



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

RIZELDA REGADAS DE CARVALHO

**ESTUDOS GEOQUÍMICOS, SEDIMENTOLÓGICOS E ESTRATIGRÁFICOS  
DOS SEDIMENTOS OCORRENTES NOS MUNICÍPIOS DE LAGOA DO  
CARRO E CARPINA NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Recife

2019

RIZELDA REGADAS DE CARVALHO

**ESTUDOS GEOQUÍMICOS, SEDIMENTOLÓGICOS E ESTRATIGRÁFICOS  
DOS SEDIMENTOS OCORRENTES NOS MUNICÍPIOS DE LAGOA DO  
CARRO E CARPINA, ESTADO DE PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Geociências.

**Área de concentração:** Geologia Sedimentar e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann.

Coorientador: Prof. Dr. Almany Costa Santos.

Coorientador: Prof. Dr. José Antônio Barbosa.

Recife

2019

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

C331e Carvalho, Rizelda Regadas de.  
Estudos geoquímicos, sedimentológicos e estratigráficos dos sedimentos  
ocorrentes nos municípios de Lagoa do Carro e Carpina, Estado de Pernambuco  
/ Rizelda Regadas de Carvalho. - 2019.  
161 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann.  
Coorientador: Prof. Dr. Almany Costa Santos.  
Coorientador: Prof. Dr. José Antônio Barbosa.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2019.  
Inclui Referências, Apêndices e Anexos.

1. Geociências. 2. Sedimentos Pleistocênicos. 3. Luminescência  
opticamente estimulada. 4. Origem e proveniência. I. Neumann, Virgínio  
Henrique de Miranda Lopes (Orientador). II. Santos, Almany Costa  
(Coorientador). III. Barbosa, José Antônio (Coorientador). IV. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2020-70

RIZELDA REGADAS DE CARVALHO

**ESTUDOS GEOQUÍMICOS, SEDIMENTOLÓGICOS E ESTRATIGRÁFICOS  
DOS SEDIMENTOS OCORRENTES NOS MUNICÍPIOS DE LAGOA DO  
CARRO E CARPINA, ESTADO DE PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Geociências.

Aprovada em: 07/ 11/ 2019.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Gelson Luís Fambrini (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Viviane Khoury Asfora (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Rochana Campos de Andrade Lima Santos (Examinador Externo)  
Universidade Federal de Alagoas

---

Prof. Dr. Alex de Souza Moraes (Examinador Externo)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

*Dedico este trabalho para todos  
que, independente do tempo-idade,  
buscam a maravilhosa jornada de  
nome conhecimento.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço especialmente ao meu orientador Prof. Dr. Virgínio H.de Miranda Lopes Neumann que acreditou em mim até quando no meio do caminho, resolvi mudar de projeto. O qual me apoiou em todos os momentos, com palavras de incentivo, pela grande colaboração nas etapas de campo, orientação na estrutura do texto e interpretações de algumas análises. O qual, nesse longo percurso, se tornou um grande amigo.

A minha querida amiga e incentivadora de sempre, Professora Carlinda Campelo Farias pela força em todos os momentos, minha eterna gratidão. Também agradeço pelas análises efetuadas por Difratomia de raios-X.

À Professora Dra. Thais Andressa Carrino pelas análises laboratoriais de Espectroscopia de Reflectância elaboradas na UNICAMP. Além da interpretação dos espectros, execução dos gráficos, e mapas em 3D. Uma pessoa generosa, incentivadora, por quem já tenho grande estima e amizade.

Ao Professor Carlos Roberto de Souza Filho e a Dra. Rebecca Scafutto pelo acesso e auxílio no uso do Fieldspec pertencente ao Laboratório de Reflexão da UNICAMP.

Às Professoras Dra. Helen Khoury e Dra. Viviane Khoury Asfora pelas datações efetuadas pelo método de LOE, as quais foram fundamentais para elucidar a principal questão desta tese. Também agradeço pela atenção, assistência e esclarecimentos.

A CAPES (Conselho de Apoio e Pesquisa) e ao PPGEIOC (Programa de Pós-Graduação em Geociências) pela concessão da bolsa de doutorado.

Aos Professores Drs. João Adauto de Souza Neto, Valdir Manso, Rochana Santos e Alex Moraes pelas correções e valiosas sugestões no momento da qualificação.

Ao Professor Dr. Antônio Barbosa por me indicar referências, algumas pouco conhecia, principalmente relacionadas ao Pós-Barreiras, as quais foram de grande importância para meu aprendizado.

Ao Professor Dr. João Adauto de Souza Neto pelo empréstimo do material para execução dos minerais pesados, e orientação na fase de identificação dos mesmos.

Ao mestrando William Alexandre Lima de Moura, carinhosamente chamado por todos como “Will”, pela grande presteza em todas as fases de análise dos minerais pesados. Sem sua colaboração, teria sido bem difícil executar essa etapa no tempo previsto. Também agradeço por colaborar com grande parte gráfica para este trabalho. O qual, sendo da nova geração de geólogos, se tornou um amigo querido.

Ao Professor Dr. Gelson Luís Fambrini por acatar meu segundo projeto quando relator, acreditando que eu conseguiria atingir minha meta em dois anos.

À Professora Dra. Lúcia Mafra Valença por ter nos acompanhado em uma das etapas de campo ao município de Lagoa do Carro, colaborando com observações nos afloramentos.

Ao Assistente Administrativo da Pós-Graduação Krishnamurti, por sua competência em todos os momentos quando solicitado: nas dúvidas, informações e diversas questões.

Ao meu amigo e geólogo Inaldo Moraes Revoredo que, sem sua ajuda não teria conseguido assistir às aulas de sedimentologia avançada. Por muitas vezes foi ao campo em meu lugar, para locar poços em vários municípios de Pernambuco, me substituindo na programação do IPA.

A Coordenadora da Biblioteca do CTG Margareth Malta, pelos esclarecimentos na revisão do texto para fase final.

Ao mestrando Germano Mário Silva Ramos, pela colaboração na coleta de material nos afloramentos para as diversas análises.

Ao IPA por me ceder todas as fichas técnicas e amostras de calha dos 17 poços profundos perfurados em Lagoa do Carro.

Agradeço ainda aos meus familiares e amigos, por entenderem meu isolamento nesses últimos meses.

Ao meu ex-marido e grande amigo Frederico Fonseca, pela grande colaboração e assistência na fase difícil que foram os últimos meses do nosso querido “Ernesto”.

Quero registrar que concluí minha tese em um momento de muita tristeza, pela morte do meu querido cachorro “Ernesto”, um Fox Paulistinha de 17 anos, no dia 25 de setembro de 2019. Agradeço também a ele, por todos esses anos que foram de amor e alegria.

## RESUMO

Os sedimentos ocorrentes nos municípios de Lagoa do Carro e Carpina, PE sempre foram mapeados como rochas pertencentes à Formação Barreiras. Mas, recentemente, eles foram mapeados como sedimentos diferenciados no Projeto Rio Capibaribe. No município de Lagoa do Carro foram redefinidos como depósitos Colúvio-Eluviais, e Carpina, permaneceu como sendo da Formação Barreiras. Este estudo teve como objetivo caracterizar quanto a sua geoquímica, composição e datação, os sedimentos que ocorrem no município de Lagoa do Carro comparando com os de Carpina, assim como compreender sua proveniência, trabalhando com a questão se eles realmente são da Formação Barreiras ou não. Foram coletadas 21 amostras em Lagoa do Carro, 15 amostras em Carpina e 05 amostras em afloramento típico da Formação Barreiras, de modo a comparar os resultados encontrados com os municípios em questão. As amostras foram submetidas a quatro tipos de análises: Minerais Pesados (MP), Espectroscopia de Reflectância (ER), Difractometria de Raios-X (DRX) e Termoluminescência Opticamente Estimulada (LOE). Foram utilizadas também as amostras de calha de 17 poços profundos perfurados no município de Lagoa do Carro, cuja finalidade foi conhecer a espessura desse pacote sedimentar até atingir o embasamento. Os minerais pesados abundantes em Lagoa do Carro foram: Magnetita, Zircão, Ilmenita e Apatita. Menos abundantes: Turmalina, Rutilo e Silimanita. Os raros: Monazita, Anfibólio e Mica. Em Carpina, os abundantes: Magnetita, Ilmenita e Turmalina. Menos abundantes: Zircão, Apatita e Rutilo. Os raros: Mica, Silimanita e Monazita. Sugere-se que a proveniência desses minerais seja de duas fontes: das rochas metassedimentares do Complexo Surubim-Caroalina e das rochas metaígneas do Complexo Salgadinho. As análises de ER e DRX apresentaram resultados semelhantes nos dois municípios: a caulinita, goethita e hematita. Também foram consideradas para análise as altitudes ocorrentes nos municípios em questão, correlacionando-os com os tabuleiros costeiros modelados pela Formação Barreiras. Alguns pesquisadores comprovaram que essa unidade geológica não ultrapassa os 100m de altitude. Comparativamente, evidenciou-se através das altitudes em Lagoa do Carro e Carpina (~184 m) que esses sedimentos são pertencentes ao Pós-Barreiras. Das amostras analisadas pelo método de LOE em Lagoa do Carro a mais antiga foi de idade  $160,15 \pm 38,26$  ka. Em Carpina, de idade  $67,45 \pm 18,24$  ka.

Constata-se que os sedimentos de Carpina são mais recentes que os de Lagoa do Carro, com a diferença de idade de  $\pm 40,00$  ka. Similarmente aos dados da literatura, os resultados obtidos por LOE revelam que os sedimentos de Lagoa do Carro e Carpina, apresentaram idades relacionadas ao Pleistoceno, configurando como sedimentos Pós-Barreiras. Como conclusão, os resultados das investigações indicam que os sedimentos inconsolidados desses dois municípios não pertencem à Formação Barreiras, e sim como depósitos sedimentares pertencentes aos sedimentos Pós-Barreiras, de acordo com as datações pelo método de LOE e também, no que se refere às altitudes investigadas.

Palavras-chave: Sedimentos Pleistocênicos. Luminescência opticamente estimulada. Origem e proveniência.

## ABSTRACT

The sediments occurring at municipalities of Lagoa do Carro and Carpina, PE have always been mapped as rocks belonging to the Barreiras Formation. But recently they have been mapped as differentiated sediments in the Rio Capibaribe Project. In the municipality of Lagoa do Carro were redefined as Coluvium-Eluvial deposits, and Carpina, remained as the Barreiras Formation. The aim of this study was to characterize the sediments that occur in the municipality of Lagoa do Carro and Carpina in relation to the geochemistry, composition and dating, as well as to understand their origin, working with the question whether they really belong to the Barreiras Formation or not. 21 samples were collected in Lagoa do Carro, 15 samples in Carpina and 05 samples in typical Barreiras Formation outcrop, in order to compare the results found with the municipalities in question. The samples were submitted to four types of analysis: Heavy Minerals (HM), Reflectance Spectroscopy (RS), X-Ray Diffraction (XRD) and Optically Stimulated Thermoluminescence (OSL). We also used gutter samples from 17 deep wells drilled in the municipality of Lagoa do Carro, whose purpose was to know the thickness of this sedimentary package until reaching the basement. The abundant heavy minerals in Lagoa do Carro were: Magnetite, Zircon, Ilmenite and Apatite. Less abundant: Tourmaline, Rutile and Silimanite. Rare: Monazite, Amphibole and Mica. In Carpina, the abundant: Magnetite, Ilmenite and Tourmaline. Less abundant: Zircon, Apatite and Rutile. Rare: Mica, Silimanita and Monazita. It is suggested that the origin of these minerals comes from two sources: from the metasedimentary rocks of the Surubim-Caroalina Complex and from the meta-igneous rocks of the Salgadinho Complex. The analysis of ER and DRX showed similar results in the two municipalities: kaolinite, goethite and hematite. Also considered for analysis were the altitudes occurring in the municipalities in question, correlating them with the coastal trays modeled by the Barreiras Formation. Some researchers have already proved that this geological unit does not exceed 100 m of altitude. Comparatively, it was evidenced through the altitudes in Lagoa do Carro and Carpina (~ 184 m) that these sediments belong to the Post-Barreiras. The samples analyzed by the OSL method in Lagoa do Carro, the oldest age was  $160.15 \pm 38.26$  ka. In Carpina, the oldest age was  $67.45 \pm 18.24$  ka. The sediments of Carpina are more recent than those of Lagoa do Carro, with a difference of  $\pm 40.00$  ka. Similarly, to the literature data, the results obtained by OSL reveal that the sediments of Lagoa do Carro and Carpina, presented ages related to

the Pleistocene, configuring as Post-Barreiras sediments. As a conclusion, the results of the investigations indicate that the unconsolidated sediments of these two municipalities do not belong to the Barreiras Formation, but as sedimentary deposits belonging to the Post-Barreiras sediments, according to the OSL method dating and also, with respect to the investigated altitudes.

Keywords: Pleistocene sediments. Optically stimulated luminescence. Origin and provenance.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Parte do Mapa Geológico Projeto Rio Capibaribe. Área de estudo demarcada pelo retângulo verde.....	23
Figura 2-	Idade (U-TH)/He de goethita derivada do paleossolo laterítico do topo da Formação Barreiras. (A) Idades da Bacia Paraíba; (B) Idades das Bacias de Cameté e São Luís.....	30
Quadro 1-	Minerais pesados típicos para certos tipos de Rochas.....	33
Figura 3-	Mapa de localização da área de estudo demarcada pelo retângulo vermelho.....	38
Figura 4 -	Mapa simplificado da Província Borborema com indicação da área estudada pertencente ao Terreno Rio Capibaribe (TRC). Domínio da Zona Transversal.....	39
Figura 5-	Mapa de Localização dos Afloramentos e Poços.....	45
Quadro 2-	Relação dos poços perfurados em Lagoa do Carro, PE.....	47
Quadro 3-	Relação das amostras dos afloramentos e poços analisados por Espectroscopia de Reflectância dos municípios de Carpina e Lagoa do Carro.....	48
Quadro 4-	Relação das amostras de um perfil da Formação Barreiras no município de Araçoiaba, PE. ....	50
Figura 6-	Relação de amostras de solo, elúvio /colúvio e sedimentos acondicionados em placas de Petri (A). Espectrorradiômetro portátil Fieldspec-4 <i>Standard Resolution</i> acoplado a um <i>muglight</i> (B). Em (C) detalhe da configuração da amostra e <i>muglight</i> para realização de medidas de reflectância.....	51
Quadro 5-	Relação das amostras analisadas por Difractometria de Raios-X.....	52
Quadro 6-	Altura das amostras coletadas nos perfis para análise de LOE.....	54
Figura 7-	Cravação do tubo de aço para coleta de material para análise de LOE (Afloramento RCa- 11a).....	55
Figura 8-	Posição onde houve as três coletas do Afloramento RCa -11. Setas indicam locais de amostragem.....	55
Figura 9-	Afloramento RL-27. Coletas nos níveis <b>a</b> (tubo cravado, já com lacre de proteção); <b>b</b> e <b>c</b> (preparação para coletas).....	56

Figura 10-	Mapa de Localização dos Afloramentos em Lagoa do Carro e Carpina com Coletas para Análises de LOE.....	59
Figura 11-	Afloramento RL-23 coleta de amostra para análise de LOE.....	60
Figura 12-	Perfil representativo do Afloramento RL-23 com indicação onde houve a coleta do material para análise.....	61
Figura 13-	Afloramento RL-24.....	61
Figura 14-	Perfil representativo do Afloramento RL-24.....	62
Figura 15-	Afloramento RL-27.....	62
Figura 16-	Perfil do Afloramento RL-27 com coletas nos níveis <b>a</b> , <b>b</b> e <b>c</b> .....	63
Figura 17-	Perfil do Afloramento RL-29 com coletas nos níveis <b>a</b> , <b>b</b> e <b>c</b> .....	63
Figura 18-	Afloramento RL-29 com coletas nos níveis <b>a</b> (base) e <b>b</b> (intermediário). Presença de plintita (setas azuis).....	64
Figura 19-	Afloramento RL-29 (coleta de amostra no nível <b>c</b> ) seta vermelha.....	65
Figura 20-	Afloramento RL-02 é composto por um elúvio/colúvio, cujo topo é de cor alaranjada.....	66
Figura 21-	Afloramento RL-16 é constituído por um elúvio/colúvio com seixos centimétricos na sua base.....	66
Figura 22-	Afloramento RL-17 é representado no topo por um elúvio/colúvio na cor cinza.....	67
Figura 23-	Afloramento RL-18 (embasamento intemperizado).....	67
Figura 24-	Afloramento RL-21 é constituído por um retrabalhamento do embasamento.....	68
Figura 25-	Afloramento RL-22 possui um retrabalhamento do embasamento com níveis de clastos de quartzo.....	68
Figura 26-	Afloramento RL-25 é um elúvio de cor laranja amarelado.....	69
Figura 27-	Afloramento RL-26 é um embasamento retrabalhado na base, e no topo, um elúvio na cor cinza.....	69
Figura 28-	Afloramento RL-28 apresenta um veio de quartzo bastante fraturado do embasamento intemperizado.....	70
Figura 29-	Afloramento RCa-08 coleta de amostra no nível <b>c</b> e o nível <b>b</b> ( tubo já cravado para retirada da amostra).....	71
Figura 30-	Perfil representativo do Afloramento RCa-08.....	71

Figura 31-	Afloramento RCa-11, nível cascalhoso e concreções ferruginosas. Preparação para coleta no nível (c).....	72
Figura 32-	Perfil do Afloramento RCa-11.....	73
Figura 33-	Perfil do Afloramento RCa-13.....	73
Figura 34-	Afloramento RCa-13 (local onde houve a coleta no nível <b>a</b> ) seta vermelha.....	74
Figura 35-	Afloramento RCa-10 é representado por um embasamento intemperizado. Possui ainda um veio pegmatítico fraturado, constituído por feldspato, quartzo e muscovita.....	75
Figura 36-	Afloramento RCa-12 é representado por um embasamento muito intemperizado e fraturado.....	76
Figura 37-	Afloramento RCa-14 em sua base se apresenta intemperizado, e no topo, um retrabalhamento com níveis de quartzo desordenados e sem estratificação.....	76
Figura 38-	Afloramento RC-07 (reconhecimento da área) embasamento aflorante às margens do rio Tracunhaém, no trecho do município de Lagoa do Carro.....	77
Figura 39-	Mapa hipsométrico de localização dos poços perfurados em Lagoa do Carro, com sentido N-S (A - A') e sentido E-W (B - B').....	79
Figura 40-	Painel de Correlação Estratigráfica dos Poços Perfurados em Lagoa do Carro (Perfis N-S).....	80
Figura 41-	Painel de Correlação Estratigráfica dos Poços Perfurados em Lagoa do Carro (Perfis E-W).....	82
Figura 42-	Lupa binocular acoplada com câmera, utilizada para identificação dos minerais pesados.....	84
Figura 43-	Fotomicrografia exibindo grãos de magnetita com diversos formatos e cores.....	85
Figura 44-	Fotomicrografia exibindo grãos de zircões prismáticos, e alguns com terminações arredondadas.....	86
Figura 45-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-29. Observa-se a presença do zircão nos níveis <b>a</b> e <b>b</b> do afloramento.....	86

