (2000) essa unidade geológica é constituída por areias e lamas inconsolidadas, com tons variegados, do vermelho ao branco, de idade Pliocênica, com um relevo plano, interrompido por vales amplos, de fundo chato e paredes íngremes, por onde correm os principais rios que

deságuam na região. Ao longo da linha de costa os Tabuleiros Costeiros dão origem a falésias esculpidas pela ação das ondas.

De acordo com Fortunato (2004), os sedimentos do Grupo Barreiras são amarelados ou amarelo-avermelhados, arenosos, maciços. Em lócus a sua estratificação possui granulometria média a grossa em geral contendo grânulos e seixos e matriz argilosa, com cores variegadas. A intercalação de suas camadas ocorre às argilas arenosas, em geral maciças e o contato entre as camadas é erosivo e pode ser limitado por leitos de grânulos ou seixos. A sua sedimentação ocorreu devido à junção de vários fatores ambientais, entre esses estando às mudanças climáticas e as oscilações do nível do mar, juntamente com os movimentos tectônicos.

### **3.3 GEOMORFOLOGIA**

A compressão da gênese e evolução do relevo de um determinado lugar se dá através da interação de diferentes fatores naturais, como a geologia (estrutural e litológica), a pedologia, estudos do clima e uso do solo. Segundo Casseti (1994), a geomorfologia objetiva analisar as formas de relevo, com a intenção de compreender as relações dos processos atuais e pretéritos.

A área em estudo está situada em uma região de Tabuleiros Costeiros, clima quente e úmido, com um quadro morfológico variado, com solos associados à morfologia local. Para Fortunato, (2004), os Tabuleiros Costeiros da faixa Atlântica são caracterizados, em muitos lugares, por falésias vivas holocênicas e paleofalésias pleistocênicas, com escarpas de até 40m. De acordo com Casseti, (1994), os relevos tabulares, associados ao

comportamento estrutural, são caracterizados por camadas sedimentares horizontais e sub-horizontais, onde foram originados através de condições ambientais áridas ou semiáridas surgindo os pediplanos.

A tendência de alternância climática, ou seja, passagem do clima úmido para seco, o que se evidenciou na evolução morfológica pós-cretácica brasileira (Plio-Pleistoceno?), teria implicado a evolução horizontal do modelado pela aceleração do processo de recuo paralelo das vertentes por degradação mecânica. Portanto, a abertura dos vales, tendo como nível de base os talwegues abandonados, proporcionará entulhamento do próprio nível de base com tendência de elaboração de um pediplano intermontano (CASSETI, 1994).

Para Fortunato, (2004), o aplainamento dos Tabuleiros Costeiros está relacionado a uma ampla fase de pediplanação onde os pedimentos detríticos preencheram e nivelaram as superfícies irregulares com distintas litologias até as mais pretérita do Grupo Barreiras.

A evolução do relevo se dá através do clima úmido, responsável pela organização do sistema de hidrografia nas camadas horizontais, submetidas a esforços epirogenéticos.

A área está submetida a um clima quente e úmido onde ocorre a predominância dos Planaltos Dissecados, que representam a evolução dos Tabuleiros Costeiros, os quais possuem relevos com altimetrias entre 50 e 90m, tipo morrotes e colinas convexadas às vezes com topos aguçados, esculpidos sobre diferentes litofácies friáveis do Grupo Barreiras, compostos de: sedimentos arenosos, areno-argilosos, arenitos lamosos, argilitos e diamictitos ferruginosos não cimentados (NUNES, 2011).

Segundo Fortunato, (2004) os Tabuleiros Costeiros do Grupo Barreiras são caracterizados pela predominância de feições aplainadas parcialmente conservadas, entalhadas por vales largos, profundos, com talvegues chatos e vertentes graduadas ou escarpadas, preenchidas por aluviões.

Em suas vertentes há uma variância, onde encontra-se desníveis pequenos, médios e grandes, com declividade entre 60 a 200m, ocorrendo também declives um pouco superiores e desníveis mais abruptos, provavelmente devido a lineamentos estruturais e a ação da neotectônica.

Os vales apresentam formas em “V”, normalmente para os tributários menores ou em forma de “U” nos tributários maiores, chegando a formar vales em manjedoura (COSTA JÚNIOR, 2008), podendo ser observados modelados homogêneos e estruturais, onde as superfícies são limitadas, respectivamente, por vales simétricos e dissimétricos comumente relacionados a quebras abruptas do relevo ou em setores da paisagem onde são observados cursos fluviais com anomalias de drenagem, tais como cotovelos, bem como associação de padrões e canais retilíneos.

Em relação à elevada densidade de drenagem e o aprofundamento das incisões médio, forte e às vezes fraco nos Planaltos Dissecados atribuem às formas índices de dissecação, o que indica grau de entalhamento médio, forte e às vezes fraco.

No topo dos Tabuleiros ocorrem depressões circulares (depressões fechadas) de diferentes dimensões (a depender da natureza do substrato, que dificulta mais ou menos o intemperismo), onde ocorrem a formação dos ESPODOSSOLOS e ARGISSOLOS ACINZENTADOS. Estas depressões estão



associadas a zonas de entrecruzamento de falhas, conforme demonstrado por Fortunato, (2004), trazendo implicações importantes na evolução da paisagem.

### 3.4 COBERTURA PEDOLÓGICA

Segundo Nunes, (2011) os Argissolos Amarelos(**Figura 3.4-1 e Figura 3.4-2**) são dominantes em unidades tabulares, sendo mais frequentes, nos tabuleiros dissecados sob condições climáticas úmidas, e são encontrados principalmente nos topos convexos e nas ombreiras das vertentes, enquanto que nas demais partes das vertentes observam-se solos mais rasos ou pouco evoluídos, sendo encontrados principalmente Cambissolos Háplicos, Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos.

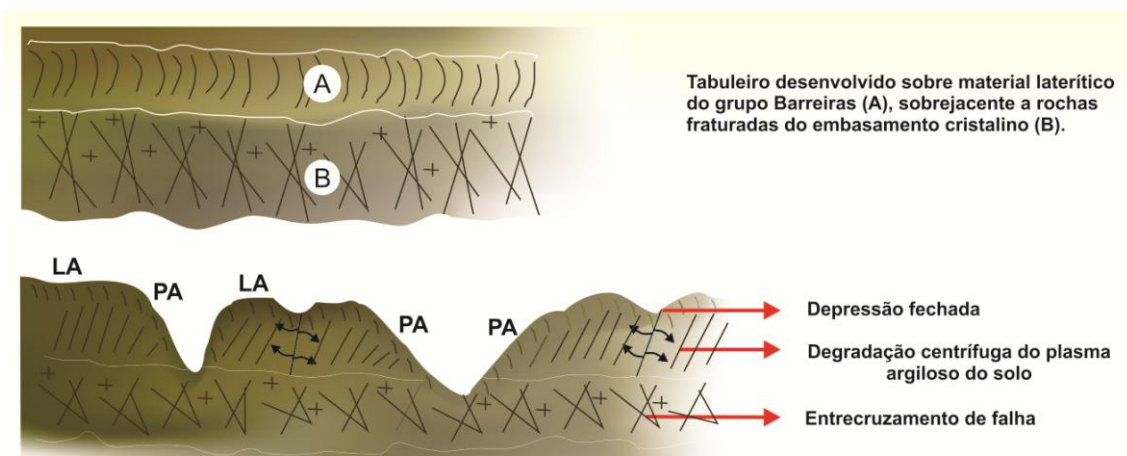


**Figura 3.4-1.** ARGISSOLO AMARELO desenvolvido sobre diamictito ferruginoso do Grupo Barreiras (11<sup>o</sup>59'26"S e 38<sup>o</sup>06'04"W). Fonte: Nunes (2011).



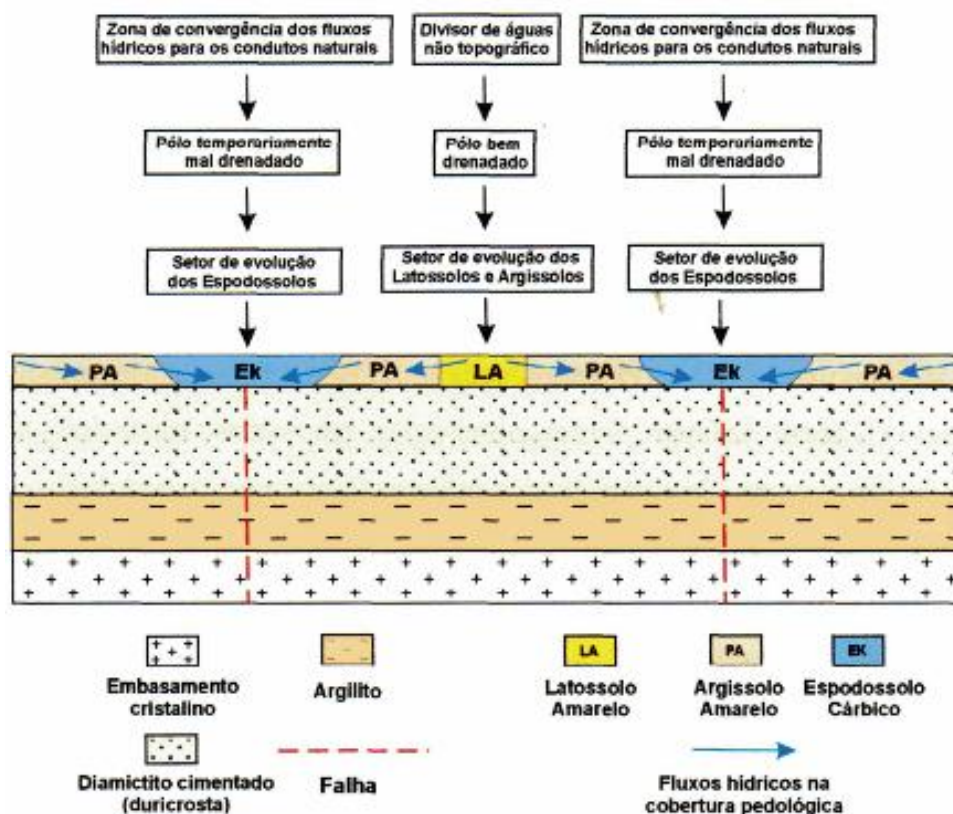
**Figura 3.4-2.** ARGISSOLO AMARELO desenvolvido sobre sedimentos areno-lamosos do Grupo Barreiras ( $11^{\circ}51'57''\text{S}$  e  $38^{\circ}23'03''\text{W}$ ). Fonte: Nunes (2011).

Ao longo dos tabuleiros foram se formando pequenas depressões, provocadas pela neotectônica e que no período de chuvas acumulam água. De acordo com Nunes, (2005; 2011) as fraturas formadas pela tectônica originaram essas pequenas depressões fechadas (**Figura 3.4-3**) criando zonas de convergência de fluxos de água, formando os lençóis suspensos temporários. Esse acúmulo de água é responsável pela formação de um ambiente redutor, que junto à matéria orgânica ácida e rica em ácidos fúlvicos translocam a sílica e o ferro para a subsuperfície, degradando a argila e transformando os Latossolos em Argissolos.



**Figura 3.4-3.** Reflexos de fraturas do embasamento originam depressões fechadas nos Tabuleiros, modificando a drenagem interna da cobertura pedológica, originalmente de natureza latossólica (LA), gerando de forma progressiva os Argissolos (PA) e, posteriormente, os Espodossolos. Fonte: Figura idealizada por Ribeiro (199?), com ligeiras adaptações de Nunes (2011).

Segundo Fortunato (2004), essa evolução pedológica se deu a partir das duricrostas e com a ação da neotectônica e inúmeras variações climáticas ocorridas no Pleistoceno relacionadas a ciclos glaciais/interglaciais. E nos pontos de interseção de falhas que atravessavam as duricrostas ocorreu o desenvolvimento natural de acúmulo de água (**Figura 3.4-4**). Onde nos períodos chuvosos formavam ambientes temporariamente mal drenados, prevalecendo um ambiente redutor, e nos períodos secos de menor circulação de água, um ambiente oxidante, dando lugar à formação de Espodossolos nos ambientes mal drenados e Latossolos e Argissolos em setores bem drenados.



**Figura 3.4-4.** Modelo conceitual da evolução da paisagem pedológica em função da polaridade do teor de umidade, em superfície, estabelecida por determinismo estrutural. Fonte: Fortunato (2004).

### 3.5 VEGETAÇÃO

O território brasileiro, devido a sua magnitude espacial, comporta um mostruário bastante completo das principais paisagens e ecologias do Mundo Tropical (AB' SÁBER, 2003).

Sendo assim, a vegetação da área de estudo é tipo Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas (BRASIL, 1992).

A Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas é a formação florestal que se situa entre as cotas de 5 a 10 m. Ocupando as planícies quaternárias, como também os tabuleiros terciários, ocorrendo desde a Amazônia, cortando todo o

Nordeste até o estado do Rio de Janeiro, apresentando espécies como *Parkia pendula* (juerana) e ecótipos como *Brosimum* e *Porouma*. Se desenvolvendo nos solos sedimentares profundos, de fertilidade baixa a mediana, suscetíveis a lixiviação em caso de desflorestamento (BRASIL, 1981, BRASIL, 1992).

A Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas se apresenta sob duas configurações florísticas distintas. Uma na área do Recôncavo, a partir de Valença – Bahia, destacam-se *Tapirira guianense* (pau-pombo); *Hymatanthusobovata* (janaúba); *Didymopanaxmorotoni* (matataúba); *Vismia* sp. (capianga) e *Shinnusterebinthifolius* (aroeira); *Cocos nucifera* (coco) e *Elaeis guianensis* (dênde); *Attalea funifera* (piaçaba) (BRASIL, 1981).

E a outra na parte sul, com próximo ao litoral como *Tabernaemontana oblongifolia*; *Clusia nemorosa*; *Manilkara longifolia*, *Macoubea guianensis* e *Eclisa obovata*; *Euterpe edulis* (juçara); *Attalea funifera* (piaçava) (BRASIL, 1981).

A Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas está situada sobre os tabuleiros do Pliopleistoceno do Grupo Barreiras, localizada no sul da cidade de Natal até o norte do estado do Rio de Janeiro (BRASIL, 1992).

O tipo florestal que tem como destaque a espécie brasileiras como *C. echinata* (pau brasil); *Lecythis*; *Lecythidaceae* (afro amazônica); *Cariniana* (jequitibá) e *Eschweilera* (gonçalo alves).

### 3.5.1 USO ATUAL

A Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas de acordo com Nunes (2011) é um tipo de vegetação que está localizada na região de altimetrias superiores a 100m até cerca de 280m (**Figura3.5.1–1**).



**Figura 3.5.1 – 1** Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas.

Devido às condições climáticas, com estações bem definidas, uma seca e outra úmida, tendo seu período chuvoso nos meses de março a agosto, nas estações outono-inverno, chegando à máxima pluviométrica no mês de maio com mais de 200 mm, a vegetação se adaptou à deficiência hídrica sazonal, concentrada nos meses de outubro a fevereiro, onde foi observado espécies com folhas pequenas, caducifólias e com perda aproximada de 25% das folhas e dormência das gemas no período seco.

Essa vegetação ao longo do tempo foi sendo substituída pela ocupação humana, assim como, pelas suas atividades produtivas, na qual no momento na região é a silvicultura, plantio familiar e a criação de gado (**Figura 3.5.1–2 e Figura 3.5.1 – 3**).



**Figura 3.5.1–2.** Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas em área de preservação e reserva legal e plantação de eucalipto.



**Figura 3.5.1 – 3** Uso atual – Plantação de eucalipto no tabuleiro.



## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGIA DO ESTUDO**

Esse capítulo abordará os procedimentos e a metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa.

#### **4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA**

O desenvolvimento do trabalho iniciou-se com uma revisão de literatura sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, sobre os solos dos Tabuleiros Costeiros e os minerais pesados. Foram catalogados teses, artigos científicos, dissertações e resumos publicados em anais de congressos sobre o assunto, em especial os desenvolvidos no Litoral Norte da Bahia.

O estudo da área foi realizado através da descrição de cortes de estradas, afloramentos (análises faciológicas) e perfis de solos, onde foram coletados sedimentos e amostras de solos para análises granulométricas, químicas e mineralógicas.

A síntese da metodologia empregada pode ser observada no mapa conceitual a seguir.

## **METODOLOGIA DO TRABALHO**

### **TRABALHO DE ESCRITÓRIO**

- Revisão de literatura
- Levantamentos Cartográficos
- Planejamento do campo
- Planejamento das etapas de laboratório
- Confecção de tabelas, gráficos, figuras e mapas
- Elaboração de resumos expandidos
- Texto da Dissertação

### **TRABALHO DE CAMPO**

- Reconhecimento da área e dos pontos de estudo
- Coleta de amostras – deformadas
- Descrição dos materiais de origem
- Descrição de solos
- Retirada de fotografias

### **TRABALHO DE LABORATÓRIO**

- Preparação de amostras
- Identificação de amostras
- Seleção dos grãos pesados na batéia
- Secagem dos grãos
- Armazenamento dos grãos
- Separação magnética – FRANTZ
- Separação mineralógica dos pesados – Bromofórmio
- Armazenamento dos minerais pesados
- Identificação dos pesados
- Retirada de fotografias – lupa binocular
- Colagem em fita de carbono
- Metalização com ouro
- Caracterização e fotografias no MEV e EDS

#### **4.1.2 TRABALHOS DE ESCRITÓRIO**

Todas as etapas para o desenvolvimento do trabalho passaram por um planejamento em escritório, a saber: as revisões de literatura em bibliotecas de acervos públicos, em especial a do IGEO-UFBA, e pessoais; os levantamentos cartográficos; os trabalhos de campo, as etapas de laboratório; a confecção de tabelas, gráficos, figuras e mapas; a elaboração de resumos expandidos e dos textos da dissertação.

Os dados obtidos através das descrições realizadas no campo, bem como das análises laboratoriais foram tratados em programas específicos, a saber:

- a) EXCEL: confecção de tabelas e gráficos das análises de solos;
- b) ARCGIS: elaboração dos mapas.

#### **4.1.3 TRABALHOS DE CAMPO**

Foram realizadas quatro etapas de campo, sendo que a primeira teve o objetivo de reconhecer a área de estudo e os pontos para descrição e coleta das amostras. Na segunda etapa foram realizadas descrições dos materiais de origem dos solos, com posterior coleta de amostras deformadas das litofácies e de perfis de solos anteriormente descritos por Nunes (2011). A terceira etapa ocorreu por causa da necessidade de mais amostras e para maior detalhamento das litofácies e a quarta etapa teve a função de retirar algumas dúvidas, tirar novas fotos e coletar amostras deformadas e indeformadas para estudos posteriores.

Os equipamentos utilizados no campo foram: o GPS (Garmin, modelo Etrex H, tipo Outdoor); a trena para medição das fácies sedimentares e dos horizontes dos solos; faca, enxadeta e martelo pedológico para preparação dos perfis e das seções geológicas; lupa de bolso (30X) para análises sedimentológicas; Carta de *Munsell* para verificação das cores das amostras de solos e sedimentos; sacos plásticos para armazenamento de amostras; facão; espátula para limpeza do perfil; caderneta de anotações; câmera fotográfica; caneta para identificação das amostras.

#### 4.1.4 TRABALHOS DE LABORATÓRIO

As amostras deformadas foram preparadas no Laboratório do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra Secas), onde foram secas ao ar, destorroadas, moídas, homogeneizadas (**Figura 4.1.4-2**) quarteadas (**Figura 4.1.4-3**) e peneiradas em malha de 2mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA) para realização de análises físicas, químicas e mineralógicas (**Figuras 4.1.4 - 1**), conforme Embrapa (1997).



**Figura 4.1.4-1.** Processo de destorroamento e peneiramento para obtenção da TFSA.



**Figura 4.1.4-2** Processo de homogeneização das amostras.



**Figura4.1.4-3** Processo de quarteamento das amostras.

Em seguida, as amostras foram identificadas no saco plástico e no caderno de controle (**Figura 4.1.4- 4**) para serem conduzidas aos laboratórios do Instituto de Geociências e Física Nuclear da Universidade Federal da Bahia.



**Figura 4.1.4- 4.** Processo de identificação das amostras.

A separação dos minerais pesados foi realizada no GPA - IGEO (Laboratório de Preparação de Amostras) com o auxílio da batéia para o selecionamento e a quantificação (**Figura 4.1.4- 5**). Após a separação, os minerais pesados foram secos em estufa (**Figura 4.1.4- 6**), marca Nova Ética, e depois organizados em coletores (**Figura 4.1.4- 7**).



**Figura 4.1.4- 5** Separação dos minerais pesados.



**Figura 4.1.4- 6** Secagem dos minerais pesados.

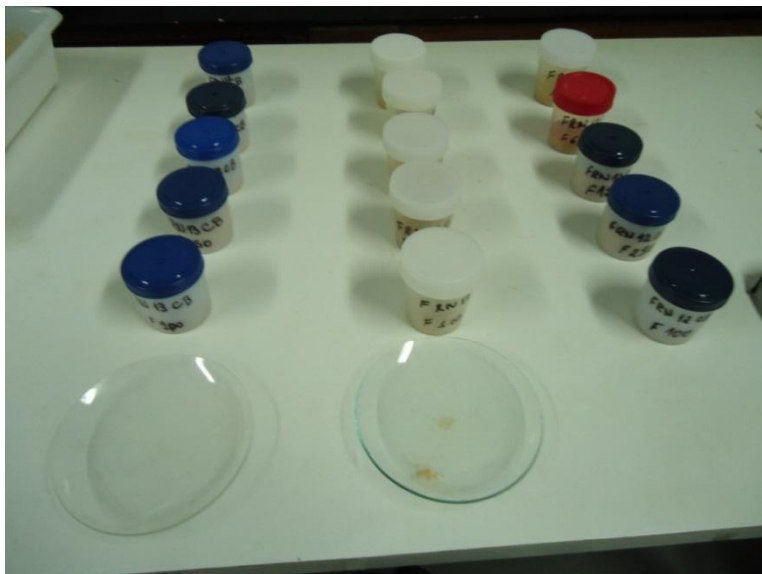


Figura 4.1.4- 7 Armazenamento dos minerais pesados.

Depois do processo de secagem e armazenamento das amostras, iniciou-se a etapa da separação magnética através do Frantz (**Figura 4.1.4- 8**).

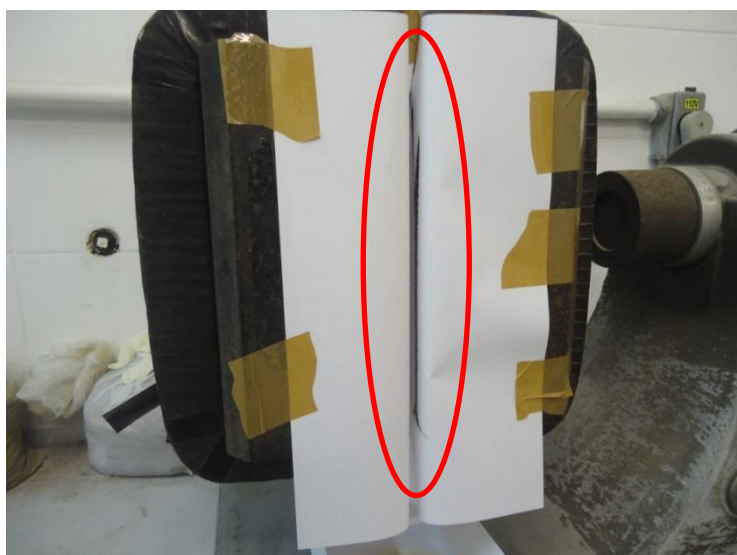


Figura 4.1.4- 8 Separador magnético – Frantz.





**Figura 4.1.4- 9** Separação dos minerais magnéticos.



**Figura 4.1.4- 10** Atração dos minerais magnéticos.



**Figura 4.1.4- 11.** Resultado da atração dos minerais magnéticos.

Os minerais atraídos pelo Frantz foram submetidos a uma nova separação mineralógica utilizando o bromofórmio, que selecionou os minerais pesados dos leves, conforme Suguio (2003) (**Figura 4.1.4- 12**).



**Figura 4.1.4-12** Preparação de amostra dos minerais magnéticos e funil de separação dos minerais leves e pesados.

Após a separação com o bromofórmio, os minerais foram armazenados em recipientes de plástico (**Figura 4.1.4-13**). Inicialmente, os minerais pesados foram analisados e fotografados em lupa binocular (**Figura 4.1.4-14**) e,

posteriormente, preparados para análises em Microscópio de Varredura Eletrônica (MEV) e Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS).

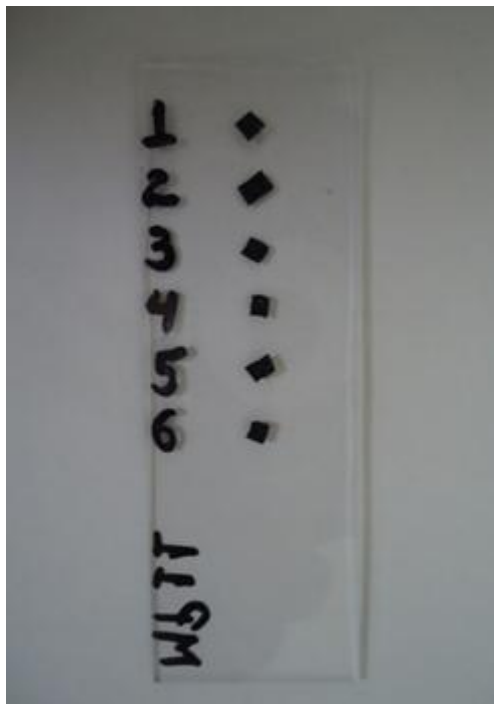
As amostras de minerais pesados foram coladas em fita de carbono e presas em lâminas de vidro (**Figura 4.1.4-15**) para serem analisados em MEV e EDS no Instituto de Física Nuclear da UFBA.



**Figura 4.1.4-13** Separação dos minerais leves e pesados.



**Figura 4.1.4-14** Identificação dos minerais pesados.



**Figura 4.1.4-15** Colagem dos minerais pesados para identificação.

As lâminas foram encaminhadas ao LAMUME (Laboratório Multiusuário de Microscopia Eletrônica) no Instituto de Física Nuclear as quais foram metalizadas com ouro (**Figura 4.1.4-16**).



**Figura 4.1.4-16** Metalização com ouro.



**Figura 4.1.4- 17.** Microscopia Eletrônica e EDS.

Os grãos e os minerais pesados selecionados foram mais precisamente identificados, caracterizados e fotografados através do MEV, bem como analisados qualitativa e quantitativamente em EDS (**Figura 4.1.4- 17**).

## **CAPÍTULO 5**

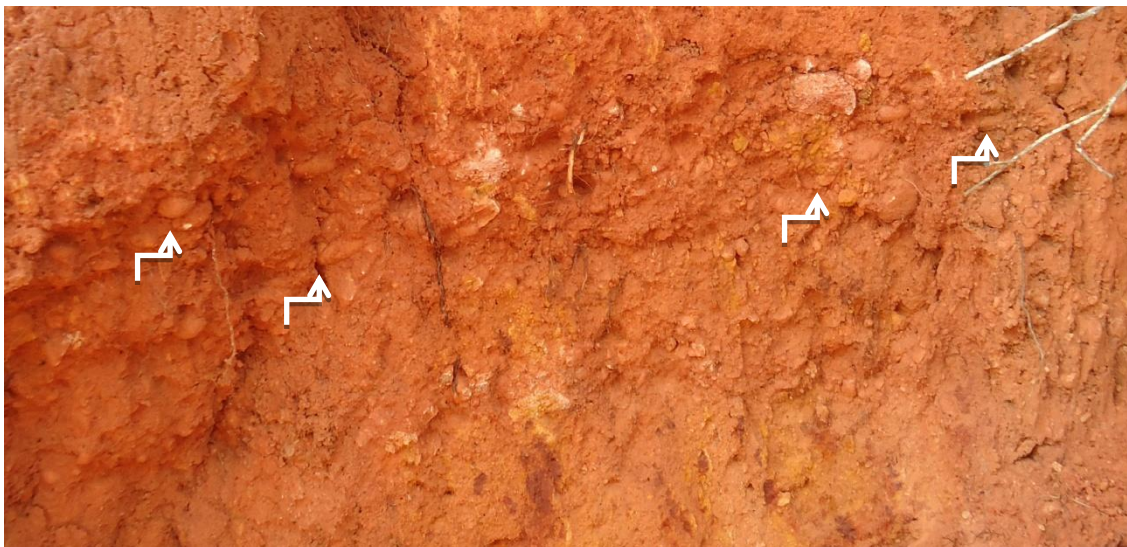
### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo serão apresentados os resultados e discutidos os dados do trabalho desenvolvido, constando dos seguintes subcapítulos: Materiais de Origem, Perfis de solos e as estruturas associadas, discussão.

#### **5.1 MATERIAIS DE ORIGEM**

As litofácies que compõem os afloramentos do Grupo Barreiras na área de estudo são os conglomerados maciços sustentados por lama (Cmf), arenitos lamosos conglomeráticos maciços (Alcm) e arenitos lamosos maciços (Alm).

Os conglomerados maciços sustentados por lama (Cmf) apresentam matriz areno-lamosa, de natureza quartzosa, caulínica e ferruginosa. Ocorrem desde pequenos seixos a calhaus arredondados, com baixa esfericidade, distribuídos aleatoriamente na matriz, sendo constituídos principalmente por quartzo e nódulos ferruginosos (Figura 5.1-1).

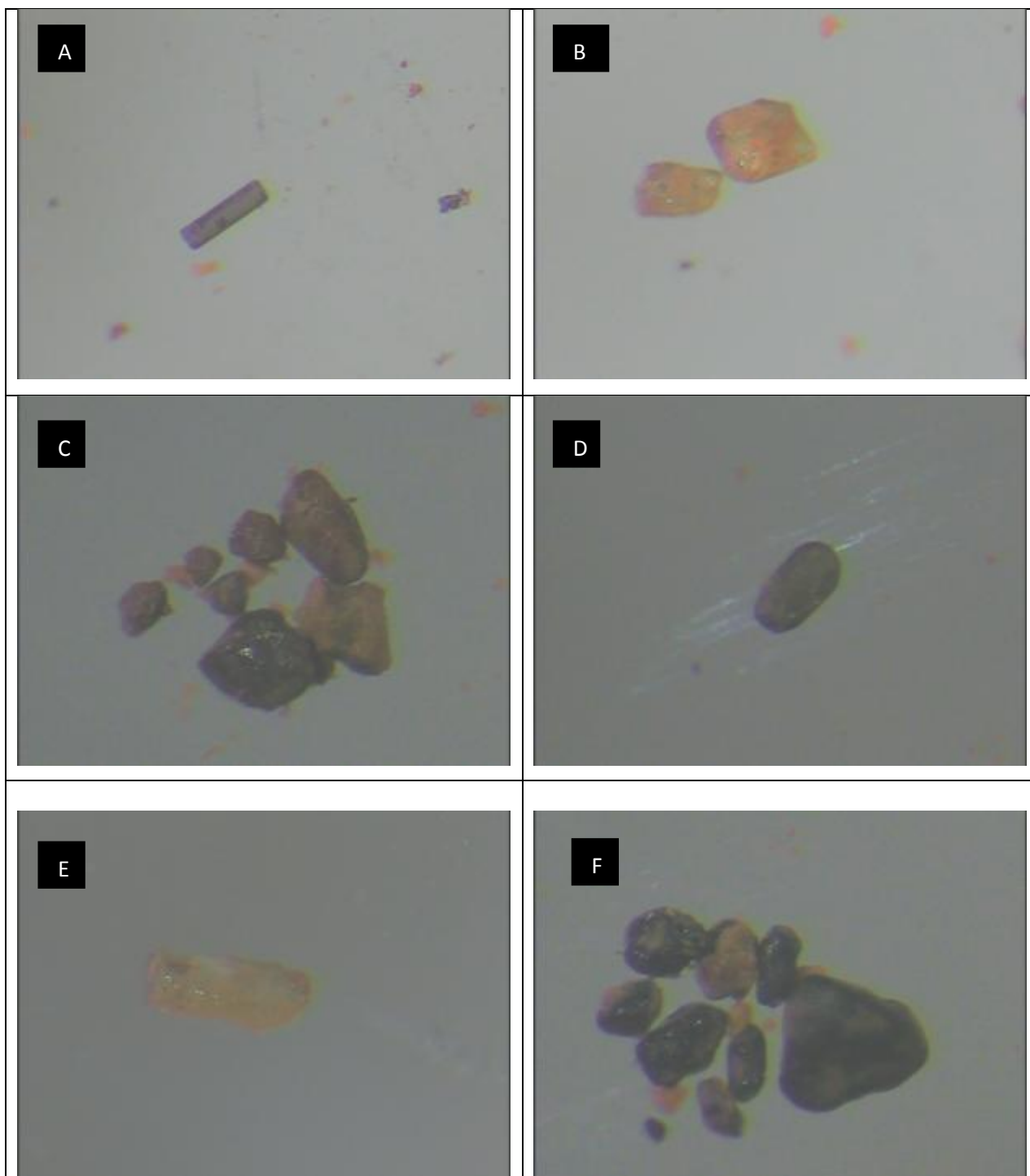


**Figura 5.1-1.** Conglomerado maciço sustentado por lama (11<sup>o</sup>59'27"S e 38<sup>o</sup>06'05"W).

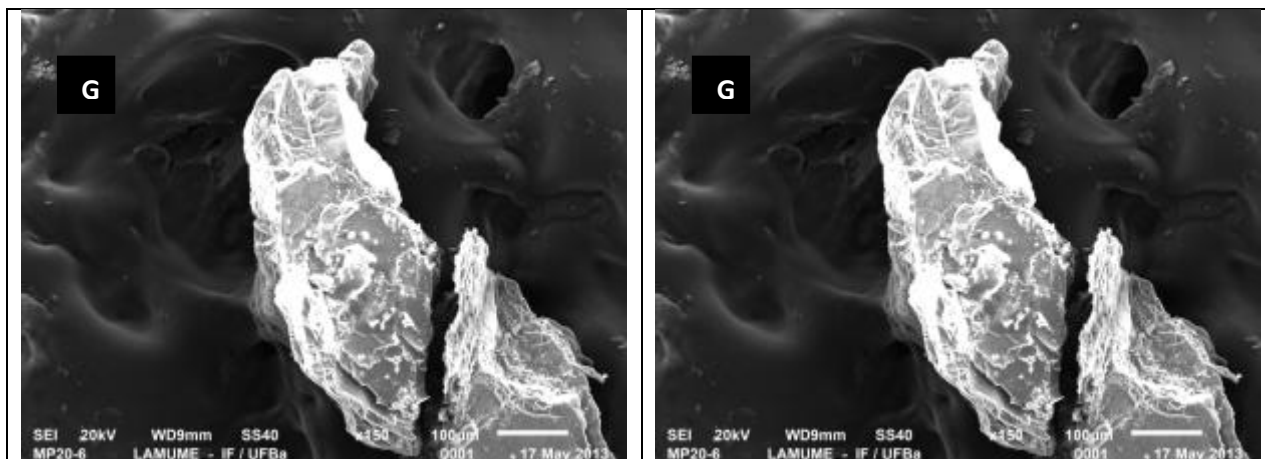
Os minerais pesados presentes nos conglomerados maciços sustentados por lama são a turmalina verde-claro, granada amarelada e avermelhada, zircão esverdeado, titanita amarelada, ilmenita e biotita (Tabela 5.1-1 e Figura 5.1-2).

MINERAIS	COR	HÁBITO	BRILHO
<b>Turmalina</b>	Verde claro transparente	Alongado / Prismática	Vítreo
<b>Granada</b>	Amarelo mel	Hexagonal/tetragonal	Vítreo
<b>Granada</b>	Vermelha ao castanho	Hexagonal/tetragonal	Metálico
<b>Zircão</b>	Verde transparente	Arredondada	Vítreo
<b>Ilmenita</b>	Preta	Arredondada	Metálico
<b>Titanita</b>	Amarelo mel	Alongado	Vítreo
<b>Biotita</b>	Esverdeado	Laminar	Submetálico

**Tabela 5.1-1.** Minerais pesados.







**Figura 5.1-2.** A – Turmalina verde-claro; B – Granada amarela; C – Granada vermelha; D - Zircão esverdeado; E – Titanita; F – Ilmenita; G - Biotita.

Os arenitos lamosos conglomeráticos maciços (Alcm) possuem coloração amarelada, avermelhada e esbranquiçada, baixa maturidade textural, sendo constituídos por areia quartzosa média e fina, com grânulos imersos e clastos brancos de caulinita (Figura 5.1-3 e 5.1-4). A litofácies exibe granodecrescência ascendente e geometria de canais com base erosional côncava para cima.

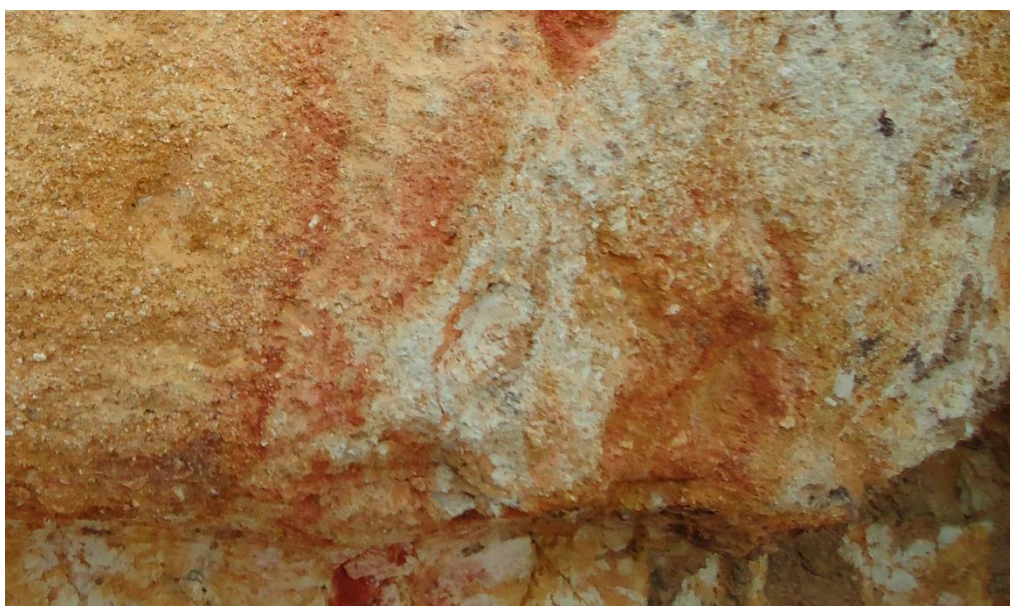


**Figura 5.1-3.** Arenito lamoso conglomerático maciço (Alcm) na parte superior da foto. As setas indicam os clastos brancos argilosos. -  $11^{\circ}59'11''\text{S}$  e  $38^{\circ}06'05''\text{W}$ . Fonte: Nunes, 2011.