Figura 46-	Fotomicrografia exibindo grãos de ilmenita na cor preta e brilho metálico.....	87
Figura 47-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-27, onde se observa a ausência da ilmenita no nível c do afloramento.....	87
Figura 48-	Fotomicrografia exibindo grãos de apatita.....	88
Figura 49-	Assembleia dos minerais pesados encontrados em percentuais absolutos nas amostras do Afloramento RL-16, e ocorrência dos quatro minerais abundantes nos dois níveis amostrados.....	88
Figura 50-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-21, com predominância da magnetita (10%) em relação aos demais minerais.....	89
Figura 51-	Assembleia dos minerais pesados encontrados em percentuais absolutos nas amostras do Afloramento RL-26, com presença dos quatro minerais mais abundantes nos dois níveis amostrados.....	89
Figura 52-	Fotomicrografia exibindo grãos de turmalina com cor e forma variada.	90
Figura 53-	Fotomicrografia exibindo grãos de rutilo de coloração vermelha.....	91
Figura 54-	Fotomicrografia exibindo grãos de silimanita com cores amareladas e faces estriadas.....	91
Figura 55-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-02.....	92
Figura 56-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-23.....	93
Figura 57-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-24.....	93
Figura 58-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-25.....	94
Figura 59-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-19.....	94
Figura 60-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-17.....	95
Figura 61-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-20.....	95

Figura 62-	Fotomicrografia exibindo grão de anfibólio (actinolita-tremolita) com ocorrência no Afloramento RL-17.....	96
Figura 63-	Fotomicrografia exibindo grãos de monazita.....	97
Figura 64-	Fotomicrografia exibindo grãos de magnetita com formas variadas....	98
Figura 65-	Fotomicrografia exibindo grãos de ilmenita.....	98
Figura 66-	Fotomicrografia exibindo grãos de turmalina com cores e formas variadas.....	99
Figura 67-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa-08.....	100
Figura 68-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa-14.....	100
Figura 69-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa-12.....	101
Figura 70-	Fotomicrografia exibindo grãos de zircão de cores e formas diversas..	101
Figura 71-	Fotomicrografia exibindo grãos de apatita.....	102
Figura 72-	Fotomicrografia exibindo grãos de rutilo.....	102
Figura 73-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa-11.....	103
Figura 74-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa-10. Observa-se a predominância das micas (30%) em relação aos outros minerais.....	103
Figura 75-	Fotomicrografia exibindo grãos de mica.....	104
Figura 76-	Fotomicrografia exibindo grãos de silimanita do tipo fibrolita.....	105
Figura 77-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa-13.....	105
Figura 78-	Fotomicrografia exibindo grãos de monazita.....	106
Figura 79-	Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa-15 .....	107
Figura 80-	Curvas de reflectância de amostras dos afloramentos de Carpina: RCa- 08a, RCa-08b e RCa-08c (A), RCa- 11a, RCa-11b e RCa-11c (B), RCa- 13a, RCa-13b e RCa-13c (C), RCa- 14b (D), RCa- 15a e RCa-15b(E).....	111

Figura 81-	Curvas espectrais de amostras de elúvio/colúvio, seixos e embasamento intemperizado marcados por coloração alaranjada-avermelhada ( <b>A, B</b> ) e de elúvios/colúvios de cor cinza ( <b>C</b> ) da região de Lagoa do Carro.....	112
Figura 82-	Curvas espectrais de amostras de sedimentos inconsolidados de Lagoa do Carro, referentes aos poços perfurados P09 ( <b>A</b> ) e P13 ( <b>B</b> ).....	113
Figura 83 -	Curvas de reflectância de amostras de solos e sedimentos inconsolidados do município de Lagoa do Carro, referentes aos poços perfurados P14 ( <b>A</b> ) e P15 ( <b>B</b> ).....	114
Figura 84-	Fotos dos níveis amostrados da Formação Barreiras (RSj- 2a-2e) e curvas de reflectância representativas, com indicação das principais feições de absorção.....	116
Figura 85-	Perfil representativo do Afloramento RL-23 com a datação de LOE no nível amostrado.....	118
Figura 86-	Perfil representativo do Afloramento RL-24 com a datação de LOE no nível amostrado.....	118
Figura 87-	Perfil representativo do Afloramento RL-27 com a datação de LOE no nível amostrado.....	119
Figura 88-	Perfil representativo do Afloramento RL-29 com as datações de LOE nos três níveis amostrados.....	119
Figura 89-	Perfil representativo do Afloramento RCa- 08 com as datações de LOE nos três níveis amostrados.....	120
Figura 90-	Perfil representativo do Afloramento RCa- 11 com as datações de LOE nos três níveis amostrados.....	121
Figura 91-	Perfil representativo do Afloramento RCa- 13 com as datações de LOE nos três níveis amostrados.....	121
Quadro 7-	Resultado dos minerais pesados no município de Lagoa do Carro.....	124
Quadro 8-	Resultado dos minerais pesados no município de Carpina.....	124
Figura 92-	Mapa de distribuição dos minerais pesados dos municípios de Lagoa do Carro e Carpina através de diagramas circulares.....	127
Figura 93-	Mapa hipsométrico dos municípios de Lagoa do Carro e Carpina.....	130

Figura 94-	Seções litoestratigráficas na porção central da Bacia Paraíba.....	131
Figura 95-	Perfil geomorfológico envolvendo os municípios de Lagoa do Carro, Carpina e Araçoiaba, PE.....	132
Quadro 9-	Resultado das datações nos municípios de Lagoa do Carro e Carpina.....	134

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

apud	Citação indireta (conforme, segundo)
cf	Forma abreviada de conferir, ou confira.
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DGEO	Departamento de Geologia da UFPE
DNPM	Agência Nacional de Mineração
DRX	Difratometria de Raios-X
ENB	Formação Barreiras
eg	Citação
ER	Espectroscopia de Reflectância
<i>et al.</i>	e outro
E-W	Este-Oeste
IPA	Instituto Agrônômico de Pernambuco
Ka	Mil anos
km	Quilômetro
km <sup>2</sup>	Quilômetros quadrados
LAGESE	Laboratório de Geologia Sedimentar
LDN	Laboratório de Dispositivos e Nanoestruturas
LER	Laboratório de Espectroscopia de Reflexão
LITPEG	Instituto de Pesquisa em Petróleo e Energia
LMRI	Laboratório das Datações de Metrologia das Radiações Ionizantes
LOE	Luminescência Opticamente Estimulada
Ma	Milhões de anos
MP	Minerais Pesados
NE	Nordeste
NQc	Elúvio/Colúvio
N-S	Norte-Sul
OSL	Optically Stimulated Luminescence
PE	Pernambuco
PPGEOC	Programa de Pós-Graduação em Geociências
REM	Radiação Eletromagnética
SECTMA	Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente

SP	São Paulo
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SW	Sudoeste
TL	Termoluminescência
TRC	Terreno Rio Capibaribe
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>22</b>
1.1	HIPÓTESES.....	25
1.2	OBJETIVOS.....	25
<b>1.2.1</b>	<b>Geral.....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Específicos.....</b>	<b>26</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA FORMAÇÃO BARREIRAS E PÓS-BARREIRAS.....</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>31</b>
3.1	MINERAIS PESADOS.....	31
3.2	ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA.....	33
3.3	DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X.....	34
3.4	LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA.....	36
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>38</b>
4.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	38
4.2	CONTEXTO GEOLÓGICO GEOMORFOLÓGICO.....	39
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
5.1	TRABALHOS DE CAMPO.....	43
5.2	ANÁLISES LABORATORIAIS.....	46
<b>5.2.1</b>	<b>Poços Perfurados em Lagoa do Carro.....</b>	<b>46</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Minerais Pesados.....</b>	<b>47</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Espectroscopia de Reflectância.....</b>	<b>48</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Difratometria de Raios-X.....</b>	<b>52</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Luminescência Opticamente Estimulada.....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
6.1	AFLORAMENTOS DOS MUNICÍPIOS DE LAGOA DO CARRO E CARPINA.....	58
<b>6.1.1</b>	<b>Afloramentos em Lagoa do Carro.....</b>	<b>60</b>
<b>6.1.2</b>	<b>Afloramentos em Carpina.....</b>	<b>70</b>
6.2	POÇOS PERFURADOS EM LAGOA DO CARRO.....	78
6.3	MINERAIS PESADOS.....	84
6.4	ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA.....	110
6.5	DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X.....	117
6.6	LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA.....	117

<b>6.6.1</b>	<b>Datações Afloramentos de Lagoa do Carro.....</b>	<b>117</b>
<b>6.6.2</b>	<b>Datações Afloramentos de Carpina.....</b>	<b>120</b>
<b>7</b>	<b>DISCUSSÕES.....</b>	<b>123</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>136</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>138</b>
	<b>APÊNDICE A- Quadro Geral de Reconhecimento da Área e Afloramentos nos Municípios de Lagoa do Carro e Carpina, PE.....</b>	<b>143</b>
	<b>APÊNDICE B- Mapa Geológico Esquemático de parte dos Municípios de Lagoa do Carro e Carpina, PE.....</b>	<b>146</b>
	<b>ANEXO A- Relatórios de Datação do Departamento de Energia Nuclear/UFPE. Município de Lagoa do Carro.,.....</b>	<b>147</b>
	<b>ANEXO B- Relatórios de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE. Município de Carpina.....</b>	<b>153</b>

## 1 INTRODUÇÃO

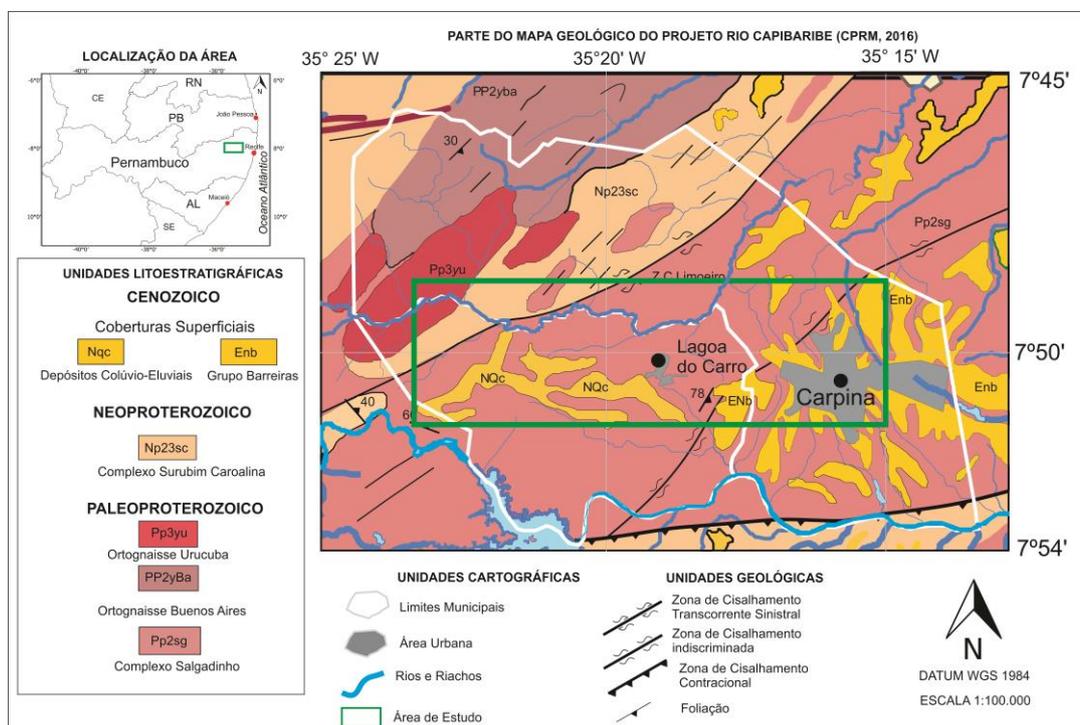
A necessidade de investigar os sedimentos ocorrentes no município de Lagoa do Carro, Estado de Pernambuco, surgiu da observação das amostras de calha dos poços que estavam sendo perfurados para captação de água subterrânea no município. Foi observado através desses poços que existia um pacote espesso de sedimentos inconsolidados antes de atingir o embasamento. E, conforme o mapa geológico consultado, mapa geológico do Estado de Pernambuco (CPRM, 2001) foi observado que existia uma faixa de grande extensão mapeada no município como rochas sedimentares pertencentes do Grupo Barreiras. Mas, a dúvida ocorreu em detrimento de, já tendo conhecimento de alguns trabalhos recentes sobre essa formação, se esses depósitos não poderiam ser resultados de um intemperismo do embasamento com pouco ou nenhum transporte, sendo denominados de sedimentos Pós-Barreiras. Outro fato que também chamou a atenção foi às altitudes obtidas nas localidades para a perfuração dos poços que estavam bem acima (~150,0 m) das registradas na Formação Barreiras que não ultrapassam os 100,0 m. A partir daí surgiu à necessidade de investigar em detalhe os sedimentos nessa região, predominantemente de rochas cristalinas.

Com base nos dados acima, foram consultados outros mapas, e observou-se que não só o município de Lagoa do Carro como o município de Carpina (município limítrofe) foram mapeados desde a década de 80 (Mapa Geológico do Estado de Pernambuco / DNPM), década de 90 (Folha Limoeiro DNPM / CPRM) e 2000 (Diagnósticos dos municípios de Lagoa do Carro e Carpina / CPRM, 2005) como pertencentes ao Grupo Barreiras. Mas, recentemente, está sendo associado como proveniente de material retrabalhado (Elúvio- Colúvio) para o município de Lagoa do Carro no Projeto Rio Capibaribe (CPRM, 2016). No entanto, nesse mapa geológico no município de Carpina esses mesmos sedimentos estão ainda mapeados como Grupo Barreiras. Que é o termo adotado pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil), para esses sedimentos constituídos por arenitos quartzosos subarcoseanos e sedimentos argilosos, pouco consolidados, de coloração variegada, com níveis laterizados e caulínicos. Para efeito ilustrativo, segue a reprodução de parte do mapa geológico (Figura 1) bem como da coluna estratigráfica do Projeto Rio Capibaribe (CPRM, 2016) que envolve a área de estudo, onde se observa a mancha

sedimentar em Lagoa do Carro mapeada como NQc (Elúvio/Colúvio), e em Carpina, como ENb (Grupo Barreiras).

Diante desse fato, este estudo visa contribuir para elucidar a origem e proveniência desses sedimentos tão controversos, comparando se os que ocorrem em Lagoa do Carro são os mesmos que ocorrem em Carpina ou não. Para tanto, foram desenvolvidos estudos geoquímicos, sedimentológicos e estratigráficos.

Figura 1- Parte do mapa Geológico Projeto Rio Capibaribe. Área de estudo demarcada pelo retângulo verde.



Fonte: CPRM (2016).

Na literatura, existem diversas técnicas que permitem investigar a origem e proveniência de sedimentos recentes. A utilização de mais de um método é eficaz de modo a comparar a idade de diversos materiais ligados temporariamente entre si, permitindo uma maior confiabilidade ao resultado de um dado evento. Portanto, utilizou-se aqui a análise no uso das associações dos minerais pesados, além da datação por termoluminescência opticamente estimulada (LOE) análise de espectroscopia de reflectância e difratometria de Raios-X. Também foram utilizados os dados construtivos dos dezessete poços tubulares profundos perfurados pelo IPA em 2017 para captação de água subterrânea no município de Lagoa do Carro. Nesse caso, foram adotadas as descrições das amostras de calha, para elaborar os

perfis estratigráficos, com intuito de conhecer a espessura desse pacote até atingir o embasamento, buscando uma pretensa correlação entre eles através da sua posição geográfica, das altitudes e profundidades registradas em cada um desses poços.

A designação de Grupo ou Formação Barreiras tem sido aplicada, para indicar sedimentos clásticos, sem conteúdo fossilífero, de cores vivas e variadas, mal consolidados, que ocorrem ininterruptamente, aflorando ao longo da costa desde o Amapá até o norte do Estado do Rio de Janeiro. A classificação dessa unidade sedimentar como “Grupo” ainda é sujeita a controvérsias, apesar de ser sustentada por vários pesquisadores, devido aos critérios de mapeabilidade, extensão territorial e características litológicas distintas que podem ser agrupadas em diversas formações (SAMPAIO, PEREIRA, VILAS BOAS, 1991 apud FURRIER, 2007).

Outros pesquisadores, entretanto, não concordam com a designação de Grupo Barreiras, por ainda não estarem bem definidas e delimitadas estratigraficamente as diferentes “Formações” que comporiam o referido “Grupo”. Embora exista uma pequena alternância entre as denominações de “Grupo” e “Formação”, é nítida a predominância do termo “Formação Barreiras” (SUGUIO e NOGUEIRA, 1999). Tal consideração tem como base, o fato de não haver uma variação litológica e faciológica, no contexto desse depósito sedimentar, suficiente para a sustentação do termo “Grupo Barreiras”.

Alheiros e Lima Filho (1991), revisando a geologia da faixa costeira de Pernambuco – Paraíba - Rio Grande do Norte, a luz de uma análise integrada dos processos ambientais para a definição dos sistemas deposicionais, propuseram para os arenitos argilosos, conglomeráticos, ricos em seixos a designação de Formação Barreiras. A Carta Estratigráfica elaborada por Córdoba *et al.*(2007) para a bacia sedimentar Pernambuco-Paraíba também foi considerado o termo Formação Barreiras para esses sedimentos.

Portanto, diante dessas considerações, iremos adotar nesta tese a designação de Formação Barreiras.

Espera-se que com os resultados obtidos através desses estudos, haja uma contribuição para revisão de alguns mapas geológicos onde a Formação Barreiras está mapeada sem os devidos estudos comprobatórios, como também ajudar futuros projetos, ou futuras pesquisas que envolvam essa unidade.

## 1.1 HIPÓTESES

A partir da bibliografia consultada, os métodos que foram aplicados aqui poderão gerar resultados satisfatórios para este estudo, bem como futuros estudos em sedimentos recentes, envolvendo a coleta e análise de dados às quais são: o estudo dos minerais pesados, a datação por luminescência opticamente estimulada (LOE) e as altitudes locais como uma ferramenta comparativa com as altitudes dos sedimentos do Barreiras ou Pós-Barreiras. Trabalhando dessa forma com essas três hipóteses:

A primeira é quanto à origem sedimentar, onde os minerais pesados serão importantes nos estudos para a proveniência desses sedimentos, bem como a história do intemperismo e transporte dos mesmos. Tendo como objetivo de avaliar suas características mineralógicas e comparar com as análises feitas na Formação Barreiras no Rio Megaó, Bacia Paraíba Quinamo (2017) e em Cabo de Santo Agostinho, Bacia Pernambuco França (2017).

A segunda abordagem a ser analisada é com relação à idade desses sedimentos que foi realizada com base na datação por luminescência opticamente estimulada (LOE).

Outra hipótese é com relação às altitudes ocorrentes nos municípios em questão, correlacionando-os com os tabuleiros costeiros modelados pela Formação Barreiras, comprovado através de alguns estudos, que essa unidade não ultrapassa os 100m. E, também conforme a (CPRM, 2005) os tabuleiros costeiros acompanha o litoral de todo nordeste apresentando altitude média de 50 a 100 metros. Nesse contexto, Rossetti *et al.*, (2011) desenvolvendo estudo na Bacia Paraíba entre o Lineamento Pernambuco e a falha de Mamanguape, com foco nos sedimentos Pós-Barreiras, verificou que os terrenos ali possuem altitudes que estavam em geral entre 100 e 150 metros de altitude.

## 1.2 OBJETIVOS

Seguem os objetivos geral e específico desta pesquisa.

### 1.2.1 Geral

O presente estudo tem como objetivo caracterizar, quanto a sua origem, composição e idade os sedimentos superficiais que ocorrem nos municípios de Lagoa do Carro e Carpina, Pernambuco, assim como compreender a proveniência desses sedimentos.