**Figura 5.1-4.** Arenito lamoso conglomerático maciço(Alcm). -  $11^{\circ}46'28''\text{S}$  e  $37^{\circ}52'58''\text{W}$ .Fonte: Nunes, 2011.

Os arenitos lamosos maciços (Alm) possuem granulometria fina a grossa, grãos angulosos a subarredondados, mal selecionados, possuindo o arcabouço constituído por quartzo e matriz de caulinita e “óxidos de ferro” (Figura 5.1-5).

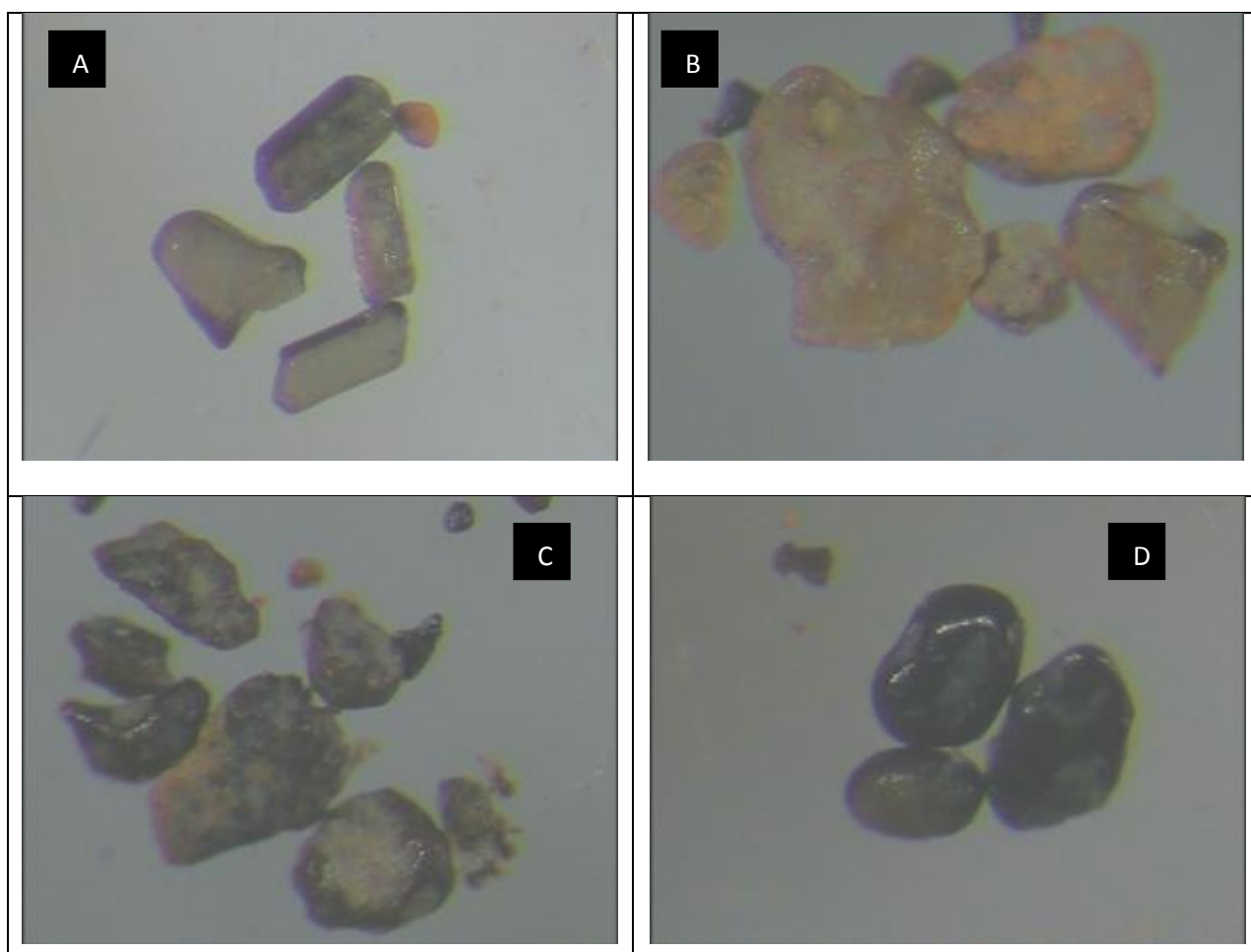


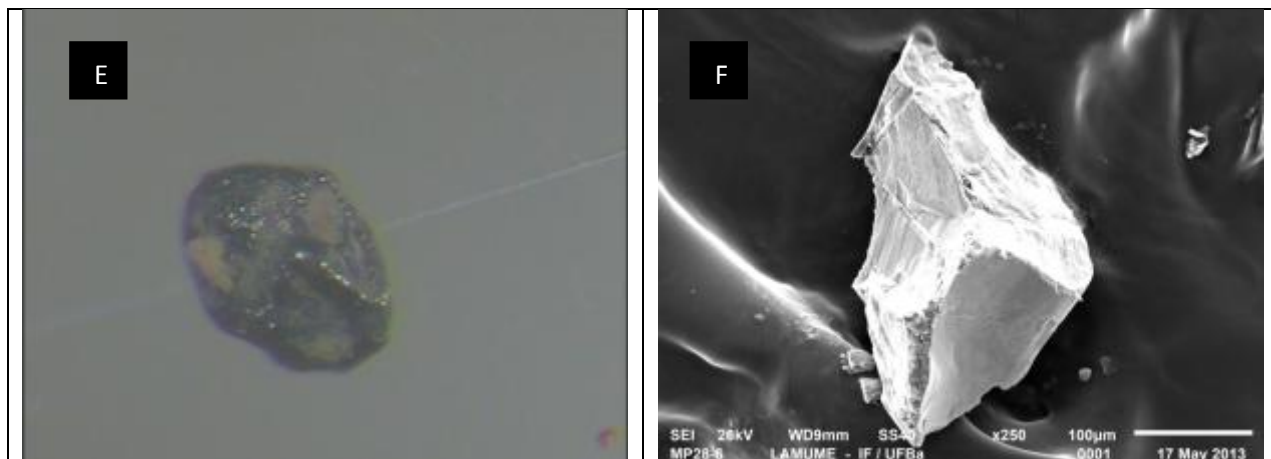
**Figura 5.1-5.** Arenito lamoso maciço.

Os minerais pesados presentes nos arenitos lamosos maciços, conglomeráticos ou não, são comumente a turmalina verde-claro, granada amarelada e avermelhada, zircão esverdeado e a ilmenita, aparecendo também biotita (Tabela 5.1-2 e Figura 5.1-6).

MINERAIS	COR	HÁBITO	BRILHO
<b>Turmalina</b>	Verde claro transparente	Alongado / Prismática	Vítreo
<b>Granada</b>	Amarelo mel	Hexagonal/tetragonal	Vítreo
<b>Granada</b>	Vermelha ao castanho	Hexagonal/tetragonal	Metálico
<b>Zircão</b>	Verde transparente	Arredondada	Vítreo
<b>Ilmenita</b>	Preta	Arredondada	Metálico
<b>Biotita</b>	Esverdeado	Laminar	Submetálico

**Tabela5.1-2.** Minerais pesados.





**Figura 5.1-6.** Minerais pesados A – Turmalina verde-claro; B – Granada amarela; C – Granada vermelha; D - Zircão verde; E – Ilmenita; F – Biotita.

As composições químicas obtidas através da utilização do EDS são compatíveis com os resultados das análises utilizando a lupa e o MEV como consta nos apêndices.

## 5.2 PERFIS DE SOLOS E AS ESTRUTURAS ASSOCIADAS

O perfil 1 é um CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico petroplíntico (Figura 5.2-1), está localizado em encosta de tabuleiro e apresenta sequência de horizontes A, Bix/fragipã em degradação?, 2C<sub>1</sub>, 2C<sub>2</sub>, 2C<sub>3</sub> e 2C<sub>4</sub>.



**Figura 5.2 -1.** CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico petroplíntico.

A descrição detalhada do perfil 1 pode ser observada a seguir. É importante destacar que o horizonte Bix do referido perfil foi nomeado por Nunes (2011), contudo alguns pesquisadores entenderam horizontes com as mesmas características no Litoral Norte da Bahia como fragipãs em degradação, por causa da posição onde ocorrem na paisagem e porque apresentam evidências que estão se degradando.

#### **PERFIL 1**

**CLASSIFICAÇÃO** – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico petroplíntico, textura média, A moderado, fase Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas, relevo ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E COORDENADAS – Fazenda Rio Negro, Entre Rios, Bahia, latitude 11°59'28"S e longitude 38°06'06"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Terço superior de vertente (backslope), 12% de declividade, sob Floresta Estacional Semidecidual Secundária.

ALTITUDE – 158 metros.

LITOLOGIA – Diamictitos ferruginosos e sedimentos arenosos.

GEOLOGIA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Tércio-quadernário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto de alteração de diamictitos ferruginosos e sedimentos arenosos.

PEDREGOSIDADE – Pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

EROSÃO – Laminar ligeira.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas.

USO ATUAL - Floresta Estacional Semidecidual secundária.

CLIMA – Koppen - As; Thornthwaite e Mather - B1rA'a' (úmido).

DESCRITO e COLETADO POR – Fábio Carvalho Nunes.

A 0-10 cm, vermelho (2,5YR 4/8, úmido); franco-argiloarenosa; fraca pequena blocos subangulares com forte arredondamento e grãos simples; macia e solta, friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

Bix 10-52 cm, vermelho (2,5YR 4/8, úmido); franco-argiloarenosa; fraca pequena blocos subangulares e setores moderadamente coesos, que se quebram em fragmentos angulosos com faces sedosas; macia e dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e abrupta.

2C<sub>1</sub>52-96 cm, vermelho-claro (2,5YR 6/8, úmido); areia; grãos simples e fraca pequena blocos subangulares; solta e macia, solta e friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e abrupta.

2C<sub>2</sub>96-145 cm, amarelo-avermelhado (5YR 7/6, úmido), mancha abundante média distinta amarela (10YR 7/6 e 10YR 7/8, úmido), amarela-avermelhada (7,5YR 6/8, úmido) e bruna-muito-clara-acinzentada (10YR 8/3, úmido); areia; grãos simples; solta, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

2C<sub>3</sub>145-198 cm, amarelo (10YR 7/8, úmido), mancha média comum distinta bruna-muito-clara (10YR 3/3, úmido) e bruna-escura (10YR 6/3, úmido); areia; grãos simples; solta, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

2C<sub>4</sub>198-220 cm+, amarelo (10YR 8/6, úmido) e bruno-claro-acinzentado (10YR 3/3, úmido); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa.

#### RAÍZES:

- Abundantes, finas, nos horizontes A e Bix, comuns no horizonte 2C<sub>2</sub> e poucas no horizonte C<sub>1</sub>.

#### OBSERVAÇÕES:

- O horizonte A apresenta litorrelíquias ferruginosas pequenas, de cor vermelho (2,5YR 4/8) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8). Nota-se no horizonte A pequenas crotovinas.

- No horizonte Bix aparecem alguns fragmentos de quartzo (0,5 a 1cm) arredondados, litorrelíquias ferruginosas pequenas (2 a 3mm) e grandes (5 a 10cm) alterando-se em materiais avermelhados e amarelados e alguns elementos coesos, que quando quebrados apresentam aspectos semelhantes às litorrelíquias. Neste horizonte nota-se pequenas crotovinas de 2 a 4cm.

- O horizonte C<sub>1</sub> apresenta uma linha de pedra pouco compacta, constituída por fragmentos de quartzo mal selecionados, subarredondados, de tamanhos diversos (0,5 a 4 cm), a maioria bastante alterados, que liberam um material arenoso esbranquiçado e alguns fragmentos de elementos ferruginosos. As pedras mais preservadas apresentam núcleo esbranquiçado, constituído de grãos grosseiros de quartzo e as pedras em maior estágio de degradação possuem núcleo amarelo (10YR6/8, seco) gradando externamente para amarelo-brunado (10YR 7/8, seco) e vermelho (10R 4/6, seco); estão também sendo envolvidas por materiais ferruginosos que percolam pelas fraturas e porosidade intergrãos.

- O horizonte C<sub>2</sub> apresenta algumas litorrelíquias ferruginosas irregulares de coloração avermelhada (10YR 7/6, úmido). As manchas são provenientes da alteração dos sedimentos.