### 1.2.2 Específicos

- Analisar os sedimentos dos 17 poços profundos perfurados recentemente, através da descrição litológica até seu contato com o embasamento. Definindo a espessura desse pacote sedimentar e comparar os perfis dos poços através de um painel de correlação estratigráfica;
- Coletar amostras dessa cobertura sedimentar nos dois municípios, para efeitos comparativos, trabalhando com a hipótese se esses sedimentos são da Formação Barreiras ou não;
- Datar os sedimentos pelo método de termoluminescência opticamente estimulada (LOE);
- Analisar por espectroscopia de reflectância as amostras dos perfis estratigráficos estudados para obtenção das informações dos minerais de argila presentes na área. Comparando esses resultados com os obtidos pela difratometria de Raios-X;
- Identificar os minerais pesados, para comparar os resultados encontrados na área de estudo com a da Formação Barreiras realizadas por França (2017) e Quinamo (2017).
- Elaborar um mapa geológico esquemático na escala de 1: 25.000 da área de estudo, cuja extensão aproximada é de 101 km<sup>2</sup>.

## 2 REVISÃO DA FORMAÇÃO BARREIRAS E PÓS-BARREIRAS

Como este trabalho de pesquisa está diretamente relacionado com a Formação Barreiras, serão apresentados adiante um breve histórico sobre alguns trabalhos mais recentes envolvendo essa formação. Tratam de questões relacionadas a ambientes e sistemas deposicionais, movimentos neotectônicos e também com relação à idade dessa formação. Como por exemplo, Arai (2006) que atribui uma idade do Mioceno, usando datações palinológicas e correlações estratigráficas no norte do país, mostrando a evolução dessa unidade em associações com as variações eustáticas do Mioceno.

Conforme trabalhos anteriores a Formação Barreiras seria produto da coalescência de leques aluviais e de sistemas fluviais entrelaçados, em clima quente e seco. (MABESOONE, CAMPOS E SILVA, BEURLEN, 1972).

O trabalho de Araújo *et al.*(2006) no litoral do Rio Grande do Norte descrevem fácies siliciclásticas que teriam sido depositadas em um sistema fluvial meandrante.

O trabalho de Rossetti (2006) identifica fácies carbonáticas siliciclásticas que foram interpretadas como de ambientes marinhos rasos e litorâneos, limitadas por descontinuidades na Formação Barreiras nos Estados do Pará e Maranhão. Essa influência marinha não ocorre na região nordeste e só foi identificada no norte do Brasil.

Segundo Bezerra (2011) existe um progresso no conhecimento dessa unidade devido ao crescente número de dados de superfície como novos sensores remotos, e dados de subsuperfície como perfis litológicos de poços, e outros.

O trabalho de Furrier e Barbosa (2014) na faixa sedimentar costeira do Estado da Paraíba é analisado o comportamento de feições geomorfológicas, utilizando parâmetros como altitude, orientação de padrão de drenagem, além do nível de erosão, para identificar blocos tectônicos. Na carta hipsométrica confeccionada nessa área de trabalho, esses autores encontraram vários parâmetros e dimensões morfológicas distintas, variando entre 10m de altitude até máximo de 140m. Nas áreas com maiores altitudes o relevo apresenta-se bastante dissecado, com alta densidade da rede de drenagem, diferenciando-se praticamente de todas as superfícies da área de estudo. As formas predominantes são constituídas por formas colinosas pouco evoluídas.

Nesse trabalho, Furrier e Barbosa (2014) também abordam a questão de que há uma discussão entre alguns pesquisadores sobre o desenvolvimento pedológico desenvolvido sobre essa formação. As características climáticas associadas a alta porosidade e permeabilidade dessa litologia associada as suas características tabulares, favorecem o intemperismo químico gerando camadas pedológicas espessas e de difícil separação entre sedimentos inalterados e solos. Alguns pesquisadores baseados em datações por LOE, estão classificando essa camada superficial e bastante delgada como Formação Pós-Barreiras, e segundo esses autores essa distinção entre solo e uma nova formação carece de melhores discussões.

Trabalhos anteriores como por exemplo Golpinath *et al.*(1993), os sedimentos da Formação Barreiras provêm basicamente dos produtos resultantes da ação do intemperismo sobre o embasamento cristalino arqueado, localizado para o interior do continente.

No trabalho de Lima *et al.* (2006) no litoral sul da Bahia são identificadas superfícies de tabuleiros com diferentes padrões de orientações de drenagem associadas à falhas. Os autores através desses padrões, identificam três sentidos de basculamento de blocos.

Rossetti *et al.* (2011) desenvolveram um trabalho nos depósitos Quaternários na Bacia Paraíba entre o Lineamento Pernambuco e a Falha de Mamanguape nos denominados sedimentos Pós-Barreiras com base na datação por LOE. E através desse estudo foram reconhecidas duas unidades sedimentares (PB1 e PB2) e relacionadas aos intervalos de tempo entre  $74,8 \pm 9,3$  e  $30,8 \pm 6,9$  ka e  $8,8 \pm 0,9$  ka e  $1,8 \pm 0,2$  ka, respectivamente. Como resultado, as amostras apresentaram idades do Holoceno entre  $8,8 \pm 0,9$  ka e  $1,8 \pm 0,2$  ka. Uma amostra forneceu uma idade pré-Holoceno de  $11,3 \pm 1,7$  ka que é no entanto, perto da fronteira Pleistoceno-Holoceno.

Conforme Rossetti *et al.* (2011) a ausência geral de estudos sistemáticos, natureza dos perfis e ausência de dados fósseis, são os principais fatores que contribuíram para a inclusão errônea desses depósitos numa sucessão estratigráfica Neógena única. Ainda segundo os autores, os sedimentos Pós-Barreiras estão disseminados em toda Bacia Paraíba. Esta unidade sobrepõe-se à Formação Barreiras em formações de terrenos montanhosos, formando planaltos extensivos e contínuos na maior parte do nordeste.

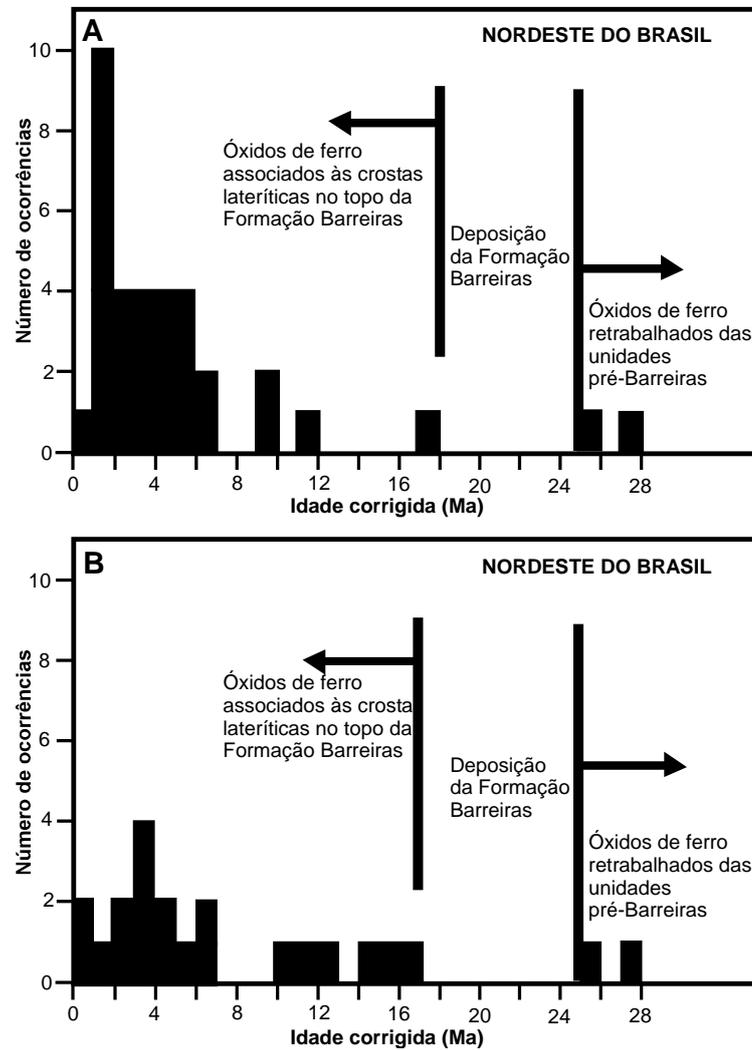
Em outro trabalho Rossetti *et al.* (2013) analisaram sedimentos na porção central da Bacia Paraíba no trecho próximo à cidade de João Pessoa, e foram realizadas três seções geológicas transversais de perfis litoestratigráficos através de perfurações nos afloramentos com objetivo de verificar as profundidades dos sedimentos da Formação Barreiras e os depósitos do Pós - Barreiras com relação às altitudes locais. Diante dos resultados obtidos pelos autores nessa investigação, que quanto mais os sedimentos adentram o continente, a altitude da Formação Barreiras não ultrapassa os 100m. Acima dessa altitude, é definido como um capeamento do Pós-Barreiras propriamente dito.

Visando colocar limites geocronológicos na evolução geomorfológica em parte da Região Nordeste, Lima (2008) utilizou a combinação das metodologias de datação de  $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  em óxidos de manganês e (U-Th)/He em goethitas provenientes de localidades da Formação Barreiras nos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará em áreas de Planícies e Tabuleiros Costeiros. Essas datações mostraram que os sedimentos do Barreiras já estavam depositados há aproximadamente 17 Ma e os processos de intemperismo perduraram pelo menos 7 Ma atrás, indicando um período de provável clima quente e úmido para região.

E segundo Lima (2008) a datação da Formação Barreiras forneceu informações sobre a deposição dessa unidade como sendo o primeiro evento sin-deposicional com idade do Mioceno Inferior; outro evento também presente no Barreiras, porém relacionado a um estágio de deformação pós-sedimentar apresenta uma provável idade que varia do final do Mioceno Inferior ao Holoceno.

No trabalho de Rossetti *et al.* (2013) utilizando o método de datação de (U-Th)/He em goethitas supergênicas na Formação Barreiras na Bacia Paraíba, nas Bacias São Luís-Grajaú e Cameté Sub-bacia da margem equatorial, revelou que a Formação Barreiras foi exposta à erosão sub-aérea e formação de solo de pelo menos 17,86 Ma e 16,45 Ma no leste e margens equatoriais do Brasil. O desenvolvimento desse paleossolo continuou por um intervalo de tempo prolongado que se estendeu até o final do Quaternário, quando a deposição de sedimentos foi renovada com a acumulação dos Sedimentos Pós-Barreiras. E, segundo esses autores, isso indica que a deposição da Formação Barreiras, iniciada no início/meio do Mioceno, continuou até cerca de 16 a 17 Ma. Para ilustrar as idades de deposição nas bacias supra-citadas segue (Figura 2).

Figura 2- Idade (U-Th)/He de goethita derivada do paleossolo laterítico do topo da Formação Barreiras. (A) idades da Bacia Paraíba; (B) idades das Bacias de Cameté e São Luís.



Fonte: Rossetti *et al.* (2013).

E conforme esses autores a datação de goethitas lateríticas sugere que a pedogênese começou a alguns milhões de anos antes do mar no Mioceno ter sido alcançado. Isso significa que, durante esse período supostamente eustático a Formação Barreiras já estava sujeita a uma prolongada exposição subaérea que favoreceu o desenvolvimento de um perfil laterítico.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico da presente pesquisa foi estruturado em quatro tópicos, a saber: minerais pesados, espectroscopia de reflectância, difratometria de raios-X e luminescência opticamente estimulada.

#### 3.1 MINERAIS PESADOS

Os minerais pesados são minerais detríticos oriundos das rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas, tendo peso específico maior que  $2,85 \text{ g/cm}^3$  e comumente formando constituintes menores ou minerais acessórios das rochas em geral (BATES & JACKSON, 1980). Segundo Suguio (1980), os minerais pesados apresentam um peso específico maior do que os minerais mais comuns das rochas sedimentares, como feldspato e quartzo, cujo peso específico é de  $2,6 \text{ g/cm}^3$ . A quantidade dos minerais pesados em um determinado local depende da sua abundância na área fonte e da intensidade do processo de transporte, que inclui a sua capacidade de resistência ao intemperismo, à abrasão e a sua segregação devido a diferenças na densidade e forma (ADDAD, 2001).

Estes minerais podem ser pesados “pesados” e pesados “leves” (PALMA, 1979). O ouro, o diamante, a cassiterita e a platina têm peso específico bastante elevado ( $6,8$  a  $21 \text{ g/cm}^3$ ) e, devido a esta característica, não apresentam efetivo deslocamento sob ação dos agentes de transporte. Por esta razão são considerados pesados “pesados” e são encontrados próximos à rocha fonte ao longo dos canais fluviais.

Como minerais pesados “leves” são conhecidos, entre muitos outros, a ilmenita, o rutilo, o zircão e a monazita, os quais possuem peso específico relativamente baixo ( $2,9$  a  $5,3 \text{ g/cm}^3$ ), o que permite o seu transporte a maiores distâncias, podendo atingir zonas litorâneas de alta energia, onde são concentrados em depósitos denominados de pláceres. Os pláceres são acumulações sedimentares formadas pela concentração mecânica de minerais detríticos de valor econômico, incluindo diversos bens metálicos ou pedras preciosas, originados a partir do intemperismo e erosão de rochas-fonte, principalmente ígneas, mas também de rochas metamórficas e sedimentares (SILVA, 2000).

Os atributos dos minerais pesados provêm da sua aplicabilidade nos estudos e na interpretação dos resultados em vários aspectos relacionados à Sedimentologia, Estratigrafia, Análise Ambiental e Geologia Econômica.

Os minerais pesados podem servir como indicadores da natureza das rochas e de depósitos ou ocorrências minerais localizadas a montante do ponto de coleta de um sedimento de drenagem; da área-fonte de um sedimento ou rocha sedimentar, produzindo informações diretas sobre a proveniência através das associações mineralógicas contidas nos mais diversos tipos de rochas (MORTON, 1985; ADDAD, 2001; PEREIRA *et al.*, 2005).

A distribuição dos minerais pesados em depósitos sedimentares, assim como sua proveniência, não é controlada apenas pela geografia (ou paleogeografia) e petrologia da área-fonte. Diversos fatores que atuam durante o ciclo sedimentar, como diagênese, abrasão mecânica, alteração nas planícies aluviais, fracionamento hidráulico e intemperismo químico, modificam a composição dos sedimentos e dificultam as interpretações de proveniência (HUBERT 1971, MORTON 1985, MORTON & HALLSWORTH 1994, 1999). Para minimizar o efeito destes processos são utilizadas técnicas mais sofisticadas como, por exemplo, o estudo de variedades de turmalina e zircão, que exibem uma série de propriedades ópticas (cor, forma e estrutura interna) que, qualitativamente, servem como indicador petrológico (KRYNINE, 1946 apud REMUS *et al.*, 2008). Outro dado muito importante no estudo dos minerais pesados são as paleocorrentes registradas no pacote sedimentar que auxiliam na localização geográfica de áreas- fonte.

Para Folk (1968) os minerais pesados correspondem aos minerais acessórios das rochas ígneas, metamórficas e de rochas sedimentares mais antigas. Podem ser encontrados vários tipos de minerais pesados: opacos (magnetita, hematita e outros), ultraestáveis (zircão, turmalina e rutilo) e menos estáveis (granada, apatita, cianita e outros).

Segundo Hubert (1971); Pettijohn (1975) existem relações entre os tipos de minerais pesados e a litologia da área fonte. Certos minerais pesados como a granada, epidoto e magnetita são derivados de terrenos metamórficos de baixo e alto grau. Enquanto zircão, turmalina e rutilo indicam fontes ígneas, metamórficas de alto grau, pegmatitos ou mesmo autigênicos. Vai depender de que forma ocorre, como por exemplo: forma do grão, arredondamento e cor, para definir sua origem.

Para Mabesoone (1983) algumas espécies de minerais pesados são típicas para certos tipos de rocha (Quadro 1).

Quadro 1- Minerais Pesados típicos para certos tipos de Rochas.

<b>Rochas Ígneas Ácidas</b>	<b>Rochas Ígneas Básicas</b>	<b>Sedimentos Retrabalhados</b>	<b>Rochas Metamórficas</b>	<b>Pegmatitos</b>
Apatita	Anatácio	Glauconita	Andaluzita	Cassiterita
Biotita	Augita	Óxidos de ferro	Granada	Fluorita
Hornblenda	Broquita	Rutilo	Hornblenda alcalina	Topázio
Monazita	Cromita	Turmalina	Hornblenda verde	Turmalina
Muscovita	Hiperstênio	Zircão (arredondado)	Cianita	
Titanita	Ilmenita		Silimanita	
Zircão	Leucóxênio		Estaurólita	
	Olivina			
	Rutilo			

Fonte: Mabesoone (1983).

### 3. 2 ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA

A espectroscopia de reflectância (ou espectrorradiometria de reflectância) é uma técnica analítica que tem a função de medir, em diferentes comprimentos de onda, a REM (Radiação Eletromagnética) refletida da superfície dos objetos e representá-la na forma de um gráfico, denominado curva de reflectância espectral (reflectância x comprimento de onda). É um método alternativo para caracterização mineralógica e consolidou-se como um procedimento rápido, não destrutivo e de simples operação (CLARK, 1999). Proporciona uma medida quantitativa da reflectância espectral do material, resultado da razão entre a quantidade de energia refletida (radiância) e a quantidade de energia incidente (irradiância) em uma amostra. É especialmente eficaz para caracterização de argilominerais e óxidos de ferro (CLARK, 1999).

As curvas espectrais têm um papel muito importante, pois seu formato está ligado à estrutura de átomos e moléculas, sendo que a absorção de certos comprimentos de onda é diferente a cada composição química e estrutura cristalina mineral. A análise feita através da espectroscopia de reflectância permite a identificação de fases minerais de solos e sedimentos, permitindo sua caracterização de minerais ativos na faixa do visível ao infravermelho de ondas

curtas ( $\lambda = 350- 2500 \text{ nm}$ ), com destaque àqueles portadores de metais de transição ( e.g. Fe, Cu, Mn) e moléculas diversas (metal - OH, OH, água, sulfatos, carbonatos, fosfatos) (Clark, 1999). Os átomos de qualquer elemento químico geram um espectro que não é semelhante a espectros de outros elementos: eles têm a capacidade de irradiar em uma determinada faixa de comprimentos de onda. Portanto, é nisto que se baseia a análise espectral, é o método de definir a composição química da substância através do seu espectro.

A análise feita através da espectroscopia de reflectância permite a comparação entre as informações obtidas nos levantamentos realizados em laboratório com o objetivo de estipular parâmetros de comportamento espectral do solo ou de sedimentos que reflete a composição mineralógica desses materiais.

### 3.3 DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X

Os Raios-X foram descobertos em 1895 por um físico alemão chamado Röntgen e foram assim nomeados por causa de sua natureza desconhecida (CULLITY, 2001).

Apesar da ausência de informações precisas, os Raios-X foram quase imediatamente aplicados por físicos e engenheiros que desejavam estudar estruturas internas de objetos opacos (CULLITY, 2001). Porém, somente em 1912, quando Max Von Laue descobriu a difração dos Raios-X pelos cristais, pode-se comprovar a natureza ondulatória dos mesmos e o surgimento de um novo método de investigação da estrutura atômica dos materiais. (SANTIN, 1995).

Inicialmente, a difratometria de Raios-X foi utilizada somente para a determinação de estruturas cristalinas. Mais tarde, outras aplicações foram desenvolvidas, e atualmente este método é utilizado na medição de tensões, estudo do equilíbrio de fases, medição de partículas e determinação de orientações em cristais (CULLITY, 2001).