O perfil 1 está localizado no terço superior da vertente, em um relevo ondulado com declividade correspondente a 12%, bem drenado com predominância de uma erosão laminar ligeira. Os horizontes superficiais são arenosos, com pequenos blocos subangulares com forte arredondamento e grãos simples e não pegajoso. As análises realizadas por Nunes (2011) revelam que o perfil 1 é um solo ácido, distrófico e com baixa capacidade de troca de cátions(Tabela 5.1-3).

O horizonte Bix/fragipã em degradação? quando seco é duro, possui resistência à penetração do martelo pedológico e da faca e quando úmido é friável.



## Caracterização física do solo.

Horiz	Prof. (cm)	Composição granulométrica em g/kg				Argila dispersa g/kg	Floculação g/100g	%Silte %Argila	Densidade g/cm <sup>3</sup>		Porosidade Natural dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>
		AG	AF	S	A				Real	Aparente	
<b>P1 -CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico petroplíntico</b>											
A	0-10	360	320	70	250	170	32	0,28	2,60	1,38	0,47
Bix	10-52	340	270	80	310	210	35	0,25	2,62	1,40	0,47
2C <sub>1</sub>	52-96	550	340	40	70	0	100	0,57	2,90	1,78	0,39
2C <sub>2</sub>	96-145	670	220	30	80	0	100	0,37	2,93	1,82	0,38
2C <sub>3</sub>	145-198	570	340	20	70	0	100	0,28	2,90	1,88	0,35
2C <sub>4</sub>	198-220+	700	220	20	60	0	100	0,33	2,90	1,85	0,37

## Caracterização química do solo.

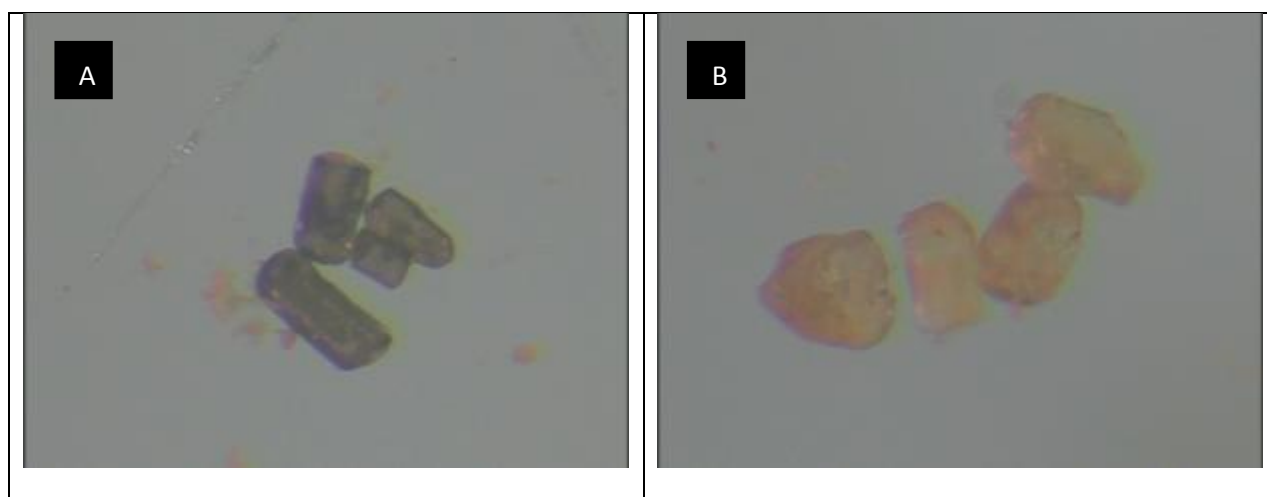
Horiz	Prof. (cm)	pH		Complexo sortivo (cmol <sub>e</sub> /kg)								V %	m %	C g/kg	M.O. g/kg	N g/kg	C/N
		H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T						
<b>P1 -CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico petroplíntico</b>																	
A	0-10	5,2	4,8	0,6	0,4	0,04	0,02	1,06	0,7	2,3	4,6	26	40	9,7	16,72	0,8	12
Bix	10-52	5,0	4,7	0,2	0,1	0,02	0,01	0,33	0,9	1,4	2,63	13	73	6,8	11,72	0,6	11
2CB	52-96	4,6	4,2	0,5	0	0,01	0,01	0,52	0,4	0,8	1,72	30	43	1,1	1,89	0,1	11
2C <sub>1</sub>	96-145	4,7	4,3	0,5	0	0,01	0,01	0,52	0,2	0,8	1,52	34	28	3	5,17	0,3	10
2C <sub>2</sub>	145-198	4,7	4,2	0,3	0,1	0,01	0,02	0,43	0,2	1,1	1,73	25	32	0,6	1,03	0,1	6
2C <sub>3</sub>	198-220+	5,2	4,8	0,2	0,2	0,03	0,04	0,47	0,2	0,8	1,47	32	30	0,5	0,86	0,1	5

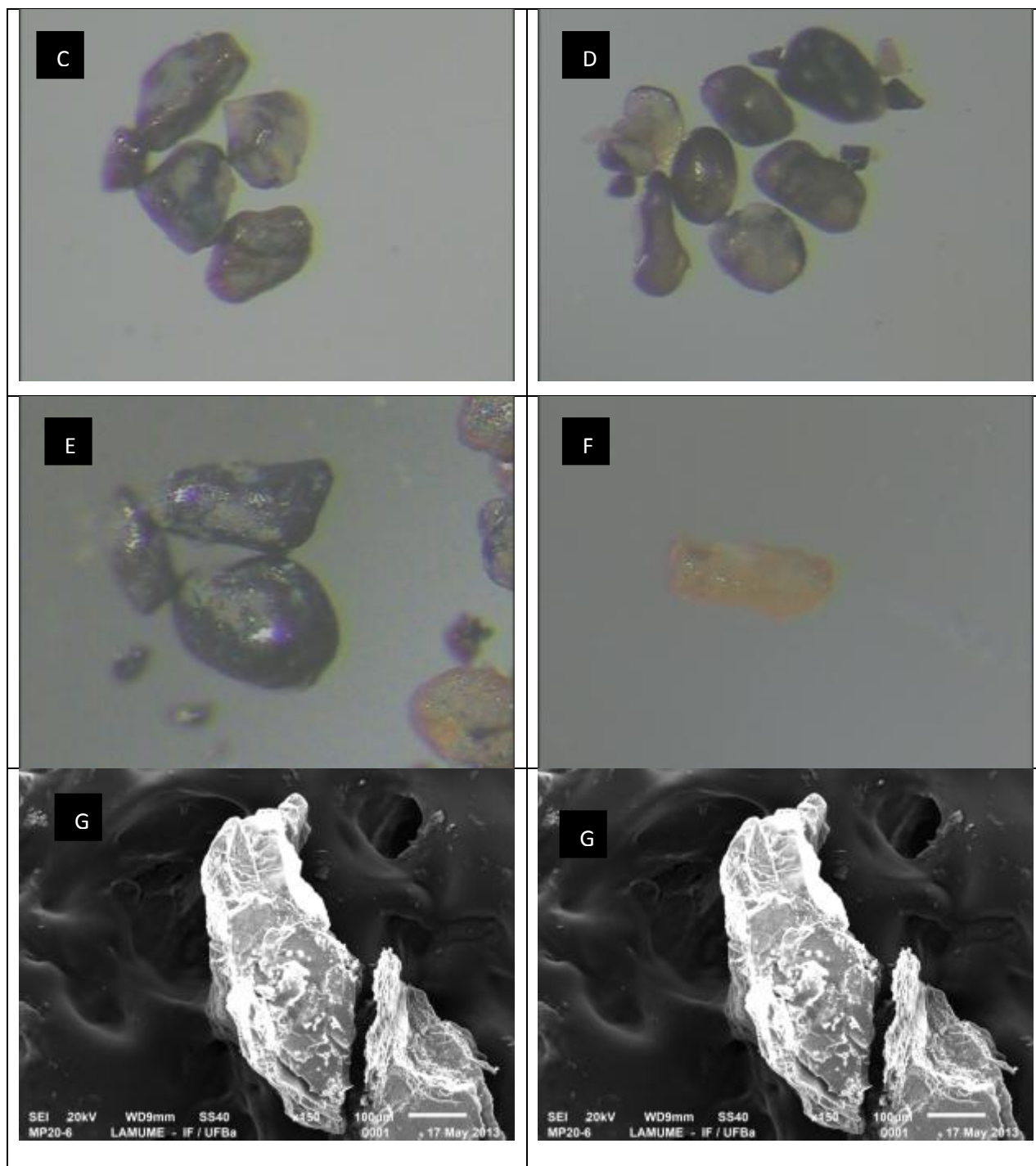
Tabela 5.1-3. Caracterização física e química do solo

Os minerais pesados presentes nos CAMBISSOLOS HÁPLICO Tb Distrófico petroplíntico são turmalina verde-claro, granada amarelada e avermelhada, zircão esverdeado e a ilmenita, aparecendo também titanita e a biotita, conforme o quadro abaixo. As composições químicas obtidas através da utilização do EDS são compatíveis com os resultados das análises utilizando a lupa e o MEV como consta nos apêndices.

Horizonte	Profundidade (cm)	Minerais pesados
<b>P1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico petroplíntico</b>		
<b>A</b>	(0-10)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita.
<b>Bix/fragipã?</b>	(10-52)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita.
<b>2C<sub>1</sub></b>	(52-96)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita, titanita.
<b>2C<sub>2</sub></b>	(96 - 145)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita, biotita.
<b>2C<sub>3</sub></b>	(145 - 198)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita.
<b>2C<sub>4</sub></b>	(198 – 220cm+)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita.

**Quadro 5.2-1.** Minerais pesados por horizonte.





**Figura 5.2-2.** Minerais pesados P1 A – Turmalina; B – Granada amarela; C – Granada vermelha; D - Zircão; E – Ilmenita; F – Titanita; G – Biotita.

O perfil 10 é um CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico está localizado na ombreira e apresenta sequência de horizontes A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, Bix, C<sub>1</sub> (fragipã em degradação?), 2C<sub>2</sub> (fragipã em degradação?) (Quadro 5.2-2). A descrição detalhada do perfil 10 pode ser observada abaixo.

É importante destacar que os horizontes C<sub>1</sub> e 2C<sub>2</sub> foram nomeados por Nunes (2011), contudo alguns pesquisadores entenderam esses horizontes como fragipãs em degradação, por causa da posição onde ocorrem na paisagem e porque apresentam evidências de degradação.



**Figura 5.2-3.** CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico.

### **PERFIL 10**

**CLASSIFICAÇÃO** – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, textura média, A moderado, fase Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas, relevo ondulado.

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E COORDENADAS** – Fazenda Rio Negro, Entre Rios, Bahia, latitude 11°59'28"S e longitude 38°06'06"W.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Terço superior de encosta, 12% de declividade, sob Floresta Estacional Semidecidual Secundária.

**ALTITUDE** – 150 metros.

LITOLOGIA – Arenito.

GEOLOGIA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Tércio-quadernário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto de alteração de arenito lamoso conglomerático maciço e arenito lamoso.

PEDREGOSIDADE – Pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

EROSÃO – Laminar ligeira.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas.

USO ATUAL - Floresta Estacional Semidecidual secundária.

CLIMA – Koppen - As; Thornthwaite e Mather - B1rA'a' (úmido).

DESCRITO e COLETADO POR – Fábio Carvalho Nunes.

A<sub>1</sub> 0-15 cm, bruno-escuro (10YR 4/3, úmido); franco-argiloarenosa; fraca pequena e muito pequena blocos subangulares; macia, friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

A<sub>2</sub> 15-30 cm, bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); argiloarenosa; fraca pequena blocos subangulares; macia, friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

B<sub>ix</sub>30-55 cm, amarelo-avermelhado (5YR 6/6, úmido) e setores bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido), vermelho muito escuro-acinzentado (2,5 YR 2,5/2, úmido), rosado (7YR 8/4, úmido) e bruno muito claro-acinzentado (10YR 8/4, úmido); argilosa; moderadamente coesa e fraca pequena blocos subangulares; dura e macia, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

C<sub>1</sub>55-120 cm, variegado: amarelo-avermelhado (5YR 6/6, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido), rosado (7YR 8/4, úmido), bruno muito claro-acinzentado (10YR 8/4, úmido), vermelho-claro (2,5YR 6/8, úmido), amarelo-brunado (10YR 6/8, úmido), amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8, úmido); argiloarenosa; maciço poroso, que se

quebra em fragmentos angulares e subangulares, dura e macia, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição gradual e irregular.

2C<sub>2</sub>120-205 cm+, amarelo-avermelhado (5YR 7/6, úmido), mancha abundante média distinta amarela (10YR 7/6 e 10YR 7/8, úmido), amarela-avermelhada (7,5YR 6/8, úmido) e bruna-muito-clara-acinzentada (10YR 8/3, úmido); argiloarenosa; maciço poroso, que se quebra em fragmentos angulares e subangulares, dura e macia, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa.