#### a) Raios-X

Os Raios-X são emissões eletromagnéticas de natureza semelhante à luz visível, porém com comprimentos de onda extremamente pequenos. São produzidos quando qualquer partícula eletricamente carregada colide com um anteparo.

Elétrons são normalmente utilizados nesta função, sendo que para este fim deve haver uma mínima diferença de potencial responsável pela aceleração destes elétrons em direção ao anteparo, produzindo Raios-X que irradiam em todas as direções.

Quando os Raios-X que saem do anteparo são analisados, observa-se que são constituídos de uma mistura de diferentes comprimentos de onda e que a variação da intensidade com o comprimento de onda depende da voltagem aplicada.

#### b) Difração de Raios-X

A difração é um fenômeno característico do movimento ondulatório, e pode ser observada quando uma onda é “deformada” por um obstáculo de dimensões próximas ao seu comprimento de onda. A unidade de medida utilizada para comprimentos de onda de Raios-X é o angstrom (Å), equivalente a  $10^{-10}$ m, e no espectro eletromagnético, os Raios-X ocupam uma faixa entre  $0,01\text{Å}$  e  $100\text{Å}$ . No entanto, utiliza-se em difração a faixa de  $0,5$  a  $2,5\text{Å}$ , já que os Raios-X com comprimentos de onda da ordem de  $1\text{Å}$  são da mesma ordem das dimensões dos espaçamentos atômicos nos cristais (CULLITY, 2001).

A teoria que descreve o fenômeno de difração de Raios-X nos cristais, ou seja, que relaciona os parâmetros do cristal e da radiação incidente é conhecida como Lei de Bragg, e é dada por:  $2d \sin\theta = n \lambda$

$$2d \sin\theta = n \lambda$$

d – distância entre os planos de rede;

$\theta$  – ângulo de difração e complementar do ângulo de incidência;

n – número inteiro chamado de ordem de difração;

$\lambda$  – comprimento de onda do raio incidente.

A Lei de Bragg supõe que as ondas incidentes são refletidas por planos paralelos de átomos do cristal, e que os raios refletidos a partir dos sucessivos planos produzem interferência construtiva desde que a diferença de caminho óptico seja um múltiplo inteiro do comprimento de onda do raio incidente.

### 3.4 LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA

Atualmente existem dois modos principais de saber o quão antiga é uma deposição sedimentar: o método de datação relativa e o método de datação absoluta. No primeiro método, observa-se a relação temporal entre camadas geológicas, baseando-se nos princípios estratigráficos. Ou seja, observa-se a presença de fósseis, o período de tempo de existência deles e até indicar a idade da camada geológica em que o fóssil foi encontrado só pela presença do animal. Isso indicará que a camada que está abaixo é mais antiga e a camada de cima é mais recente. No método absoluto utilizam-se princípios físicos da radioatividade que fornecem a idade do sedimento com precisão baseada nas leis do decaimento radioativo. Os métodos de datação, assim como qualquer ferramenta tem aplicações específicas e obviamente, suas limitações. Se usada de forma inadequada pode fornecer dados imprecisos. Dois métodos de datação absoluta empregados em datações do Quaternário são datação por radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) e datação por luminescência. Datação por  $^{14}\text{C}$  necessita de amostra com carbono que, em geral, é representada por restos orgânicos e, além disso, o seu alcance temporal é relativamente restrito (cerca de 60mil anos pelo método convencional). A datação por luminescência utiliza os cristais de quartzo, contidos em materiais arqueológicos e geológicos, que é muito mais comum do que restos orgânicos, e alcança idades mais antigas (até cerca de 1 Ma). Desta maneira, a datação por TL vem sendo utilizada com maior frequência no Brasil, nos últimos anos (SUGUIO; TATUMI; BARRETO, 2003).

A técnica de datação por luminescência baseia-se no princípio de que os cristais de quartzo quando expostos à radiação ionizante aprisionam elétrons em armadilhas criadas devido à existência de defeitos na estrutura cristalina do cristal (AITKEN, 1985; WATANABE & MIYAMOTO, 1975). Esses cristais acumulam os efeitos da radiação e quando expostos a um estímulo externo emitem luz. Então, segundo Guedes *et al.*(2011) a luminescência é o fenômeno de emissão de luz por certos materiais que foram previamente expostos à radiação ionizante e posteriormente submetidos a um agente excitante. O agente excitante é a luz com comprimento de onda conhecido no caso da luminescência opticamente estimulada (LOE) e o calor, na termoluminescência (TL). Em ambos os fenômenos a intensidade da emissão de luz é proporcional à quantidade de elétrons armadilhados

que é proporcional à dose absorvida de radiação ionizante no qual o material foi previamente exposto.

Os sedimentos, quando transportados, sofrem fotoesvaziamento pela luz solar, sobrando somente o nível de sinal LOE residual. Uma vez soterrado, o sedimento fica protegido da exposição ao Sol e a energia da radiação ionizante ambiental começa a acumular-se nos minerais. Desta maneira, a idade de sedimentação pode ser determinada dividindo-se a dose acumulada desde o soterramento do sedimento medida pela técnica de LOE, dividido pela dose anual (taxa de dose) de radiação natural. Para o quartzo, os limites inferior e superior do método variam em geral de poucos anos até centenas de milhares de anos. Estes limites dependem das características dos sedimentos, limite de detecção do sinal LOE pelo equipamento e nível de saturação do sinal de luminescência do mineral.

A dose acumulada pode ser medida tanto por TL quanto por LOE. A LOE tem sido preferida para estimativa de dose acumulada para datação pela sua maior semelhança com os processos naturais (fotoesvaziamento por exposição solar) e maior rapidez da aquisição e análise de dados. Quartzo e feldspato são os minerais usualmente utilizados. No entanto, o uso de feldspato é complicado pela sua frequente perda espontânea da luminescência natural. Para a LOE, a dose acumulada pode ser medida pela estimulação, com luz de um determinado comprimento de onda, de um mineral específico da amostra e pelo monitoramento da luminescência resultante, em outro comprimento de onda (GUEDES *et al.*,2011).

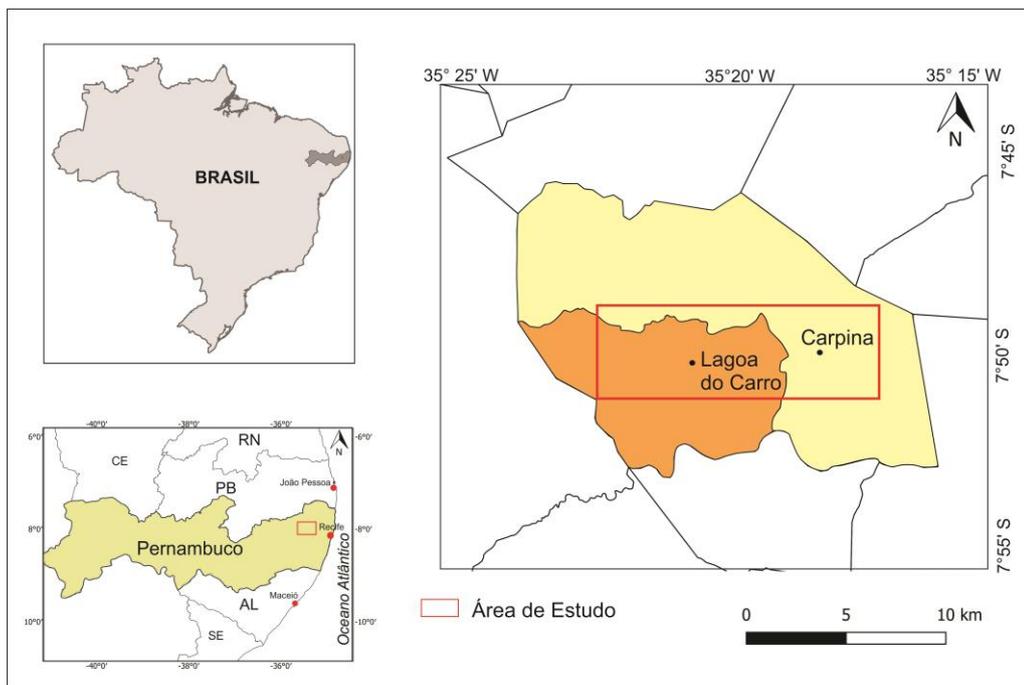
## 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A caracterização da área de estudo apresentada neste capítulo inicia-se com a descrição de sua localização, o mapa representativo da área, e o contexto geológico-geomorfológico.

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo está localizada na Folha Carpina (SB.25-Y-C-V-3-NE) escala 1: 25.000, no trecho compreendido entre os municípios de Lagoa do Carro e Carpina (Figura 3). Os municípios de Lagoa do Carro e Carpina estão localizados na microrregião Mata Norte do Estado de Pernambuco. O município de Lagoa do Carro limita-se a norte com Carpina, a sul com Lagoa de Itaenga, a leste com Carpina, e a oeste com Limoeiro, distando 48 km de Recife. Já o município de Carpina limita-se a norte com Tracunhaém, Nazaré da Mata e Buenos Aires, a sul com Lagoa de Itaenga e Lagoa do Carro, a leste com Paudalho, e a oeste com Lagoa do Carro, distando 42 km da capital. O acesso a esses municípios é feito pela BR-408, PE-050 e pela PE-090.

Figura 3- Mapa de localização da área de estudo demarcada pelo retângulo vermelho.

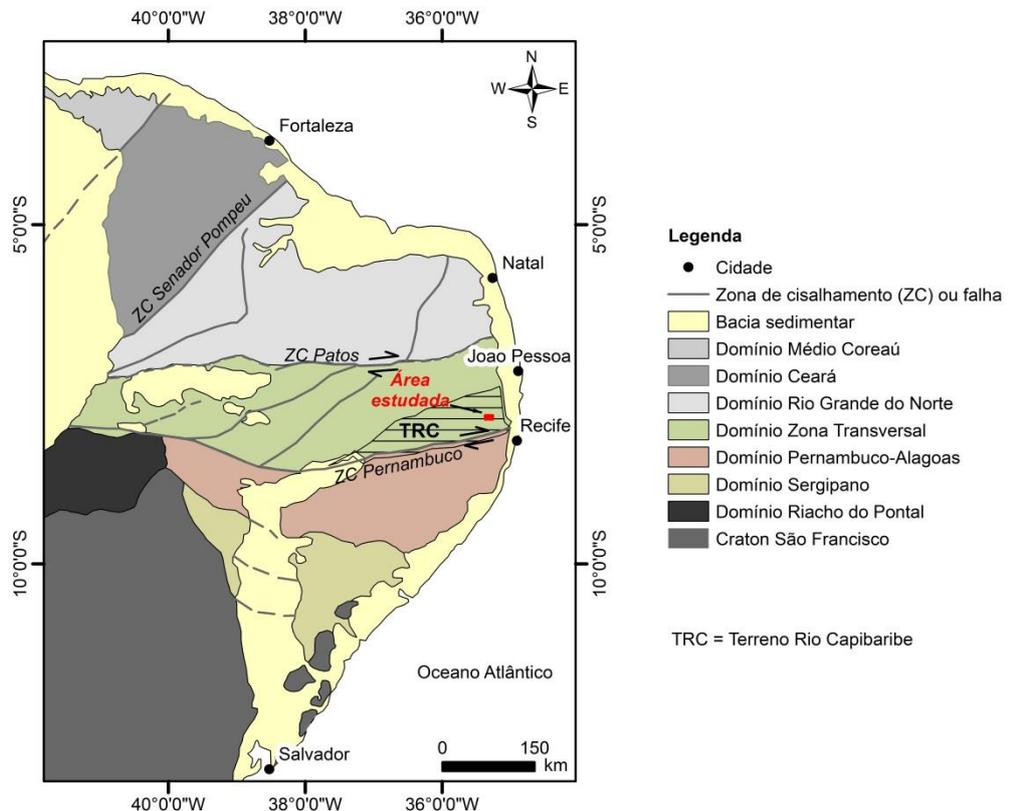


Fonte: A autora (2019).

## 4. 2 CONTEXTO GEOLÓGICO GEOMORFOLÓGICO

A Província Borborema está localizada na porção nordeste da plataforma Sul Americana e, foi inicialmente definida como uma hierarquia tectônica, constituída por maciços medianos, lineamentos e, sistemas ou faixas de dobramentos estruturados durante a Orogênese Brasileira no final do Neoproterozóico. (VAN SCHUMUS *et al.*, 2008). Esses autores denominaram os grandes domínios dessa Província da seguinte forma: Ceará; Médio Coreau; Pernambuco-Alagoas (PEAL); Rio grande do Norte; Riacho do Pontal; Sergipano; Transversal (Terrenos: Alto Pajeú; Alto Moxotó; Rio Capibaribe; Cinturões Orogênicos Cachoeirinha; Cariris Velhos). A área deste estudo está situada no Domínio da Zona Transversal (DZT) representada pelo terreno tectono-estratigráfico Terreno Rio Capibaribe (TRC), (Figura 4).

Figura 4- Mapa simplificado da Província Borborema, com indicação da área estudada pertencente ao Terreno Rio Capibaribe (TRC). Domínio da Zona Transversal.



(Modificado de Van Schumus *et al.*, 2008).

O Planalto da Borborema é um conjunto de diversas superfícies de erosão cenozóicas realçadas por fenômenos tectônicos e mudanças climáticas sucessivas.

No Planalto da Borborema despontam ainda, numerosas escarpas de falhas e amplos pedimentos, além de cristas também residuais.

Segundo a CPRM (2005) o município de Carpina está inserido predominantemente na unidade geoambiental do **Planalto da Borborema**, formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 a 1.000 metros. Ocupa uma área de arco que se estende do sul de Alagoas até o Rio Grande do Norte. O relevo é geralmente movimentado, com vales profundos estreitos e dissecado. Parte de sua área, a leste, esta inserida na unidade geoambiental dos **Tabuleiros Costeiros**.

Ainda conforme a CPRM (2005) o relevo de Lagoa do Carro faz parte predominantemente da unidade dos **Tabuleiros Costeiros**. Esta unidade acompanha o litoral de todo o nordeste, apresenta altitude média de 50 a 100 metros. Compreende platôs de origem sedimentar, que apresentam grau de entalhamento variável, ora com vales estreitos e encostas abruptas, ora abertos com encostas suaves e fundos com amplas várzeas.

Segundo a SECTMA (2006) a Zona de Mata compreende um relevo intensamente dissecado em estrutura cristalina na parte oriental do Estado. Foram esculpidas por processos de erosão linear desencadeados nas épocas úmidas do Quaternário. Em várias áreas, as colinas exibem um topo plano ou ligeiramente ondulado, levando assim, a suspeita da existência de uma antiga superfície de erosão que poderia ter truncado os terrenos cristalinos da Zona da Mata. Essas colinas encontram-se mais desenvolvidas ao sul do paralelo do Recife. Na Mata Setentrional Pernambucana (área em questão) os processos de erosão linear foram poucos mais discretos, o que resultou numa dissecação mais incipiente. As colinas nessa região apresentam topos mais generalizadamente planos.

Geologicamente a área apresenta direções estruturais NE-SW, em função das zonas de cisalhamento (ZC's) existentes entre os Lineamentos Patos e Pernambuco. Cinco unidades geológicas dominam a área de estudo: PP2sg (Complexo Salgadinho) e PP3yu ( Ortognaisse Urucuba) do Paleoproterozóico; NP23sc ( Complexo Surubim-Carolina) do Neoproterozóico ; ENb (Grupo Barreiras) e NQc (Depósitos Eluviais/ Coluviais) do Cenozóico (CPRM, 2016).

**O Complexo Salgadinho** (Paleoproterozóico) é composto por anfibólio-biotita, ortognaises com magnetita, bandados, de composição tonalítica, diorítica, granodiorítica e granítica, por vezes migmatizados e localmente miloníticos. Podem

conter lentes de anfibólitos, metagabros (às vezes boudinados). De granulação média, e coloração variando de cinza a rósea (CPRM, 2016; 2017).

O **Ortognaisse Urucuba** (Paleoproterozóico) é constituído por ortognaisses de composição granítica a granodiorítica equigranulares de granulação fina a média. (CPRM, 2016).

O **Complexo Surubim-Caroalina** (Neoproterozóico) compreende uma variedade de tipos litológicos, como os micaxistos, granada-biotita xistos com cianita, e paragnaisses pelíticos a semi-pelíticos, leucognaisses, anfibólio-biotita paragnaisses. Possuem lentes / intercalações de mármore e quartzitos micáceos a feldspáticos. Os principais minerais das rochas do Complexo Surubim-Caroalina são a biotita, quartzo e plagioclásio. Ocorre também a muscovita, abundante em alguns locais, a silimanita é um aluminossilicato frequente, às vezes a turmalina e biotita. Também apresenta como acessórios a granada, cianita e zircão detrítico (CPRM, 2016; 2017).

A **Formação Barreiras** tem uma idade atribuída ao intervalo de tempo que varia do Mioceno até o Plioceno- Pleistoceno. Mas, ainda não existe um consenso entre os pesquisadores.

Oliveira e Leonardos (1940) sugeriram a denominação de Formação Barreiras. Bigarella & Andrade (1964), ampliaram a denominação de Formação para Grupo Barreiras, subdividindo-a em Formação Guararapes (inferior) e Formação Riacho Morno (superior), sendo limitadas por uma superfície de erosão.

A adoção do termo Formação Barreiras foi elaborada por Kegel (1957), que diferenciou sob aquela unidade, camadas areno-quartzosas caulínicas que denominou de Formação Infra-Barreiras, definida como o resultado do retrabalhamento do embasamento cristalino seguido de transporte e deposição a curta distância. Essa unidade apresenta sedimentos mal estratificados e imaturos que antecedem a deposição da Formação Barreiras, típicos de depósitos por enxurrada (leques aluviais).

Bigarella (1975) retoma a subdivisão de Bigarella & Andrade (1964), correlacionando a Formação Macaíba com a Formação Serra dos Martins e admitindo que a Formação Potengi contém sedimentos eólicos retrabalhados no Neógeno.

Mabesoone *et al.* (1972) redefinem as Formações Riacho Morno e Potengi como unidades edafoestratigráficas (areias brancas e amarelas). Mabesoone *et al.* (1991) retomam a denominação original de Formação Barreiras.

Quanto ao ambiente sedimentar, para Alheiros *et al.* (1988) a Formação Barreiras é caracterizada pela presença de fácies típicas de um sistema fluvial entrelaçado e transicional para leques aluviais composta por depósitos de granulometria variada, apresentando cascalhos, areias grossas e finas, de coloração creme amarelada, com intercalações de microclastos de silte e argila.

A Formação Barreiras é constituída por arenitos quartzosos subarcoseanos e sedimentos argilosos, pouco consolidados, de coloração variegada, com níveis laterizados e caulínicos, apresentando três fácies distintas: fácies de leques aluviais, observadas desde o norte de Recife até o Alto de Mamanguape; fácies fluviais de canais entrelaçados, presentes em toda a faixa entre Recife e Natal; fácies de planície flúvio-lacustre ocorrendo na faixa litoral entre Recife e João Pessoa e na região de São José do Mipibu, Rio Grande do Norte (SOUZA, 2006; BARBOSA *et al.*, 2007).

A CPRM (2016) denomina a Formação Barreiras de “Grupo Barreiras”, e define como uma unidade litoestratigráfica composta por arenitos poucos consolidados, às vezes conglomeráticos, com níveis de argilas variegadas, siltitos e lateritas.

Segundo a CPRM; DNPM (1990) as coberturas **Eluviais/ Coluviais** são depósitos arenosos inconsolidados que ocorrem capeando as rochas arqueanas e proterozóicas e que se caracterizam por modelarem pequenos tabuleiros de superfícies planas. Distribuem-se principalmente englobando parte dos municípios de Lagoa de Itaenga, Feira Nova e Vicência. Em geral, constituem manchas isoladas e dispersas nos topos dos tabuleiros, podendo ocasionalmente preencher depressões, documentando certo transporte. Litologicamente são formados por areias inconsolidadas, quartzosas, cor branca, algo classificadas, com grãos subarredondados de brilho vítreo.

Para CPRM (2016) os depósitos Eluviais-Coluviais que ocorrem no município de Lagoa do Carro, são constituídos por areias quartzosas de cor branca.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

Em princípio foi feito um levantamento bibliográfico de trabalhos, artigos, teses e dissertações que abordassem o tema, principalmente aqueles relacionados com a Formação Barreiras e Pós-Barreiras. Foram consultados também os diversos métodos adotados em sedimentos, que pudessem ser utilizados para o estudo deste trabalho, que foram definidos conforme a necessidade vigente. Como base cartográfica foi utilizada a Carta Planialtimétrica da SUDENE, Folha Carpina (SB.25-Y-C-V-3-NE) escala 1: 25.000; Mapa Geológico Projeto Rio Capibaribe (CPRM, 2016) escala 1: 250.000, além de trabalhos de campo e de laboratório.

### 5.1 TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo se iniciaram com o reconhecimento geológico da área, tendo como objetivo analisar as feições existentes, com descrição macroscópica dos afloramentos encontrados. O enfoque das demais etapas foi para escolha dos locais com coleta de amostras no município de Lagoa do Carro e Carpina para efeitos comparativos.

Foram realizadas seis etapas de campo distribuídas entre os dois municípios com descrição dos afloramentos georreferenciados e fotografados. Selecionou-se os afloramentos mais representativos para coleta de material, bem como os que abrangessem toda a área a ser estudada. Também foram coletadas 05 amostras da Formação Barreiras de um mesmo afloramento em diferentes níveis, no município de Araçoiaba/PE, com a finalidade de comparar através de análises os resultados encontrados com os municípios em questão.

Visando as análises laboratoriais, foram coletadas amostras para análise de minerais pesados, espectroscopia de reflectância, difratometria de Raios-X e luminescência opticamente estimulada (LOE).

As amostras foram coletadas e etiquetadas em sacos plásticos e separadas de acordo com cada finalidade. De cada amostra coletada, foi separada a fração mais fina, com o objetivo de analisar através do método de espectroscopia de reflectância e difratometria de Raios-X os argilominerais presentes.

Para coleta de amostras para datação por LOE, foram empregados tubos de aço/alumínio com 30 cm de comprimento e 2" de diâmetro que foram cravados

horizontalmente nos níveis amostrados com auxílio de uma marreta, evitando-se exposição do material à radiação solar. Em câmara escura, foram acondicionados para envio ao laboratório para datação.

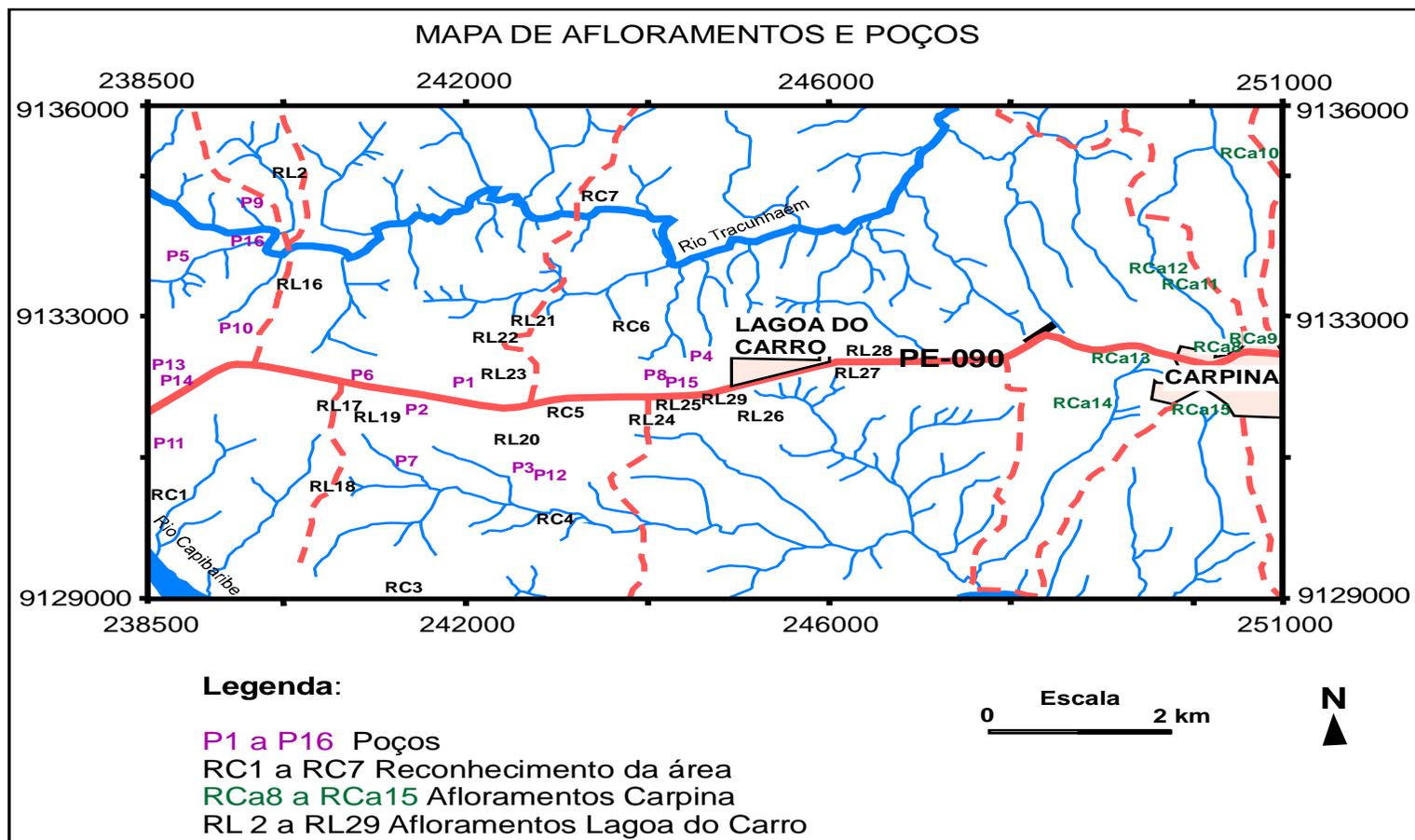
Foram coletadas amostras em mais de um nível nos afloramentos de maiores altitudes (entre 1,0m e 6,0m) considerando a parte basal, a média e o topo do afloramento com o objetivo de verificar através das datações as suas idades, como também observar os minerais pesados encontrados em cada nível amostrado.

As etapas de campo foram concluídas selecionando-se assim 12 (doze) afloramentos com coleta de material em Lagoa do Carro, totalizando 21 amostras para análises laboratoriais. Para o município de Carpina selecionou-se 07 (sete) afloramentos totalizando 15 amostras para realização de análises, conforme apresentado no Quadro Geral de reconhecimento da área e afloramentos nos municípios de Lagoa do Carro e Carpina, PE (Apêndice A).

Também foram separadas as amostras de cinco poços perfurados em Lagoa do Carro para análises de espectroscopia por reflectância e difratometria de Raios-X. Para tanto foram selecionados apenas os intervalos superiores, ou seja, antes de atingir o embasamento intemperizado, ou mesmo o próprio embasamento.

A localização dos afloramentos visitados bem como dos poços perfurados em Lagoa do Carro estão representados na (Figura 5).

Figura 5- Mapa de Localização dos Afloramentos e Poços



Fonte: A autora (2019).

## 5.2 ANÁLISES LABORATORIAIS

A seguir, serão descritas as análises laboratoriais desenvolvidas neste trabalho as quais foram: poços perfurados em Lagoa do Carro, minerais pesados, espectroscopia de reflectância, difratometria de raios-X e luminescência opticamente estimulada.

### 5.2.1 Poços Perfurados em Lagoa do Carro

Foram dezessete (17) poços perfurados em Lagoa do Carro para obtenção de água subterrânea. Os poços foram classificados conforme a seguinte sequência: P-01; P-02; P-03; P-04; P-05; P-06; P-07; P-08; P-09a e P-09b; P-10; P-11; P-12; P-13; P-14; P-15 e P-16.

O poço P-09 foi dividido em **a** e **b**, pelo motivo que o primeiro (P-09a) não foi concluído, devido à sua litologia, de natureza extremamente argilosa, culminando com o ferramental de perfuração preso. Por isso, foi efetuada outra locação no mesmo local para uma nova tentativa, a qual foi satisfatória. Apesar de esse primeiro poço ter sido descartado para o objetivo principal, mas para este estudo foram consideradas as informações litológicas contidas nele, para efeito comparativo com os demais.

Foram elaborados dois perfis litoestratigráficos desses poços, um N-S e o outro E-W com a finalidade de se efetuar uma correlação estratigráfica entre eles, no que se refere à espessura desse pacote sedimentar, correlacionando se essa cobertura tem alguma relação entre suas altitudes, e com as rochas do embasamento aflorantes nessas áreas. Essas informações serão discutidas no Capítulo 6 (Resultados), bem como a apresentação dos dois perfis elaborados. A seguir, (Quadro 2) estão os dados dos dezessete poços perfurados com suas devidas localizações.

Quadro 2- Relação dos poços perfurados em Lagoa do Carro, PE.

Nº DO POÇO	COORDENADAS (UTM)	ALTITUDE (m)	PROFUNDIDADE (m)	LOCALIDADE
P-01	9131921/242003	143	52,00	São Francisco
P-02	9131630/ 241575	146	52,00	St. Campo Alegre
P-03	9130784/242568	128	52,00	St. Maria Luiza
P-04	9132299/244432	132	52,00	Rua Mariana (Subúrbio)
P-05	9133755/238875	139	52,00	Chã dos Tibúrcios
P-06	9132031/241050	157	52,00	St. São Francisco
P-07	9130778/241524	138	40,00	St. Santa Maria ( Povoado Campo Alegre)
P-08	9132011/244259	146	52,00	Vila da Prata ( Subúrbio)
P-09a	9134674/239668	132	24,00 (poço não concluído)	St. Santo Antônio ( Serraria)
P-09b	9134674/239668	132	48,00	St. Santo Antônio ( Serraria)
P-10	9132814/239474	140	52,00	Primeira Travessa de Serraria
P-11	9131329/238657	158	40,00	Pouso Alegre (para abatedouro da Prefeitura)
P-12	9130745/242756	130	44,00	Chã dos Moreira (Boa Vista)
P-13	9132013/238461	159	44,00	Campo Grande ( divisa com Limoeiro)
P-14	9131909/238835	165	48,00	Comunidade ( Pouso Alegre)
P-15	9131935/244353	155	28,00	Loteamento Prolar (Vila da Prata)
P-16	9134047/239636	119	40,00	Sítio Serraria

Fonte: A autora (2018).

### 5.2.2 Minerais Pesados

Em agosto de 2018 iniciou-se a seleção das 21 amostras coletadas nos 12 afloramentos em Lagoa do Carro e das 15 amostras dos 07 afloramentos de Carpina, totalizando 36 amostras para análise de minerais pesados. Essas amostras foram bateadas, secas a uma temperatura de 80<sup>o</sup> C durante 24 horas na estufa do Laboratório de Laminação /DGEO.

Após a lavagem e secagem foi efetuada a separação da fração leve da fração pesada, manualmente, em lupa binocular. Não foi utilizado nenhum método mais eficiente para separação de minerais pesados pelo fato de não haver um laboratório disponível para fazer a separação gravitativa de imersão em líquido denso (bromofórmio, d=2,89) ou através de uma coluna de separação densimétrica montada em capela.

Posteriormente foram submetidos à separação dos minerais magnéticos (magnetita e outros com inclusões de minerais magnéticos) através de um ímã de mão. Os minerais pesados foram analisados e separados com auxílio de lupa binocular, utilizando métodos comparativos visuais, e com auxílio de guias de determinação de minerais em grãos (PEREIRA *et al.*,2005). Os minerais pesados foram separados por cor, forma e hábito.

Em seguida foi realizada a separação dos minerais translúcidos dos opacos. Seguiu-se a contagem sistemática sob lupa binocular de 100grãos, para o resultado estatístico de 100%.

Depois da contagem e identificação, alguns minerais foram separados para serem fotografados. O estudo dos minerais pesados nos sedimentos investigados será apresentado no Capítulo 6 (Resultados) informando os minerais mais abundantes, os menos abundantes e os raros, conforme a ocorrência de cada um, bem como suas interpretações. Comparando os tipos de minerais pesados encontrados com a litologia da área fonte.

### 5.2.3 Espectroscopia de Reflectância

Foram selecionados um total de quarenta e duas amostras de solo, poços, elúvio/colúvio e sedimentos inconsolidados da região de Carpina e Lagoa do Carro (Quadro 3) incluindo de um afloramento típico da Formação Barreiras localizado em Araçoiaba, PE (Quadro 4) para análise de curvas de reflectância no Laboratório de Espectroscopia de Reflexão do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) /SP.

Quadro 3- Relação das amostras dos afloramentos e poços analisados por Espectroscopia de Reflectância dos municípios de Carpina e Lagoa do Carro.

#### Afloramentos Carpina

(continua)

Nº DO AFLORAMENTO	Nº DA AMOSTRA	MATERIAL
Afloramento 08	RCa-08c	Nível mais argiloso, cor amarelada.
	RCa-08b	Nível cascalhoso variando de grânulo a seixos.
	RCa-08a	Nível com óxido de ferro, concreções de óxido de ferro, cor avermelhada.
Afloramento 11	RCa-11c	Elúvio /colúvio cor alaranjada alternando com tons de cinza.
	RCa-11b	Nível cascalhoso intermediário.

Nº DO AFLORAMENTO	Nº DA AMOSTRA	MATERIAL
	RCa- 11a	Embasamento intemperizado, apresentando veios de quartzo que são retrabalhamento do próprio embasamento.
Afloramento 13	RCa- 13c	Elúvio/colúvio, nível composto por uma areia média de cor marrom acinzentado.
	RCa-13b	Elúvio /colúvio, com areia média, cor marrom alaranjado.
	RCa-13a	Elúvio/colúvio areno argiloso alaranjado.
Afloramento 14	RCa-14b	Retrabalhamento cor alaranjada.
Afloramento 15	RCa-15a	Elúvio /colúvio cor cinza escuro
	RC-15b	Elúvio /colúvio cor amarelada
<b>Total: 05 afloramentos</b>	<b>Total: 12 amostras</b>	

#### Afloramentos Lagoa do Carro

Nº DO AFLORAMENTO	Nº DA AMOSTRA	MATERIAL
Afloramento 02	RL -2b	Elúvio avermelhado
	RL -2a	Elúvio alaranjado
Afloramento 16	RL- 16b	Elúvio cinza
	RL- 16a	Seixos centimétricos arredondados
Afloramento 17	RL- 17b	Elúvio cor cinza escuro
Afloramento 19	RL- 19b	Elúvio cor cinza claro
Afloramento 23	RL -23	Elúvio cor cinza
Afloramento 25	RL- 25	Elúvio cor laranja amarelado
Afloramento 26	RL- 26b	Elúvio cor cinza
Afloramento 27	RL- 27c	Elúvio, composto por uma areia grossa com fragmentos de uma crosta laterítica, cor amarronzada.
	RL -27b	Elúvio cor laranja avermelhado
	RL -27a	Embasamento intemperizado cor alaranjada
Afloramento 24	RL -24	Retrabalhamento com seixos e calhaus predominantemente quartzoso cor amarelo alaranjado
Afloramento 29	RL- 29c	Elúvio, composto por uma areia média a grossa, sem a presença de plintita, de cor marrom acinzentado.
	RL-29b	Elúvio, composto por uma areia média a fina, com menor presença de plintita, de cor alaranjada.
	RL- 29a	Elúvio, contendo areia fina, argilosa. Cor laranja avermelhada, apresentando concreções de óxido de ferro e presença de plintita sob a forma de manchas vermelhas.
<b>Total: 10 afloramentos</b>	<b>Total: 16 amostras</b>	

Fonte: A autora (2018).

**Poços perfurados em Lagoa do Carro**

<b>POÇO</b>	<b>AMOSTRA</b>	<b>INTERVALO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Poço 09 (1º poço)	P09-1a	0,00 a 8,00m	Sedimento inconsolidado, cor vermelho alaranjado.
	P09-2 a	8,00 a 12,00m	Sedimento inconsolidado, cor avermelhada.
Poço 09 (2º poço)	P09-1b	0,00 a 4,00m	Sedimento inconsolidado, cor alaranjada.
Poço 13	P13-1	0,00 a 4,00m	Sedimento inconsolidado, cor laranja esbranquiçado.
Poço 14	P14-1	0,00 a 4,00m	Solo cor marrom escuro com tons alaranjados.
	P14-2	4,00 a 28,00m	Sedimento inconsolidado, cor alaranjada.
Poço 15	P15-1	0,00 a 4,00m	Solo cor castanho escuro
	P15-2	4,00 a 8,00m	Sedimento inconsolidado, cor amarelada.
	P15-3	8,00 a 28,00m	Sedimento inconsolidado, cor variegada.
<b>Total: 05 Poços</b>	<b>Total: 09 amostras</b>		

Fonte: A autora (2018).

Quadro 4 - Relação das amostras de um perfil da Formação Barreiras no município de Araçoiaba, PE.

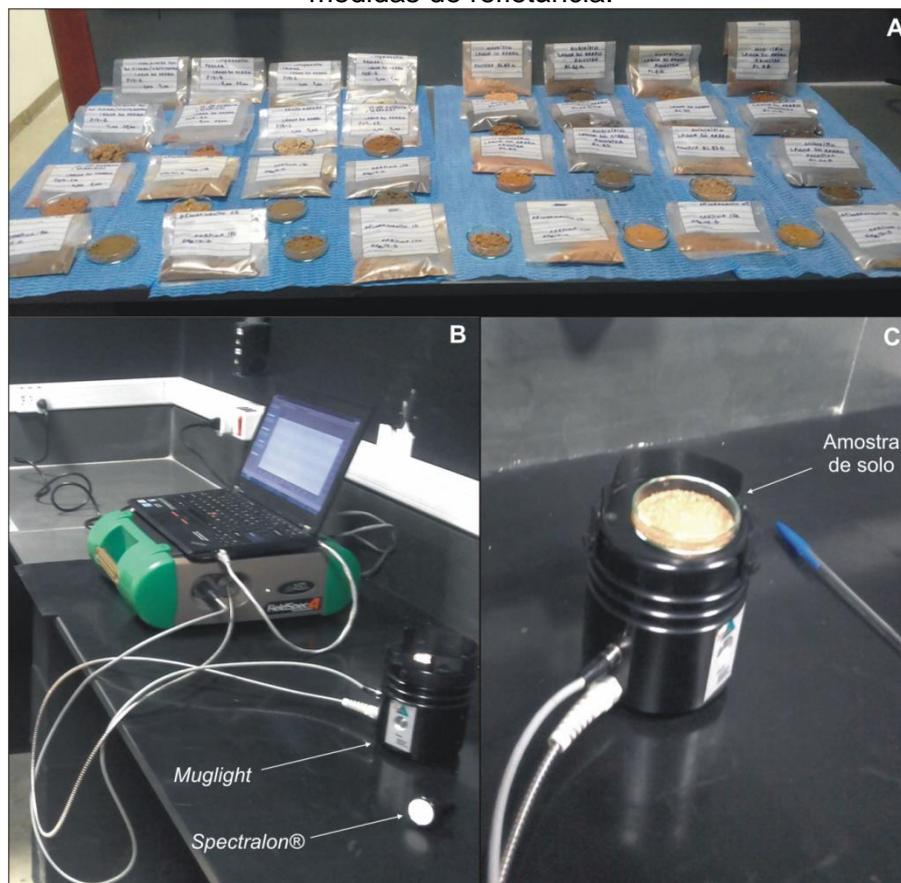
<b>Nº DO AFLORAMENTO</b>	<b>Nº DA AMOSTRA</b>	<b>MATERIAL</b>
RSj	RSj -2a	Areia fina, argilosa de cor amarela esbranquiçada.
	RSj-2b	Areia fina a média, com fragmentos de quartzo, de cor esbranquiçada.
	RSj-2c	Areia média a grossa, com fragmentos de seixos, cor amarelada.
	RSj-2d	Areia grossa com fragmentos de seixos, cor avermelhada.
	RSj-2e	Areia fina a média, de cor alaranjada.
<b>Total: 01 afloramento</b>	<b>Total: 05 amostras</b>	

Fonte: A autora (2018).