#### RAÍZES:

- Abundantes, finas e médias nos horizontes A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>, poucas e grandes no horizonte A<sub>1</sub>.

#### OBSERVAÇÕES:

- No horizonte A<sub>1</sub> os nódulos ferruginosos são muito frequentes, extremamente duros, vermelho-escuro (2,5 YR 5/8) grandes e pequenos, alguns apresentando sinais de degradação.

- Nos horizontes A<sub>1</sub> e B<sub>1</sub> os nódulos ferruginosos são muito poucos. Nesses horizontes aparecem volumes maciços (apedais) duros quando seco e friáveis quando úmidos, representam aproximadamente 10% do volume dos horizontes.

muito claro-acinzentado (10YR 8/4), amarelo-brunado (10YR 6/8), amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8),

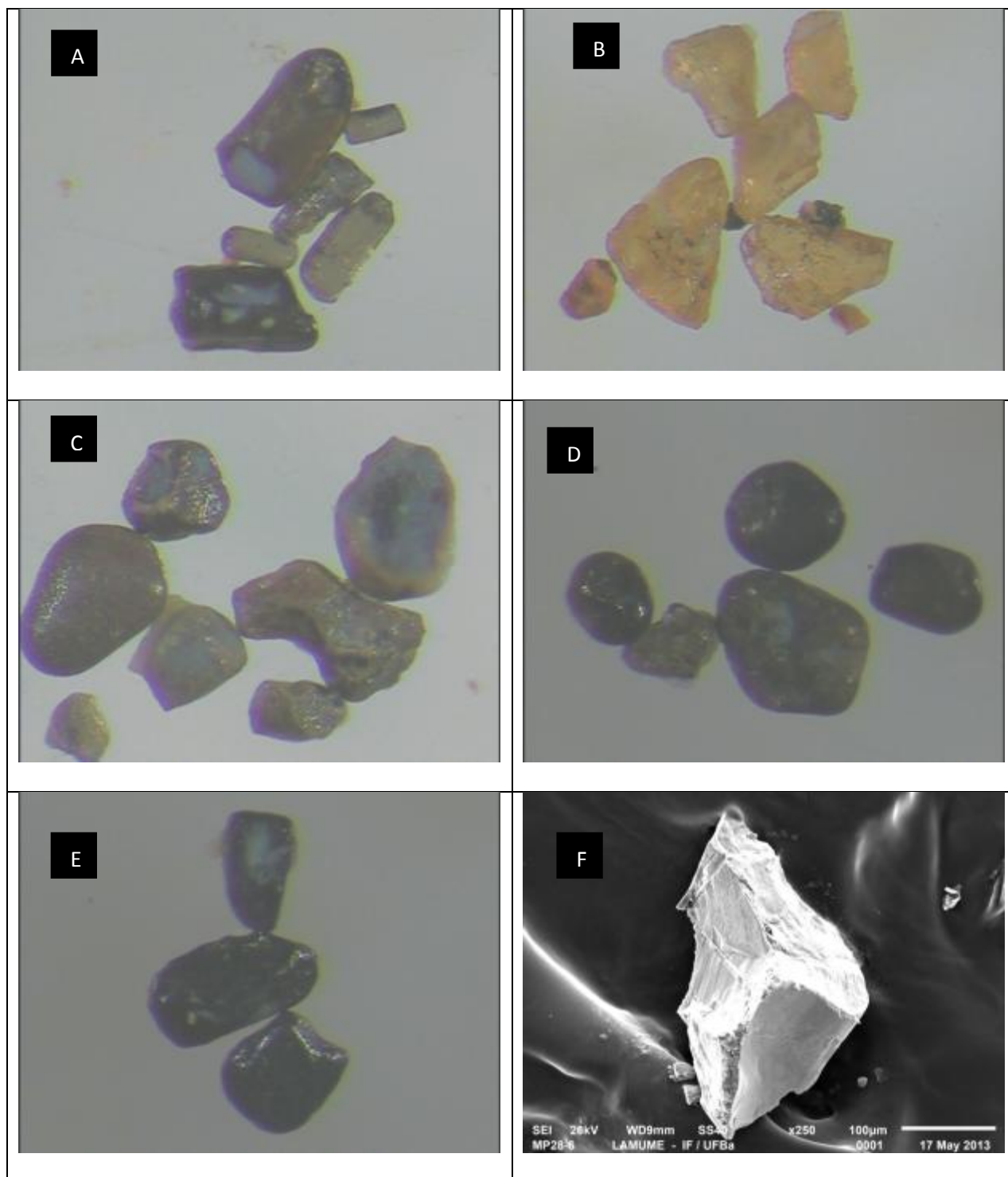
O perfil 10 está localizado em vertente de tabuleiro é um perfil bem drenado, apresentando erosão laminar ligeira. Trata-se de um solo moderadamente ácido, distrófico e com baixa capacidade de troca de cátions. Os horizontes C<sub>1</sub> e 2C<sub>2</sub> (fragipãs?) apresentam resistência a penetração do martelo pedológico, da faca e do trado, possuem uma consistência dura e um aspecto sedoso nos horizontes mais lamosos e subsuperficiais.

Os minerais pesados presentes no CAMBISSOLOS HÁPLICO Tb Distrófico são turmalina verde-claro, granada amarelada e avermelhada, zircão esverdeado e a ilmenita, aparecendo biotita no horizonte C<sub>1</sub> (fragipã em degradação?). As composições químicas obtidas através da utilização do EDS são compatíveis com os resultados das análises utilizando a lupa e o MEV.

**Quadro 5.2-1.** Minerais pesados por horizonte.

Horizonte	Profundidade (cm)	Minerais pesados
P10 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico		
<b>A<sub>1</sub></b>	(0 - 20)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita.
<b>A<sub>2</sub></b>	(20 - 40)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita.
<b>B<sub>ix</sub></b>	(40 - 63)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita.
<b>C<sub>1</sub>(fragipã?)</b>	(63 - 86)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita, biotita.
<b>2C<sub>2</sub>(fragipã?)</b>	(86 – 120cm+)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita.

**Quadro 5.2-2.** Minerais pesados por horizonte.



**Figura 5.2-4.** Minerais pesados A – Turmalina; B – Granada amarela; C – Granada vermelha; D - Zircão; E – Ilmenita; F – Biotita

O perfil 12 é um ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico, está localizado em topo plano de tabuleiro e apresenta sequência de horizontes  $Ap_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $ABx$ ,  $Btx_1$ ,  $Btx_2$ ,  $BC$  ou fragipã?,  $C_1$  ou fragipã? e  $C_2$  ou fragipã? A descrição detalhada do perfil 12 pode ser observada a seguir.





**Figura 5.2-5** ARGISSOLO AMARELO Distrocoesoso típico.

#### **PERFIL P12**

**CLASSIFICAÇÃO** – ARGISSOLO AMARELO Distrocoesoso típico, textura arenosa/média, A moderado, fase Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas, relevo plano.

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E COORDENADAS** – Fazenda Rio Negro, Entre Rios, Bahia, latitude 11°59'22"S e longitude 38°06'02"W.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Topo do relevo, menos de 1% de declividade, sob Floresta de Eucalipto.

**ALTITUDE** – 180 metros.

**LITOLOGIA** – Sedimentos areno-argilosos.

**GEOLOGIA** – Grupo Barreiras.

**CRONOLOGIA** – Tércio-quadernário.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Produto de alteração de sedimentos areno-lamosos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

EROSÃO – Laminar ligeira.

DRENAGEM – bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas.

USO ATUAL - Floresta de Eucalipto.

CLIMA – Koppen - As; Thornthwaite e Mather - B1rA'a' (úmido).

DESCRITO e COLETADO POR – Fábio Carvalho Nunes.

Ap<sub>1</sub> 0-8cm, bruno (10YR 5/3, úmido); areia; grãos simples e fraca pequena blocos subangulares; solta e macia, solta e friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

A<sub>2</sub> 8-24cm, bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, úmido); areia; fraca pequena blocos subangulares; macia, friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

A<sub>3</sub> 24-46cm, amarelo (10YR 7/6, úmido); areia-franca; fraca pequena blocos subangulares; macia, friável, não plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

ABx 46-67cm, amarelo (10YR 8/6, úmido); franco-arenosa; maciça porosa e fraca pequena blocos subangulares; ligeiramente dura e macia, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Btx<sub>1</sub> 67-128cm, amarelo (10YR 8/6, úmido); franco-argiloarenosa; moderadamente coesa; dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Btx<sub>2</sub> 128-165cm, amarelo-avermelhado (7.5YR 7/6, úmido); franco-argiloarenosa; moderadamente coesa e maciça porosa; dura e ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

BC 165-210cm, amarelo-avermelhado (7.5YR 7/6, úmido); franco-argiloarenosa; maciça porosa e forte pequena granular; ligeiramente dura e macia, friável e muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

C<sub>1</sub> 210-245cm, amarelo-avermelhado (7.5YR 7/6, úmido); franco-argiloarenosa; maciça porosa e forte pequena granular; ligeiramente dura e macia, friável e muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

C<sub>2</sub> 245-300cm+, amarelo-avermelhado (7.5YR 7/6, úmido); franco-argiloarenosa; maciça porosa e forte pequena granular; ligeiramente dura e macia, friável e muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa.

O perfil 12 está sob uma plantação de eucalipto, é um perfil bem drenado de textura arenosa/média, sem pedregosidade, apresentando erosão laminar ligeira. Os horizontes superficiais são arenosos, com pequenos blocos subangulares e não pegajoso. As análises morfológicas e mineralógicas realizadas por Nunes (2011) permitem inferir que o perfil 12 possui características físicas e químicas similares aos perfis 1 e 10, ou seja, é um solo ácido, distrófico e com baixa capacidade de troca de cátions.

Os horizontes Btx1 e Btx2 são moderadamente coesos, os horizontes C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub> (fragipã?) quando secos são duros, possuem resistência à penetração do martelo pedológico e da faca e quando úmidos são friáveis.

Os minerais pesados presentes no ARGISSOLO AMARELO Distrocóeso típico são comumente a turmalina verde-claro, granada amarelada e avermelhada, zircão esverdeado e a ilmenita, aparecendo a biotita e o berilo. As composições químicas obtidas através da utilização do EDS são compatíveis com os resultados das análises utilizando a lupa e o MEV.

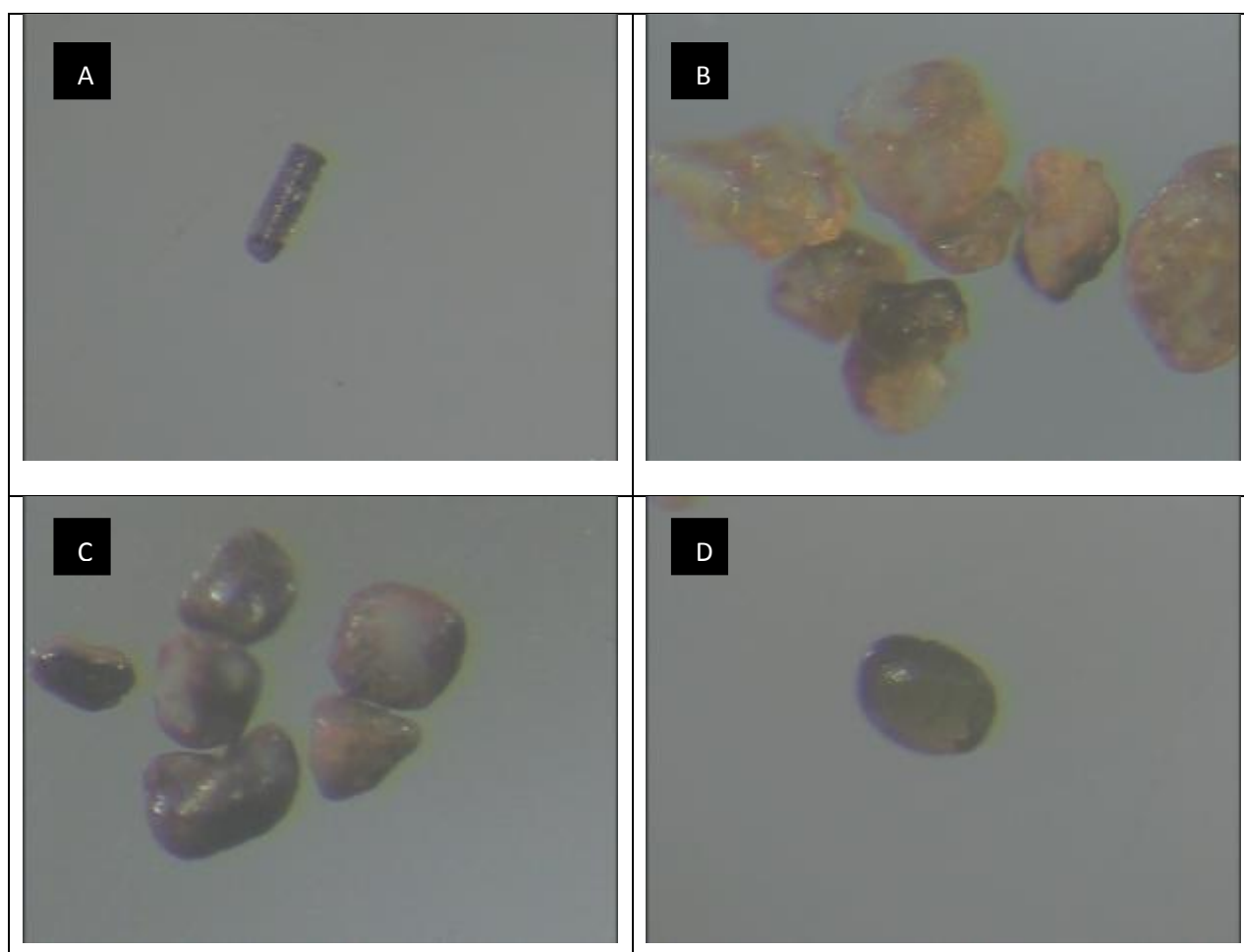
Caracterização física do solo.