As amostras foram acondicionadas em placas de Petri (composição sílica-boro – *borosilicate glass*) (Figura 6A), foram submetidas a medidas de refletância a partir do uso do espectrorradiômetro portátil *FieldSpec-4 Standard Resolution*, da *Analytical Spectral Devices* (Figura 6B). Este instrumento possui 2.151 canais e opera na faixa espectral de 350 a 2500 nm, sendo composto por três subsistemas: VNIR (*visible-nearinfrared*: 350-1000 nm), SWIR1 e 2 (*short waveinfrared*: 1000-1800 nm e 1800-2500 nm), com resolução espectral de 3 nm no VNIR e 10 nm no SWIR (MALVERN PANALYTICAL, 2018).

As medidas foram obtidas com uso do *mugliht*, portador de lâmpada halógena (Figura 6C). Previamente à coleta das medidas de refletância, foi feita a calibração com uso de placa *Spectralon®*. Entre 4 e 5 medidas de refletância foram obtidas leituras de calibração para cada amostra.

Figura 6 - Relação de amostras de solo, elúvio/colúvio e sedimentos acondicionados em placas de Petri (A). Espectrorradiômetro portátil *FieldSpec-4 Standard Resolution* acoplado a um *mugliht* (B). Em (C), detalhe da configuração da amostra e *mugliht* para realização de medidas de refletância.



Fonte: A autora (2019).

Os resultados das análises laboratoriais dos afloramentos de Lagoa do Carro, Carpina e das 05 amostras coletadas no perfil da Formação Barreiras para efeitos comparativos, serão apresentados no Capítulo 6 (Resultados).

#### 5.2.4 Difractometria de Raios- X

As amostras para análise de difratometria de Raios-X foram enviadas ao Departamento de Solos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) para fazer a difratometria e a varredura das amostras. A identificação dos argilo-minerais e outros presentes nas amostras (como acessórios) foram executados no Laboratório de Mineralogia da UFPE. A relação das nove amostras analisadas está no (Quadro 5).

Quadro 5- Relação das amostras analisadas por Difractometria de Raios-X.

##### Afloramentos Carpina

Nº DO AFLORAMENTO	Nº DA AMOSTRA	MATERIAL
Afloramento 08	RCa-08b	Nível cascalhoso variando de grânulo a seixos
	RCa-08c	Nível mais argiloso, cor amarelada.
Afloramento 11	RCa-11b	Nível cascalhoso, intermediário.
	RCa-11c	Elúvio/colúvio ,cor alaranjada alternando com tons de cinza
<b>Total: 02 afloramentos</b>	<b>Total: 04 amostras</b>	

##### Afloramentos Lagoa do Carro

Nº DO AFLORAMENTO	Nº DA AMOSTRA	MATERIAL
Afloramento 24	RL 24	Retrabalhamento com seixos e calhaus, predominantemente quartzoso cor amarelo alaranjado.
Afloramento 25	RL 25	Elúvio cor laranja amarelado
<b>Total: 02 afloramentos</b>	<b>Total: 02 amostras</b>	

##### Amostras dos Poços Perfurados em Lagoa do Carro

POÇO	AMOSTRA	INTERVALO	DESCRIÇÃO
Poço 09 (1º poço)	P09-1a	0,00 a 8,00m	Sedimento inconsolidado, com argila e areia muito fina, cor vermelho alaranjado
	P09-2 a	8,00 a 12,00m	Sedimento inconsolidado com tons menos avermelhados.
Poço 09 (2º poço)	P09-1b	0,00 a 4,00m	Sedimento inconsolidado argilo- arenoso, de cor alaranjada.
<b>Total: 02 Poços</b>	<b>Total:03 amostras</b>		

Fonte: A autora (2018).

Para análise foi utilizado um difratômetro de Raios-X com goniômetro, tubo de anodo de cobre ( $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ ).

Foram utilizadas as seguintes condições de análises:

Voltagem- (KV) - 40

Corrente- (Ma) - 30

Varredura  $0^\circ$  a  $80^\circ 2\theta$

A amostra foi pulverizada em almofariz de ágata e depois colocada num porta amostra, espalhada, formando uma fina película.

A identificação foi feita através da comparação do padrão difratométrico com fichas do banco de dados do ICDD (*International Centre for Diffraction Data*) e ASTM (*American Society for Testing and Materials*). O fichário do ASTM contém os dados mineralógicos e difratométricos do ICDD.

Grupos dos argilominerais

a- Grupo de  $7 \text{ \AA}$  - caulinita, nacrita, diquita, etc.

b- Grupo de  $9 \text{ \AA}$ - pirofilita, talco

c- Grupo de  $10- 11 \text{ \AA}$  - micas

d- Grupo de  $12- 15 \text{ \AA}$  - montmorilonita, clorita, vermiculita

### 5.2.5 Luminescência Opticamente Estimulada

Neste estudo foram utilizadas vinte e cinco amostras coletadas em Carpina, Lagoa do Carro, e no município de Araçoiaba de um perfil da Formação Barreiras, e do embasamento intemperizado, para efeitos comparativos. Essas amostras foram coletadas em níveis diferentes de conformidade com a altura de cada um. Selecionou-se, portanto três perfis de Carpina (RCa- 08, RCa-11 e RCa-13 ) e quatro de Lagoa do Carro ( RL-23, RL-24, RL-27 e RL-29). A seleção das amostras da Formação Barreiras foi de um perfil com a seguinte nomenclatura (RSj- 2) e do embasamento intemperizado como (RSj 1) conforme demonstrado (Quadro 6).

As amostras foram analisadas para datação no Departamento de Energia Nuclear (DEN) no Laboratório de Datação de Metrologia das Radiações Ionizantes (LMRI) da UFPE.

Quadro 6- Altura das amostras coletadas nos perfis para análise de LOE.

**Município de Carpina**

<b>Altura do Perfil (m)</b>	<b>Níveis das Amostras Coletadas no Perfil</b>			
RCa-08 6,00 m	RCa-08c 0,50 m	RCa-08b 2,00 m	RCa-08 a2 4,10 m	RCa- 08 a1 5,10 m
RCa-11 2,00 m	RCa-11c 0,30 m	RCa-11b 0,60 m	RCa-11 a 1,60 m	-----
RCa-13 4,00 m	RCa-13c 0,20 m	RCa-13b 2,00 m	RCa-13 a 3,00 m	-----
<b>Total: 03 perfis</b>	<b>10 amostras coletadas</b>			

**Município de Lagoa do Carro**

<b>Altura do Perfil (m)</b>	<b>Níveis das Amostras Coletadas no Perfil</b>			
RL-23 1,00 m	RL-23 0,40 m	-----	-----	-----
RL-24 3,00 m	RL-24 0,20 m	-----	-----	-----
RL-27 2,40 m	RL-27c 0,30 m	RL-27b 0,80 m	RL-27 a 1,20 m	-----
RL-29 3,50 m	RL-29c 0,80 m	RL-29b 2,60 m	RL-29 a 3,20 m	-----
<b>Total: 04 perfis</b>	<b>08 amostras coletadas</b>			

**Município de Araçoiaba**

<b>Altura do Perfil (m)</b>	<b>Níveis das Amostras Coletadas no Perfil</b>				
RSj-01 2,00 m	RSj-01b 0,50 m	RSj-01a 1,50 m	-----	-----	-----
RSj-02 20,00 m	RSj-02e 2,00 m	RSj-02d 4,50 m	RSj-02c 15,00 m	RSj-02b 15,50 m	RSj-02a 16,50 m
<b>Total: 02 perfis</b>	<b>07 amostras coletadas</b>				
<b>Observação: RSj -01 (embasamento intemperizado) e RSj-02 (Formação Barreiras)</b>					

Fonte: A autora (2018).

As (Figuras 7, 8 e 9) representam o método de coleta do material utilizado para envio das amostras para análise laboratorial.

Figura 7- Cravação do tubo de aço para coleta de material para análise de LOE (Afloramento RCa -11a).



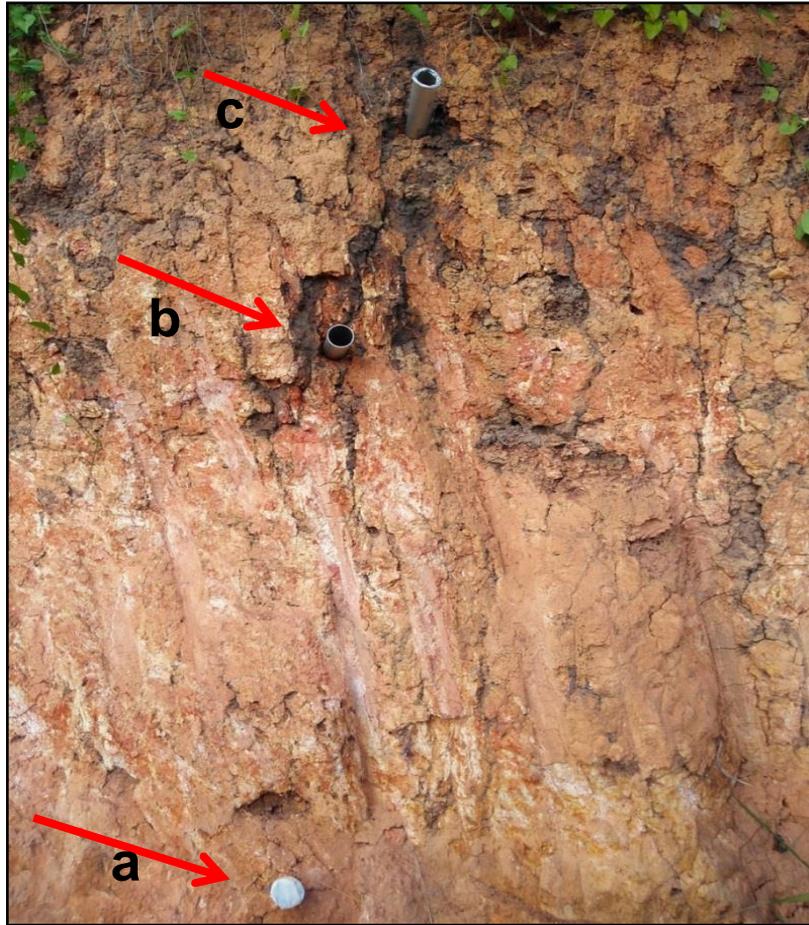
Fonte: A autora (2018).

Figura 8- Posição onde houve as três coletas do Afloramento RCa-11. Setas indicam locais de amostragem.



Fonte: A autora (2018).

Figura 9- Afloramento RL-27. Coletas nos níveis **a** (tubo cravado, já com lacre de proteção); **b** e **c** (preparação para coletas).



Fonte: A autora (2018).

A análise para datação através do método de LOE requer várias etapas as quais são: preparação de amostra, determinação da dose acumulada, determinação da taxa de dose anual, taxa de dose de radiação externa e por fim, a taxa de radiação interna, conforme a seguir.

a) Preparação de amostras

As amostras de sedimento foram preparadas de forma individual pelo método da inclusão de quartzo. Inicialmente foram separados os grãos entre 20 e 150 $\mu$ m para o tratamento químico que consiste em ataques com os ácidos clorídricos (HCL) e hexafluorossilícico (H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>). A partir dessa granulometria foram confeccionadas pastilhas. O procedimento adotado foi o mesmo de (ASFORA, 2014), onde o teflon é utilizado como base e na superfície são adicionados os grãos da amostra.

b) Determinação da idade

Para determinação da idade é necessário medir: 1) a dose acumulada na amostra de interesse e 2) a taxa de dose anual. Todas as medidas foram realizadas pelo Laboratório de Datação localizado no departamento de energia nuclear (DEN/UFPE). A dose acumulada foi medida utilizando técnica de luminescência opticamente estimulada empregando o método das doses regenerativas / protocolo SAR (do inglês, single alituo regeneration) em uma leitora OSL Lexyg smart com estimulação óptica com comprimento de onda na faixa do azul. A taxa de dose anual foi calculada a partir das concentrações dos elementos radioativos presentes na amostra e no ambiente onde as mesmas foram coletadas, mais a contribuição dos raios cósmicos.

## 6 RESULTADOS

Neste capítulo serão descritos todos os resultados obtidos das investigações realizadas através da coleta de dados, análises efetuadas e interpretação dos mesmos.

### 6.1 AFLORAMENTOS DOS MUNICÍPIOS DE LAGOA DO CARRO E CARPINA

Houve a coleta de material nos 12 afloramentos selecionados de Lagoa do Carro com vinte e uma amostras para análises e 07 afloramentos em Carpina com quinze amostras para as diversas análises. As descrições dos afloramentos através dos níveis encontrados incluíram cor, textura e litologia. Alguns desses afloramentos foram efetuados as coletas em mais de nível de acordo com a litologia presente e altitude dos mesmos. Em todos os afloramentos foram coletadas amostras para obtenção da análise de minerais pesados. No entanto, para as análises de LOE foram selecionados quatro afloramentos em Lagoa do Carro e três afloramentos em Carpina considerados os mais representativos pelo exposto anteriormente. Todas as amostras dos afloramentos selecionados para o LOE foram analisadas também para ER e MP.

Os afloramentos mais representativos selecionados para ilustrar a descrição detalhada de Lagoa do Carro foram: RL-23; RL-24; RL-27 e RL-29. Em Carpina, a seleção foi de três afloramentos representados pela nomenclatura RCa -08; RCa-11 e RCa-13 conforme serão apresentados (Figura 10), no mapa de localização dos afloramentos com coletas para análise de LOE.

Figura 10- Mapa de Localização dos Afloramentos em Lagoa do Carro e Carpina com Coletas para Análises de LOE.



Fonte: A autora (2018).

### 6.1.1 Afloramentos em Lagoa do Carro

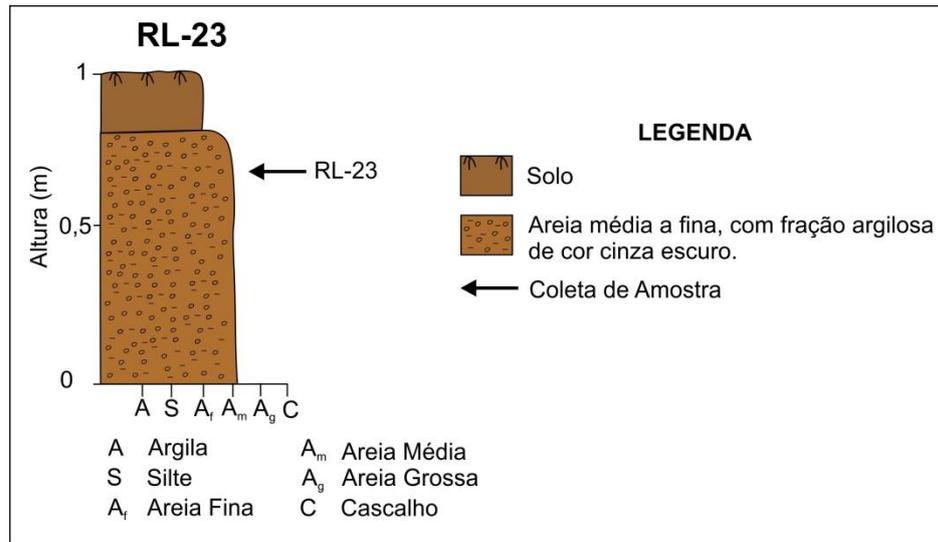
O Afloramento RL-23 é constituído por um elúvio areno - argiloso de cor cinza escuro. Nesse afloramento foi coletada amostras para minerais pesados (MP), LOE e ER. A (Figura 11) apresenta a localização do tubo de aço para coleta do LOE, a (Figura 12) representa o perfil demonstrativo.

Figura 11- Afloramento RL-23 coleta de amostra para análise de LOE.



Fonte: A autora (2018).

Figura 12- Perfil representativo do Afloramento RL-23 com indicação onde houve a coleta do material para análise.



Fonte: A autora (2018).

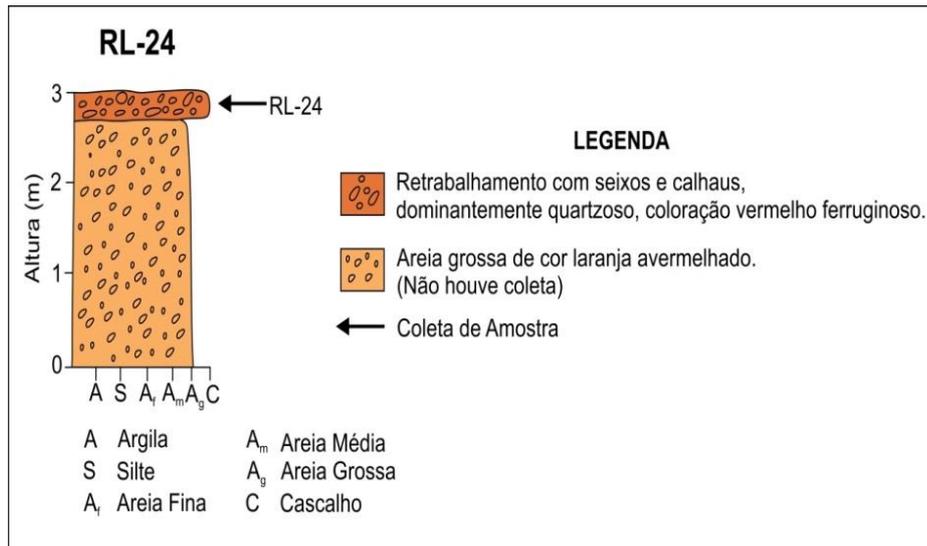
O Afloramento RL-24 possui um material constituído por um retrabalhamento com seixos e calhaus, predominantemente quartzoso, de cor vermelho ferruginoso. A base desse afloramento possui um material constituído por uma areia grossa com uma coloração laranja avermelhado (Figura 13). A (Figura 14) representa o perfil estratigráfico com a indicação do local onde houve as coletas para análises.

Figura 13- Afloramento RL-24.



Fonte: A autora (2018).

Figura 14 - Perfil representativo do Afloramento RL-24.



Fonte: A autora (2018).

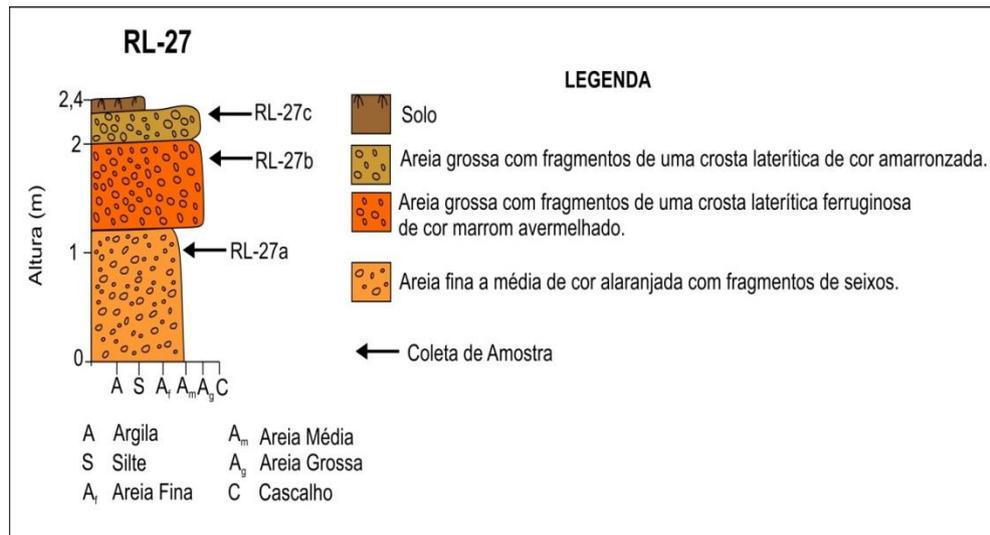
O Afloramento RL-27 possui em sua base uma areia fina a média, de cor alaranjada, representando o embasamento intemperizado. Na porção média, possui fragmentos de uma crosta laterítica podendo fazer parte do embasamento intemperizado. O topo desse afloramento é representado por um elúvio, composto de uma areia grossa, com fragmentos de uma crosta laterítica de cor marrom (Figura 15). Houve a coleta de material nos três níveis desse afloramento, conforme ilustrado no perfil (Figura 16).

Figura 15 - Afloramento RL-27.



Fonte: A autora (2018).

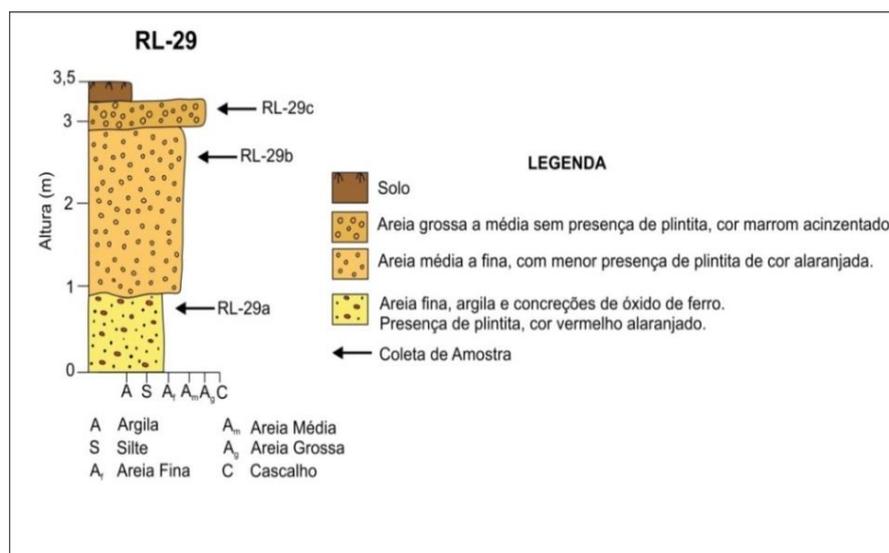
Figura 16 - Perfil do Afloramento RL-27 com coletas nos níveis **a**, **b** e **c**.



Fonte: A autora (2018).

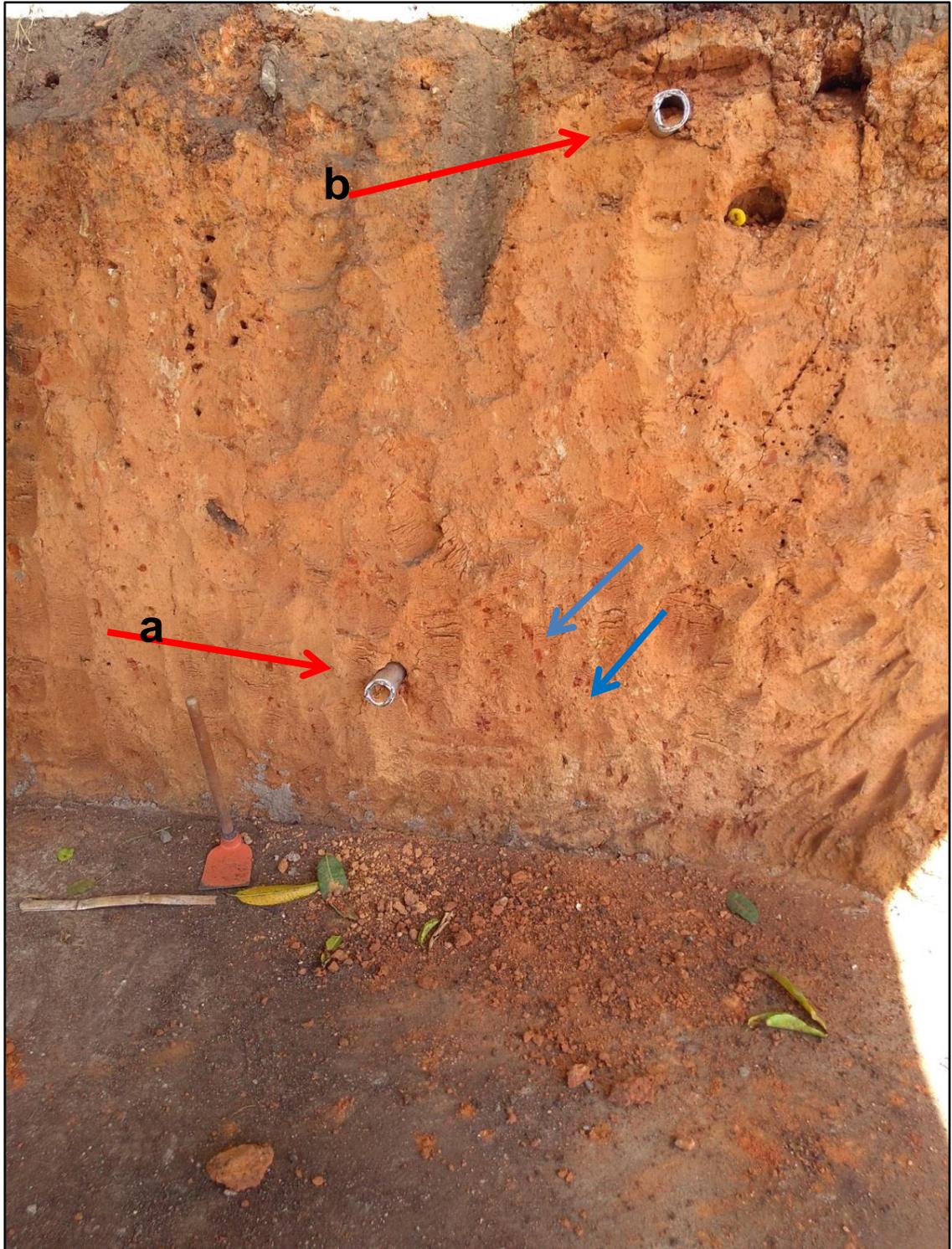
O Afloramento RL-29 é constituído por três níveis conforme demonstrado no perfil (Figura 17), composto em sua base por um elúvio contendo uma areia fina, argilosa, de cor laranja avermelhado, apresentando concreções de óxido de ferro, e presença de plintita, sob a forma de manchas vermelhas. Na porção intermediária, o elúvio é composto de uma areia média a fina, cor alaranjada, com menor ocorrência de plintita. O topo desse afloramento possui uma areia média a grossa, de cor marrom acinzentado. Nas (Figuras 18 e 19) estão apresentadas as localizações das três coletas de amostras para LOE nos níveis **a**, **b** e **c**.

Figura 17- Perfil do Afloramento RL-29 com coletas nos níveis **a**, **b** e **c**.



Fonte: A autora (2018).

Figura 18 - Afloramento RL-29 com coletas nos níveis **a** (base) e **b** (intermediário).  
Presença de plintita (setas azuis).



Fonte: A autora (2018).

Figura 19 - Afloramento RL-29 (coleta de amostra no nível **c**) seta vermelha.



Fonte: A autora (2018).

Os afloramentos que se seguem, só houve a coleta para análises de minerais pesados e espectroscopia de reflectância. A maioria com coleta na base e topo do mesmo, como pode ser observado nos Afloramentos RL-02 (Figura 20), RL-16 (Figura 21), RL-17 (Figura 22) e RL-18 (Figura 23).

Figura 20- Afloramento RL-02 é composto por um elúvio/colúvio, cujo topo é de cor alaranjada.



Fonte: A autora (2018).

Figura 21- O Afloramento RL- 16 é constituído por um elúvio / colúvio com seixos centimétricos na sua base.



Fonte: A autora (2018).

Figura 22- Afloramento RL-17 é representado no topo por um elúvio/ colúvio na cor cinza.



Fonte: A autora (2018).

Figura 23 - Afloramento RL-18 (embasamento intemperizado).



Fonte: A autora (2018).

Os Afloramentos RL-21, RL-22, RL-25, RL- 26 e RL-28 estão representados nas (Figuras 24, 25, 26, 27 e 28) a seguir.

Figura 24- Afloramento RL-21 é constituído por um retrabalhamento do embasamento.



Fonte: A autora (2018).

Figura 25- Afloramento RL- 22 possui um retrabalhamento do embasamento com níveis de clastos de quartzo.



Fonte: A autora (2018).

Figura 26- Afloramento RL- 25 é um elúvio de cor laranja amarelado.



Fonte: A autora (2018).

Figura 27- Afloramento RL-26 é um embasamento retrabalhado na base, e no topo, um elúvio na cor cinza.



Fonte: A autora (2018).

Figura 28- Afloramento RL-28 apresenta um veio de quartzo bastante fraturado do embasamento alterado.



Fonte: A autora (2018).

### 6.1.2 Afloramentos em Carpina

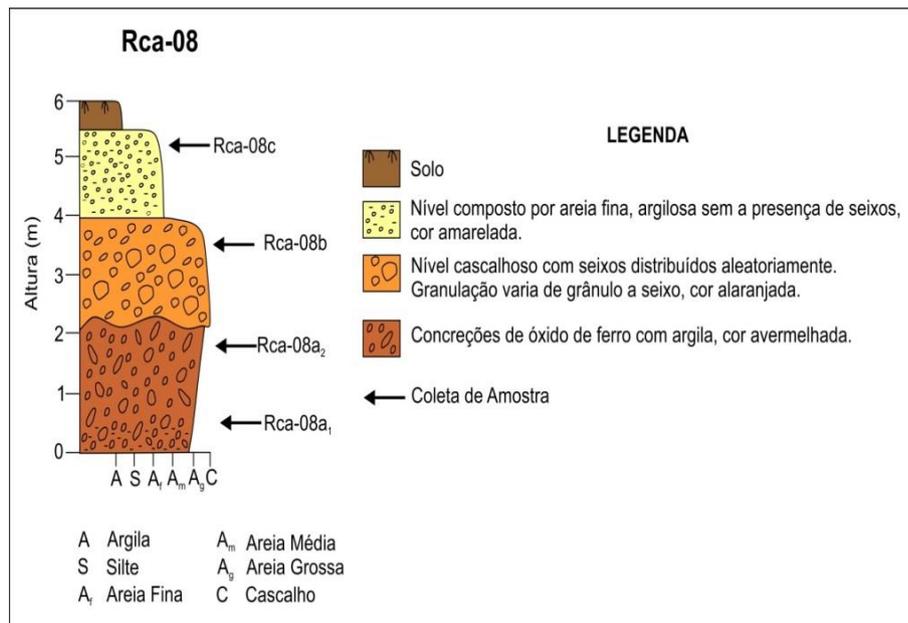
O Afloramento RCa- 08 possui três níveis diferenciados de sedimentos que foram denominados de 08a, 08b e 08c. O nível **a** (basal) é constituído por um óxido de ferro, concreções de óxido de ferro, de cor avermelhada. O nível **b**, intermediário, é composto por seixos, distribuído aleatoriamente, com granulação variando de grânulo a seixo, de cor alaranjada. O nível **c** (topo) é um nível mais argiloso, sem a presença de seixos, de cor amarelada (Figura 29 níveis **b** e **c**). Perfil representativo, (Figura30).

Figura 29- Afloramento RCa -08 coleta de amostra no nível **c** e o nível **b** (tubo já cravado para retirada da amostra).



Fonte: A autora (2018).

Figura 30- Perfil representativo do Afloramento RCa -08.



Fonte: A autora (2018).

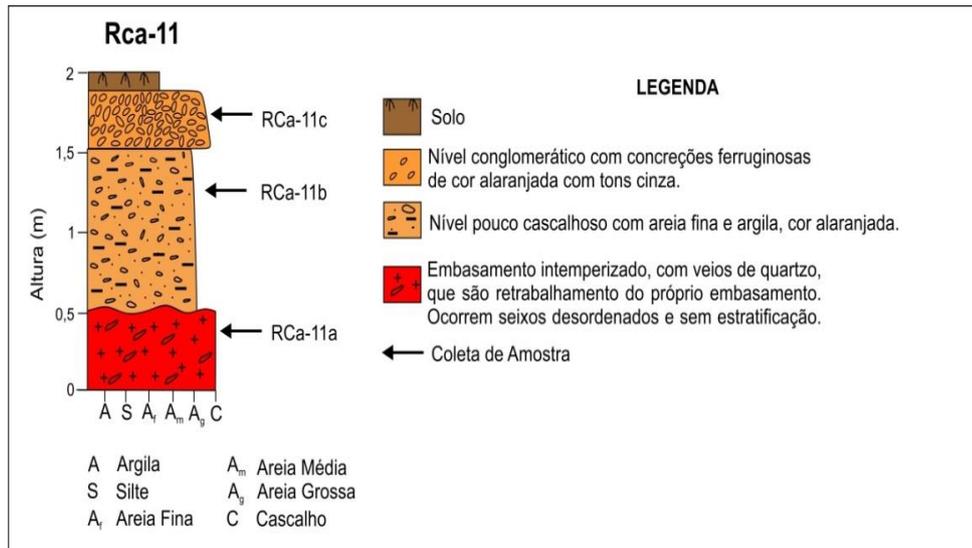
O Afloramento RCa -11 é constituído por três níveis: a porção basal (a) é composta por um embasamento intemperizado com a presença de veios de quartzo que são retrabalhamento do embasamento. Também ocorrem seixos arredondados do próprio retrabalhamento. No contato do embasamento com o material retrabalhado, os níveis de seixos estão desordenados e sem estratificação. O nível intermediário (b) é um nível pouco cascalhoso, com areia fina e argila, de cor alaranjada. O topo (c), (Figura 31) é representado por um nível cascalhoso, de cor alaranjada, com tons cinza e concreções ferruginosas. A (Figura 32) contém o perfil do afloramento com os níveis de coleta amostrados.

Figura 31- Afloramento RCa -11, nível cascalhoso e concreções ferruginosas. Preparação para coleta no nível (c).



Fonte: A autora (2018).

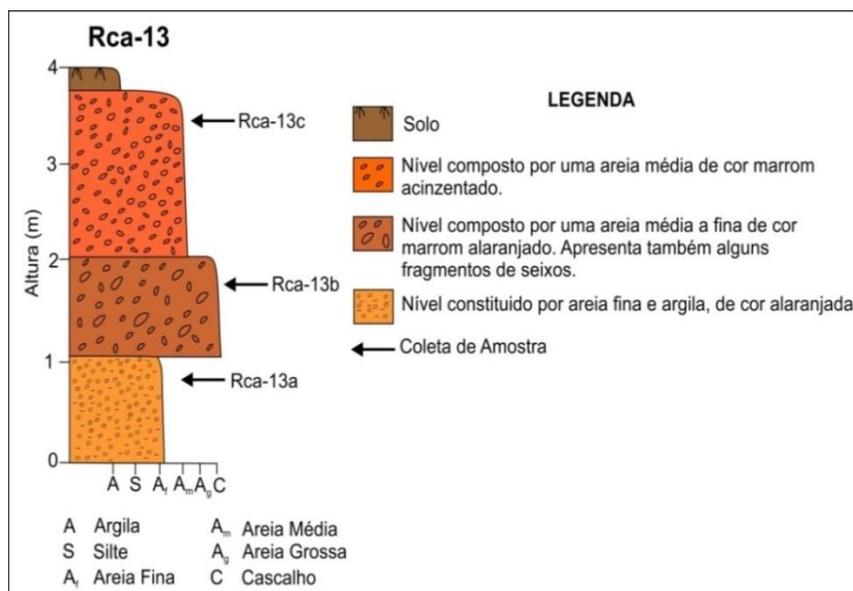
Figura 32-Perfil do Afloramento RCa -11.



Fonte: A autora (2018).

O Afloramento RCa -13 é constituído por um elúvio-colúvio com três níveis amostrados. O nível basal (**a**) é composto por uma areia fina com argila, de cor alaranjada. O nível (**b**) intermediário é representado por uma areia média a fina, de coloração marrom alaranjada. O nível (**c**) possui uma areia média de cor marrom acinzentado. A (Figura 33) apresenta o perfil do afloramento. A (Figura 34) demonstra a localização do ponto de coleta na base do afloramento.

Figura 33- Perfil do Afloramento RCa -13.



Fonte: A autora (2018).

Figura 34- Afloramento RCa-13 (local onde houve a coleta no nível a) seta vermelha.



Fonte: A autora (2018).

Os Afloramentos RCa -10, RCa- 12, RCa-14 e RC-07 estão representados nas (Figuras 35, 36, 37 e 38) conforme a seguir. E, como não houve coleta de material para análise de LOE, não se fez necessário elaborar os perfis dos mesmos. Mas, em todos foram coletadas as amostras para análise de minerais pesados e espectroscopia de reflectância.

Figura 35- Afloramento RCa- 10 é representado por um embasamento intemperizado. Possui ainda um veio pegmatítico muito fraturado, constituído por feldspato alterado, quartzo e muscovita.



Fonte: A autora (2017).

Figura 36- Afloramento RCa- 12 é representado por um embasamento muito intemperizado e fraturado.