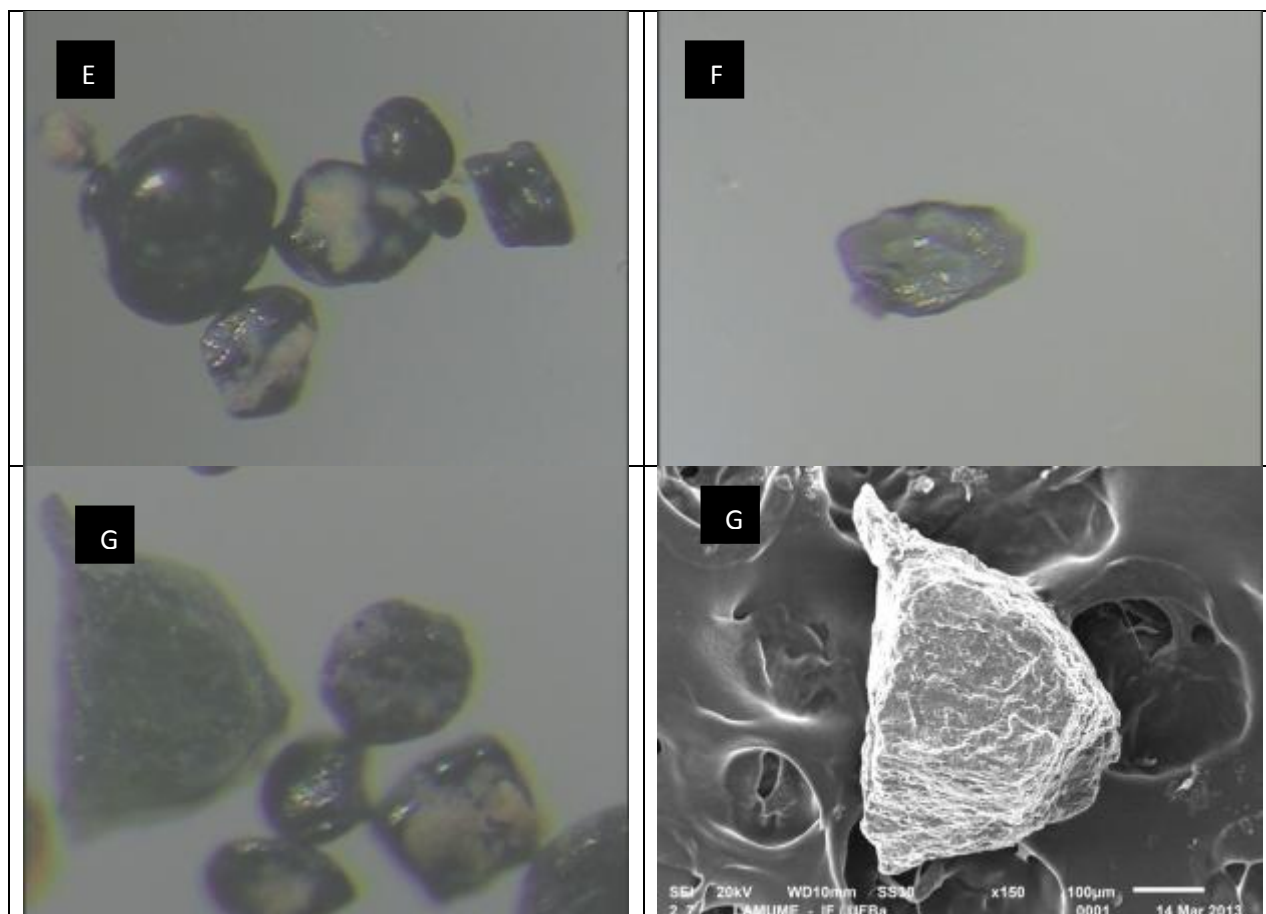
Horiz	Prof. (cm)	Composição granulométrica em g/kg				Argila dispersa g/kg	Floculação g/100g	%Silte %Argila	Densidade		Porosidade Natural dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>
		AG	AF	S	A				Real	Aparente	
<b>P12 - ARGISSOLO AMARELO Distrocioso típico</b>											
Ap <sub>1</sub>	0-8	500	310	80	110	40	96	0,7	-	-	-
A <sub>2</sub>	8-24	530	280	90	100	60	94	0,9	-	-	-
A <sub>3</sub>	24-46	380	330	40	250	180	82	0,16	-	-	-
ABx	46-67	340	280	40	340	160	84	0,11	-	-	-
Btx <sub>1</sub>	67-128	330	260	30	380	0	100	0,07	-	-	-
Btx <sub>2</sub>	128-165	410	250	20	320	0	100	0,06	-	-	-
BC	165-210	390	240	60	310	0	100	0,19	-	-	-
CB	210-245	320	290	90	300	0	100	0,3	-	-	-
C	245-300+	360	240	40	360	0	100	0,11	-	-	-

**Tabela 5.1-4.** Caracterização física e química do solo

Horizonte	Profundidade (cm)	Minerais pesados
<b>P12 – ARGISSOLO AMARELO Distrocoesio típico</b>		
<b>Ap1</b>	(0 – 8)	Turmalina, granada vermelha, zircão, ilmenita
<b>A2</b>	(8 – 24)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita, biotita.
<b>A3</b>	(24– 46)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita, berilo.
<b>ABx</b>	(46– 67)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita, biotita.
<b>Btx1</b>	(67– 128)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita.
<b>Btx2</b>	(128 – 165)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita, berilo.
<b>BC</b>	(165 – 210)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita, biotita.
<b>C1</b>	(210 – 245)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita, berilo.
<b>C2</b>	(245 – 300cm+)	Turmalina, granada vermelha, granada amarela, zircão, ilmenita.

**Quadro 5.2-3.** Minerais pesados por horizonte.





**Figura 5.2-6.** Minerais pesados P12 (A3) A – Turmalina; B – Granada vermelha; C – Zircão; D – Zircão; E – Ilmenita; F – Berilo; G – Biotita.

### 5.3 DISCUSSÃO

O estudo da assembléia de minerais pesados tem sido utilizado para análise da alteração geoquímica (SANTOS; GASPARETTO, 2008), contudo inexistem trabalhos para identificar e entender fragipãs e duripãs presentes em solos dos Tabuleiros Costeiros. O presente trabalho mostra a importância de estudos dessa natureza no referido ambiente, uma vez que estruturas sedimentares são comumente confundidas com pedogenéticas (FORTUNATO, 2004; NUNES, 2011; NUNES *et al.*, 2013).

As análises realizadas mostram que os solos estudados são constituídos de turmalina verde claro, granada amarela e vermelha, zircão, titanita, ilmenita,

berilo e biotita esverdeada. No horizonte Bix/fragipã? do Perfil 1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico petroplúntico – foram encontrados dois minerais pesados metaestáveis, a turmalina e o zircão (SUGUIO, 2003), um mineral estável, a ilmenita (KAMPF; CURI; MARQUES, 2009), e um instável, a granada (SUGUIO, 2003; SANTOS; GASPARETTO, 2008).

A granada é um nesossilicato e, por conseguinte, possui menor razão Si/O quando comparado com outros grupos de minerais silicatados. Como a estabilidade dos minerais silicatados cresce com o aumento do compartilhamento do oxigênio entre os tetraedros (KAMPF; CURI; MARQUES, 2009), ou seja, com o incremento de ligações covalentes, a granada é menos resistente ao intemperismo porque possui menor razão Si/O. Contudo, no presente trabalho esse mineral não foi utilizado como evidência para responder a principal questão que norteou a pesquisa, pois o mesmo está presente em todos os horizontes, inclusive os superficiais.

No horizonte C<sub>1</sub>/fragipã? do Perfil 10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico - foram encontrados dois minerais pesados metaestáveis (turmalina e zircão), um mineral estável (ilmenita) e um instável (biotita) (SUGUIO, 2003; KAMPF; CURI; MARQUES, 2009). A biotita é um filossilicato, grupo das micas, que se altera facilmente (ADDAD, 2001).

A maioria dos filossilicatos apresenta taxas semelhantes de intemperização, contudo a biotita e o talco são os mais susceptíveis (KAMPF; CURI; MARQUES, 2009). A biotita é facilmente alterada pelo intemperismo químico, dando origem a argilominerais que normalmente adquirem coloração específica, variando de tons vermelho e amarelo, devido à presença de quantidades variáveis de ferro e ao estado de oxidação (ADDAD, 2001).

A biotita não é comum em solos mais intemperizados, contudo quando presente normalmente se restringe a horizontes subsuperficiais e saprólitos (KAMPF; CURI; MARQUES, 2009). A presença da biotita no horizonte C<sub>1</sub>/fragipã? do Perfil 10 é uma evidência de que se trata realmente de um horizonte C, conforme descrito e defendido por Nunes (2011).

No horizonte BC/fragipã? do Perfil 12 - ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico – foram encontrados dois minerais pesados metaestáveis (turmalina e zircão), um mineral estável (ilmenita) e um instável (biotita), o que também evidencia a aproximação com o material de origem.

A biotita também foi identificada nos horizontes A<sub>2</sub> e ABx do Perfil 12, o que causou estranheza pois são horizontes superficiais de um Argissolo Amarelo com textura arenosa e franco-arenosa, respectivamente. A literatura pertinente sobre o assunto informa que a biotita é muito instável e enfatiza que quando presente em solos intemperizados se restringe a horizontes subsuperficiais e saprólitos (KAMPF; CURI; MARQUES, 2009).

Além disso, estudos experimentais mostram que a taxa de dissolução da mica por indução biológica pode ser mais rápida que a taxa de dissolução abiótica (KAMPF; CURI; MARQUES, 2009), o que endossa a surpresa de encontrar biotita em horizontes superficiais.

Para finalizar, é importante enfatizar que os minerais pesados presentes nos horizontes dos solos estudados são praticamente os mesmos observados em diferentes fácies do Grupo Barreiras na área de estudo, o que indica um elo mineralógico. Os “pãs” estudados se assemelham morfológica, física, química e mineralogicamente com os arenitos lamosos maciços, o que conduz a interpretá-los na área de estudo como estruturas sedimentares.



## **CAPÍTULO 6**

Aos verdadeiros vencedores é ter ao final a honra da saborosa vitória, lutei, aprendi e conquistei, todo meu esforço foi válido para alcançá-la.

### **6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As análises dos minerais pesados nas estruturas associadas classificadas como fragipãs sugerem que não são de origem pedogenética e sim sedimentar, pois foram identificados minerais pesados instáveis como a biotita, não resistentes ao intemperismo e a processos pedogenéticos agressivos relacionados à hidromorfia temporária.

As análises dos minerais encontrados comprovam a predominância de turmalina, granada amarela, granada vermelha, zircão e ilmenita em todos os perfis de solos, nos materiais de origem e nas estruturas associadas, no entanto existem exceções como é o caso da titanita, biotita e o berilo.

A titanita foi encontrada no conglomerado maciço sustentado por lama e no horizonte 2C<sub>1</sub> do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico petroplíntico, o berilo no horizonte A3, Btx2, C1 do ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico

e a biotita no conglomerado maciço sustentado por lama, arenito lamoso maciço, no horizonte C1 do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico petroplíntico, no horizonte C<sub>1(fragipã?)</sub> do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico e nos horizontes A<sub>2</sub>, ABx e BC do ARGISSOLO AMARELO Distrocoesó típico.

Para finalizar, é importante informar que a pedogênese não provocou alterações significativas nos minerais pesados, ou seja, o tipo, o arredondamento e a esfericidade continuam semelhantes aos observados nos materiais de origem.

## REFERÊNCIAS

- AB`SABER, A. N. A Geomorfologia do Brasil. **Notícia geomorfológica**. Universidade de Campinas – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras – Departamento de Geografia. São Paulo, nº 2, agosto de 1958.
- ADDAD, J. E. **Minerais pesados: uma ferramenta para prospecção, proveniência, paleogeografia e análise ambiental**. São Paulo: edição independente, 2001.
- ALVES; J. M. B. **Um vórtice ciclônico de altos níveis sobre o Nordeste do Brasile Atlântico adjacente no verão de 1999**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.16, n.1,115-122,2001.
- ARAI, M. A Grande Elevação Eustática do Mioceno e Sua Influência na Origem do Grupo Barreiras. **Geol. USP Sér. Cient.**, São Paulo, v.6, n2, p. 1-6, 2006.
- BARROS, C. E. de. **Geoquímica de minerais pesados detríticos: sua aplicação no estudo da proveniência das areias de praias do litoral norte e médio do Rio Grande do Sul**. Tese de doutorado. Porto: IGEO- UFRGS, 2006. 115 p.
- BEZERRA, M. S.; NESI, J. R. **Berilo**. Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro, Dezembro, 2008.
- BIGARELLA, J. J; ANDRADE, G. O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). **Arquivos UR. ICT**, [S.l.], n.2, p. 1-14, 1964.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Folha SD 24 Salvador**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, v. 24, 1981. 624p.

\_\_\_\_\_. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Folha SC 24/25 Aracaju/Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra.** Rio de Janeiro, 1983. 856p.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Planejamento, Orçamento e Coordenação. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro. 1992. 92 p.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. Zona de convergência do Atlântico Sul. **In:** Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia.** Goiânia: Editora da UFG, 1994.

CAVALCANTI, I. F. A; KOUSKY, V. E. Frentes frias sobre o Brasil. **In:** Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente;** coordenação Sueli Angelo Furlan, Francisco Scalarto. São Paulo: Atual, 1998.

COPENER. **Levantamento semi-detalhado do Projeto Rio Negro, município de Entre Rios, Bahia.** Alagoinhas-Ba, Copener Florestal Ltda (Mapa de solos. Escala 1:10.000), 1987.

COSTA JÚNIOR, M. P. **Interações morfo-pedogenéticas nos sedimentos do Grupo Barreiras e nos leques aluviais pleistocênicos no Litoral Norte da Bahia – município de Conde.** 2008. (Tese de Doutorado).

COUTINHO, J. M. V.; COIMBRA, A. M. Os pesados do Barreiras na costa oriental brasileira: estudo de áreas fonte. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Geologia.** USP. Porto Alegre, v 5, outubro de 1974.

DANTAS, M. E.; MEDINA, A. I. de M.; SHINZATO, E. **Geomorfologia da Costa do Descobrimento Extremo Sul da Bahia: municípios de Porto**

**Seguro e Santa Cruz Cabrália.** Augustus, Rio de Janeiro, v. 7, n. 14, p. 41-47, jan./jun. 2002.

DRESCH, J. Os problemas morfológicos do Nordeste Brasileiro. **Notícia geomorfológica.** Universidade de Campinas – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras – Departamento de Geografia. São Paulo, n° 2, agosto de 1958.

DIAS, J. A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos.** Universidade do Algarve, 2004.

DIAS, M. A. F. S.; SILVA, M. G. A. J. Para entender tempo e clima. **In:** Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

DOMINGUEZ, J. M. L. (org). **Projeto Costa do Descobrimento: avaliação da potencialidade mineral e de subsídios ambientais para o desenvolvimento sustentado dos municípios de Belmonte, Santa Cruz Cabrália, Porto Seguro e Prado.** Salvador: CBPM, 2000. (CD-ROM).

FERREIRA, G. A.; MELLO, N. G. S. **Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região.** Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 1, No 1. 2005.

FERREIRA, N. J.; RAMÍREZ, M. V.; GAN M. A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil. **In:** Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

FORTUNATO, F. F. **Sistemas pedológicos nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte do estado da Bahia: uma evolução controlada por duricrostas preexistentes, neotectônica e mudanças paleoclimáticas do**

**Quaternário.** Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia (Tese de Doutorado), 2004. 366p.

GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. Caracterização faciológica e interpretação ambiental dos sedimentos Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. **In:** XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1980, Camburiú. *Anais...* Camburiú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980.p. 766-771, v. 2.

HANKIN, R. **Gemas, cristais, minerais.** Lisboa/Portugal. Ed. Edições 70. 1998.

IBGE. **Glossário geológico.** Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 1999, 214 p.

IBGM. **Manual Técnico de Gemas .** DNPM. – 4. ed. rev. e atual. Brasília, 2009. 220 p.

KAMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J.J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. **In:** Química e mineralogia do solo, parte I. SBCS, Viçosa, 2009. 695p.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia.** Rio de Janeiro, 18:2, p. 3-121. 1956.

LAMARÃO, C. N. ; DALL´AGNOL, R. Química mineral de anfibólios e biotitas e condições de cristalização de granitóides paleoproterozóicos da região de vila riozinho, província aurífera do tapajós, cráton amazônico. **Revista Brasileira de Geociências.** 34(1):95-108, março de 2004.

LAMUS OCHOA, F. **Análise de minerais pesados aplicada ao mapeamento geológico na Bacia Paraíba.** Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (Dissertação de Mestrado), 2010. 186 p.

- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. do. **Geologia Geral**. São Paulo. 1966.
- LEITE, L. W. Geomorfologia dos Tabuleiros Costeiros de Sergipe. **Anais do XXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Geologia**. Aracaju – SE, 1973.
- LIMA, P. C. de; CURI, N.; LEPSCH, I. F. **Terminologia de micromorfologia do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1985.
- LIMA, C. C. U. O neotectonismo na costa do Sudeste e do Nordeste brasileiro. **Revista de Ciências e Tecnologias**. V. 8. Universidade Metodista de Piracicaba, 2000.
- LIMA, J. G. da C.; SCHULZE, S. M. B. B.; RIBEIRO, M. R.; BARRETO, S. de B. **Mineralogia de um Argissolo vermelho amarelo da zona úmida costeira do estado de Pernambuco**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:881-892, 2008.
- MABESSOONE, J. M.; CAMPOS E SILVA, A.; BEURLIN, K. **Estratigrafia e Origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte**. Revista Brasileira de Geociências, v. 2, n. 3, p. 173-178, 1972.
- MACHADO, L. A. T.; FERREIRA, N. J.; LAURENT, H.; DIEDHIU, A. Distúrbios ondulatórios de leste. **In: Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- MADUREIRA, J. B.; ATENCIO, D.; MCREATH, I. Minerais e rochas: constituintes da Terra sólida. **In: Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001.
- MATOSO, S. Q.; ROBERTSON, F. S. Uso geológico do termo “Barreiras”. **Boletim Técnico da Petrobrás**, 2 (3): 37 – 43, 1959.

MELO, A. B. C.; NOBRE, P.; MENDES, D.; BOTTINO, M. J. A zona de convergência intertropical sobre o Oceano Atlântico: climatologia. **In:** XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002.

MELO, A. B. C.; CALVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. **In:** Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MOTTI, C. P. **As glaciações quaternárias e suas repercussões nos litorais das regiões intertropicais (em particular do Oceano Atlântico)**. Salvador, Universidade Federal da Bahia, 1972a.

MOTTI, C. P. **A evolução geomorfológica da região do Salvador (Bahia)**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1972b

NIMER, E. Clima. **In:** Geografia do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria Técnica. Rio de Janeiro, SERGRAF – IBGE, 1977.

NUNES, F. C. **Contando histórias de Tabuleiros Costeiros: aproximações de sistemas pedológicos e geomorfológicos no Litoral Norte da Bahia**. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011a.

NUNES, F. C. (et all). Características, morfogênese e morfodinâmica dos Tabuleiros Costeiros e suas implicações nas coberturas pedológicas do Litoral Norte da Bahia. **XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Uberlândia, 2011b.

NUNES, F. C.; MOREIRA, G. S.; VILAS BOAS, G. S. da; SANTOS, F. F. N. dos; CALDERANO, S. B.; SILVA, E. F. da. Fragipãs e Duripãs: estruturas



pedogenéticas ou sedimentares? **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Florianópolis, 2013.

PARFENOFF, A.; POMEROL, C.; TOURENQ, J. **Les minéraux en grains méthodes d'étude et de détermination**. Paris: Masson & Cie, 1970.

PEREIRA, R. M.; ÁVILA, C. A.; LIMA, P. R. A. S. **Minerais em grãos: técnicas de coleta, preparação e identificação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

PEREIRA, R. M. **Fundamentos de prospecção mineral**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.

POLLI, G.O.; OLIVEIRA, E.F.; SABIONI, A.C.S. FERREIRA, A.C.M. ROESER, H.M.P. Análise da composição química em variedades de berilo, por ativação neutrônica instrumental (inaa). **Geochimica Brasiliensis**. 20(2)191-207, 2006a

POLLI, G.O.; SABIONI, A.C.S. FERREIRA, A.C.M.; DEREPPE, J.M.; ROESER, H.M.P. Comportamento físico-químico do berilo a altas temperaturas. **Revista Brasileira de Geociências**. 36 (4): 593-602, dezembro de 2006b.

PONTE, F.C. Estudo morfo-estrutural da bacia Alagoas – Sergipe. **Boletim Técnico da Petrobrás**. Rio de Janeiro, 12 (4): 439 – 474, out./dez.1969.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

REMUS, M. V. D.; SOUZA, R. S.; CUPERTINO, J. A.; ROS, L. F. de; DANI, N.; VIGNOL-LELARGE, M. L. Proveniência sedimentar: métodos e técnicas analíticas aplicadas. **Revista Brasileira de Geociências**. 38 (2 suplemento): 166-185, junho de 2008.

RIBEIRO, L. P. **Os latossolos amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação**. Salvador: Seplantec, CADCT, 1998.

ROSSETTI, D. de F. **Evolução sedimentar miocênica nos estados do Pará e Maranhão.** Geol. USP, 2006, vol.6, n.2, p. 7-18

SALIM, J.; LIMA, M. S.; MABESOONE, J. M. Tentativa de subdivisão do Grupo Barreiras na região costeira de Natal, Rio Grande do Norte. **In:** VI SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, Alagoas, 1974, p. 13-18.

SALIM, J.; SOUZA, C. J.; MUNIZ, G. C. B.; LIMA, M. R. Novos subsídios para a elucidação do episódio "Barreiras" no Rio Grande do Norte. **In:** VII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA, Fortaleza, 1975, p. 149-158.

SANTOS, M. L.; GASPARETTO, N.V.L. Minerais Pesados dos Depósitos Aluviais do Rio Paraná e sua Implicação Paleohidrológica. **Revista Pesquisas em Geociências.** Porto Alegre, 35 (2): 71-81, 2008.

SANTOS, H. G. [et al] **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SEI. **Análise dos atributos climáticos do Estado da Bahia.** Salvador, 1998.

SPENDLOR, F. **Geoquímica das granadas e assembléias de minerais pesados no estudo de proveniência dos sedimentos Quaternários da porção sul da Bacia de Pelotas, RS.** Instituto de Geociências. UFRGS, 2006.

SILVA, Antônio Campos e. **Contribuição ao estudo do Grupo Barreiras no Rio Grande do Norte.** Instituto de Antropologia "Câmara Cascudo", Natal, 1969.

SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a formação (ou grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. **Revista Geociências.** São Paulo, 18 (2), p. 461-479, 1999.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** São Paulo: Editora Blucher, 2003.

SZABÓ, G. A.J.; BABINSKI, M.; TEIXEIRA, W. Rochas Ígneas. **In:** Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2001.

TAVARES, A. C. Mudanças climáticas. **In:** Geografia Física no Brasil. 4º ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

TOLEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, S.M.B.; MELFI, A. J. Intemperismo e formação do solo. **In:** Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2001.

TRICART, J.; SILVA, T.C. **Estudos de Geomorfologia da Bahia e Sergipe.** Salvador: Fundação para o Desenvolvimento da Ciência na Bahia, p. 167, 1968.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras.** São Paulo: Nobel, 1937.

UCHA, J. M. **Processos de transformação Latossolo-Espodossolo sobre os sedimentos do Grupo Barreiras nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte do Estado da Bahia.** Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2000. 196f (Tese de Doutorado).

VILAS BOAS, G. S. Sedimentos Terciários e Quaternários do interior. **In:** Texto explicativo para o mapa geológico do estado da Bahia. Salvador: Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1996.

VILAS BOAS, G. S.; SAMPAIO, F. J.; PEREIRA, A. M. S.. The Barreiras Group in the northeastern coast of the State of Bahia, Brasil: depositional mechanisms and processes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 3, p. 417-427, 2001.

WU, F.T.; CAETANO-CHANG, M. R. **Estudo mineralógico dos arenitos das Formações Pirambóia e Botucatu no centro-leste do estado de São Paulo.**

Rev. IG, São Paulo, 13(1), 58-68, jan./jun./1992.