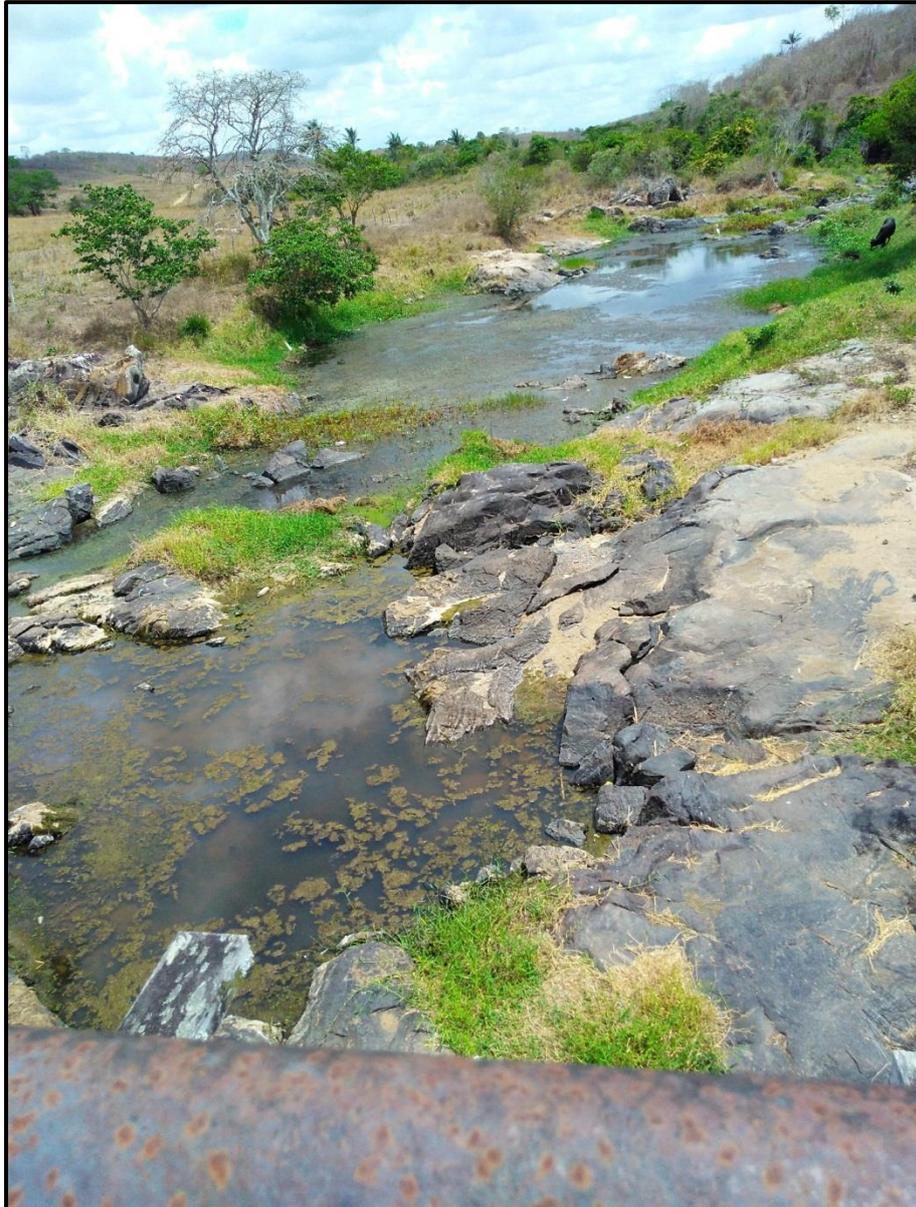
Fonte: A autora (2017).

Figura 37- O Afloramento RCa- 14 em sua base se apresenta intemperizado, e no topo, um retrabalhamento com níveis de quartzo desordenados e sem estratificação.



Fonte: A autora (2017).

Figura 38- Afloramento RC- 07(reconhecimento da área). Embasamento aflorante às margens do rio Tracunhaém, no trecho do município de Lagoa do Carro.



Fonte: A autora (2017).

Como resultado das observações e amostras coletadas em campo, os sedimentos dos afloramentos encontrados nos dois municípios são oriundos de solos, elúvio (resultantes do intemperismo químico) e colúvios (representados pelos detritos de minerais transportados). Esses sedimentos se apresentam de cores variegadas, ora de cor amarelada, avermelhada, ou alaranjada com concreções de óxido de ferro, de granulação variando de argila até cascalho. Também se encontram sedimentos retrabalhados que são provenientes do embasamento

intemperizado, constituídos em alguns níveis por veios de quartzo, em outros pontos de coleta ocorrem níveis de seixos arredondados, desordenados e sem estratificação. Em alguns afloramentos se observa que o retrabalhamento do embasamento contém seixos e calhaus com níveis de clastos de quartzo, além do próprio embasamento intemperizado composto por feldspato alterado, quartzo e muscovita. Na área de estudo os vales são na maior parte do tipo encaixados, por isso não são encontrados depósitos aluviais.

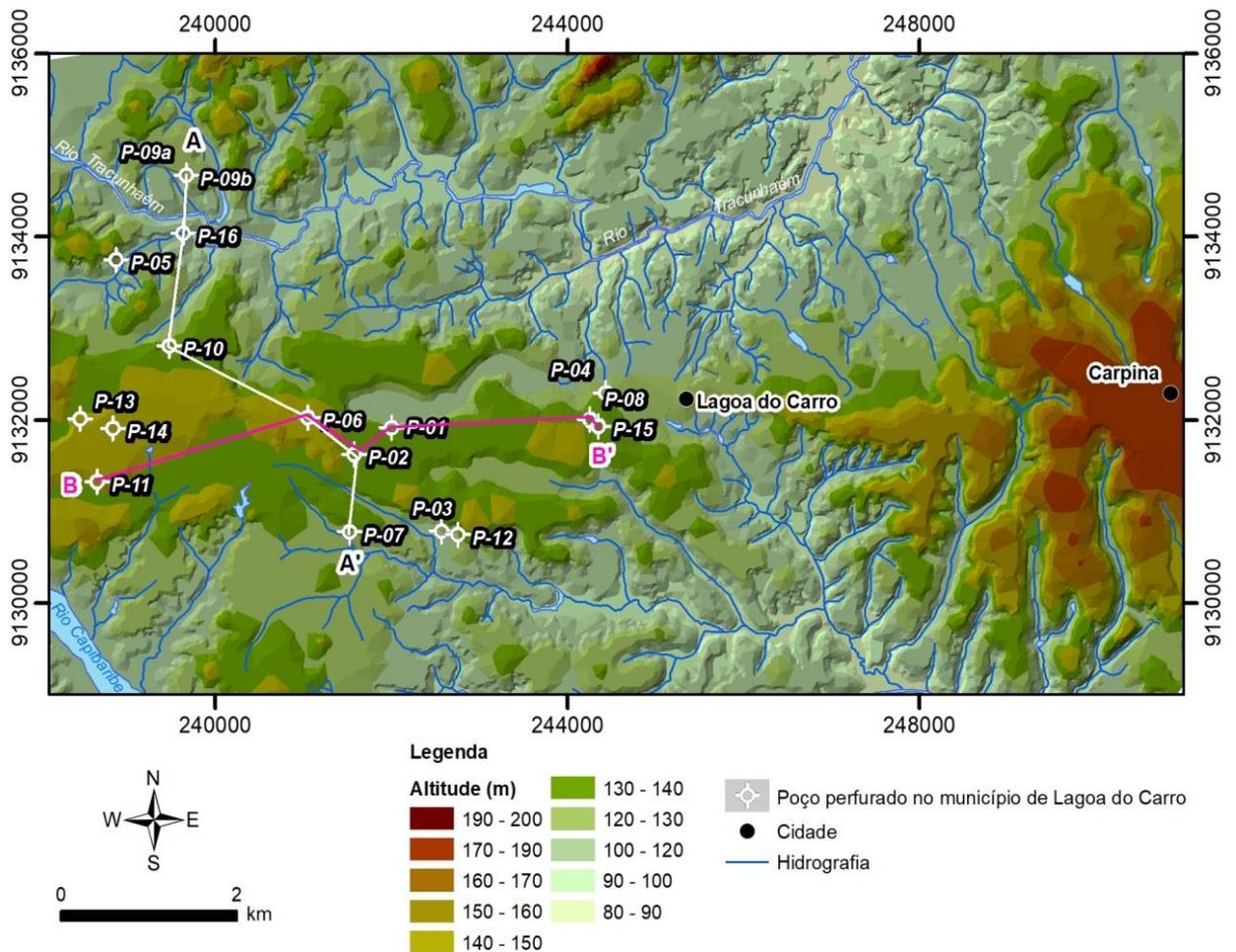
## 6.2 POÇOS PERFURADOS EM LAGOA DO CARRO

Como já foi dito anteriormente, foram perfurados dezessete poços profundos em Lagoa do Carro, com o objetivo de captação de água subterrânea, em setembro de 2017. Esses poços foram locados, acompanhados, descritas suas amostras de calha, e relatório técnico envolvendo as condições de exploração, para definição do equipamento de bombeamento que deveria ser instalado. Em todas essas fases houve a participação da autora.

Após a perfuração desses poços, o que chamou a atenção além da questão principal que era o abastecimento d'água, foi o fato da espessura desses sedimentos, quando da descrição das amostras de calha, para elaborar os perfis litoestratigráficos. Alguns deles apresentaram um pacote espesso (20m) dessa cobertura sedimentar, e outros não. E, foi a partir desse contexto, o que motivou investigar sua origem, diante de suas localizações, utilizando seus dados para algumas análises e compreender a profundidade do embasamento.

Para situar a localização desses poços, realizou-se um mapa hipsométrico para elaborar dois perfis, um para os poços no sentido N –S denominados de A- A' e outro no sentido E- W como B- B' (Figura 39). Nesses perfis não estão todos os dezessete poços, em função de suas posições geográficas.

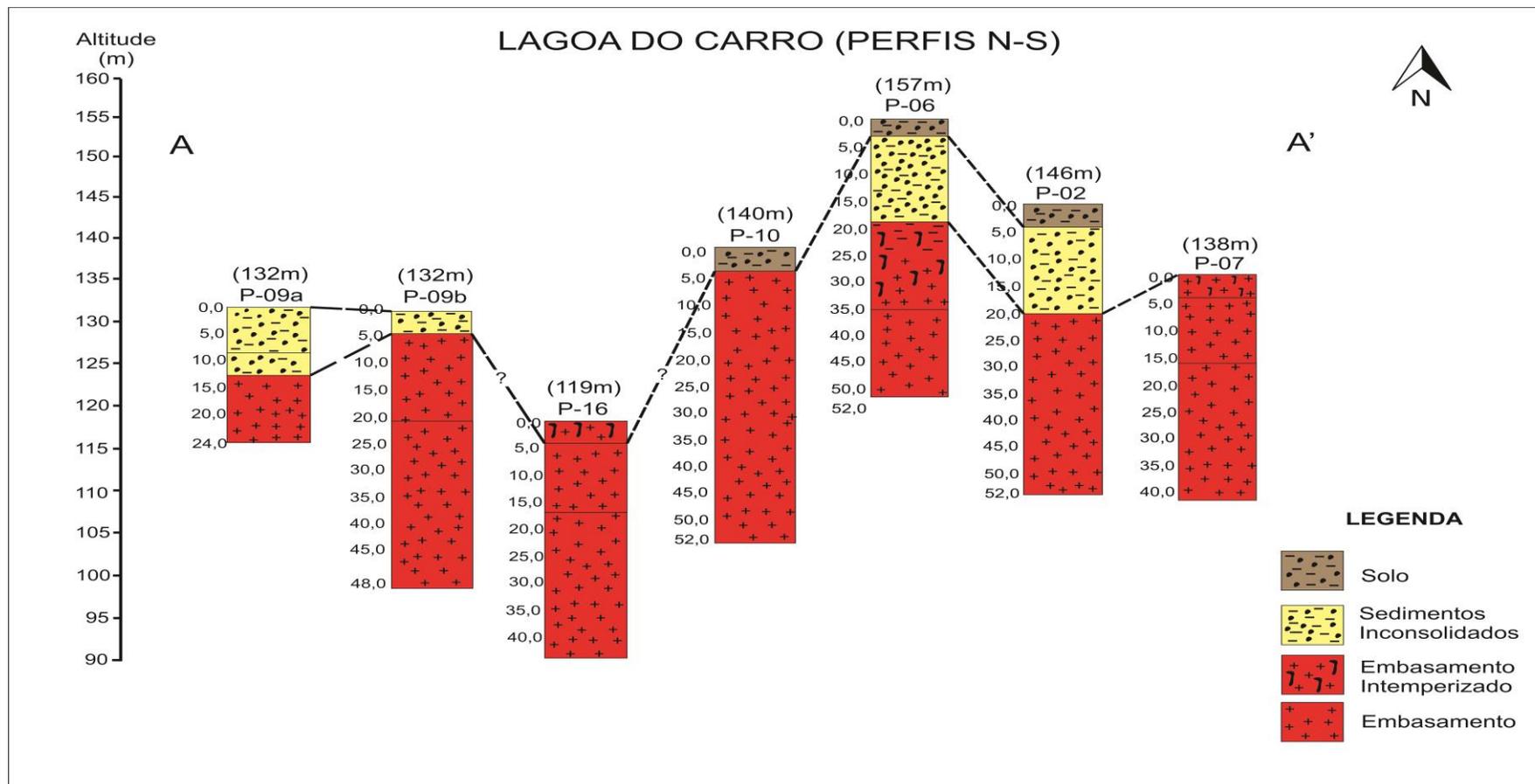
Figura 39- Mapa hipsométrico de localização dos poços perfurados em Lagoa do Carro, com sentido N-S (A- A') e sentido E-W (B- B').



Fonte: A autora (2019).

A partir da definição dos poços, foram realizados os painéis de correlação estratigráfica um no sentido N-S (Figura 40) e outro sentido E-W (Figura 41), para investigar se essa cobertura superficial teria alguma relação entre suas posições geográficas e as altitudes obtidas em cada um deles.

Figura 40- Painel de Correlação Estratigráfica dos Poços Perfurados em Lagoa do Carro (Perfis N-S)

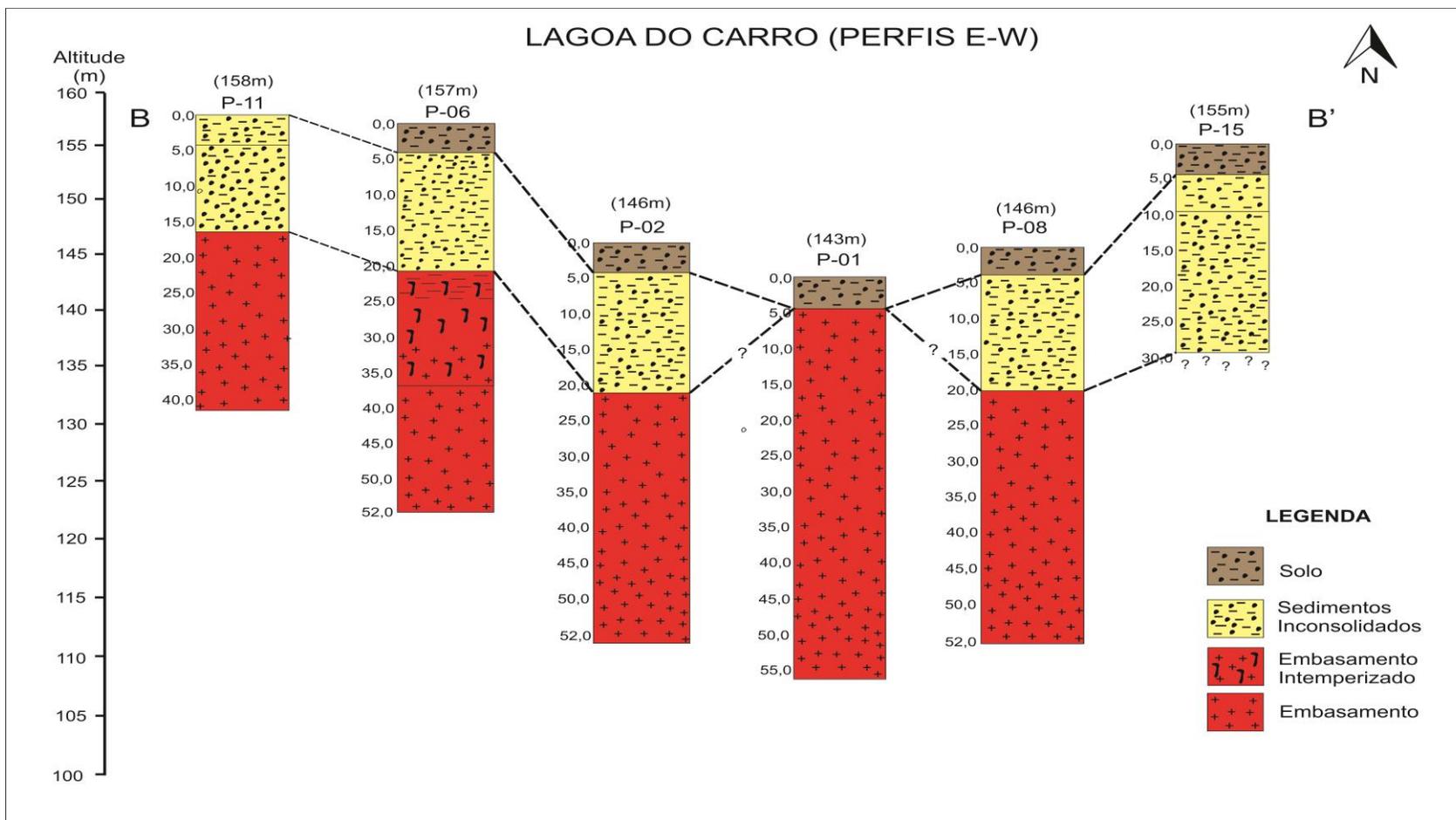


Fonte: A autora (2019).

O que se observa nesse painel litoestratigráfico N-S é o pacote sedimentar pouco espesso (5m e 12m de espessura), representado pelos poços **P-09b** e **P-09a** respectivamente, com altitudes de 132m. Ou até mesmo não ocorre, no **P-16** e **P-07** atingindo o embasamento de imediato. Era de se esperar esse resultado, pois, nos dois últimos casos o embasamento já aflorava nessa área. E, no terreno do **P-16** a altitude é bem abaixo dos demais, cota de 119m. O poço **P-07** apesar de ter uma cota de 138m, o fato de não ocorrer esses sedimentos inconsolidados é explicado pela ocorrência do embasamento aflorante nesse ponto. E o pacote de sedimento se existiu, foi erodido. O poço **P-10** (altitude de 140m) apesar de ser uma cota relativamente alta, também é desprovido dessa cobertura sedimentar. Possui apenas um solo pouco espesso (4m), e de imediato, atinge o embasamento. Esse caso pode ser explicado por sua localização próxima a uma cabeceira de drenagem, e com declive pouco acentuado, o que favoreceu uma erosão nesse ponto.

De uma maneira geral o que se observa é quanto maior a altitude, representado pelos poços **P-06** e **P-02**, com cotas de 157m e 146m respectivamente, o pacote desse sedimento é mais espesso. Nos dois casos, o pacote sedimentar atingiu 20m de profundidade. Possivelmente pelo fato de estarem situados em um topo aplainado, distando dos cursos d'água e, por isso, preservados pela ação erosiva dos mesmos.

Figura 41- Painel de Correlação Estratigráfica dos Poços Perfurados em Lagoa do Carro (Perfis E-W)



Fonte: A autora (2019).

Por outro lado, os perfis litoestratigráficos E-W, possuem um comportamento diferenciados dos perfis N-S. Esses poços estão localizados muito próximos da PE-090, que é uma área elevada, de topo aplainado. Foi observado que a PE-090 pelo menos na área de estudo, ela funciona como um divisor de águas, ou mesmo como uma cabeceira de drenagem. Da PE-090 em direção ao Norte, a drenagem, ou os riachos secundários correm em direção ao rio Tracunhaém. Da PE-090 em direção ao Sul a drenagem corre em direção ao rio Capibaribe. Observa-se ainda através desses poços que quanto mais afastados dessa rodovia tanto em direção ao Norte como para Sul, as cotas são mais baixas. E, nessas áreas os vales são dissecados, e, praticamente sem nenhuma cobertura superficial. Portanto, menores altitudes, maior erosão, e menor espessura do pacote sedimentar nos perfis N-S.

Os poços **P-11**, **P-06**, **P-02**, **P-08** e **P-15** possuem um comportamento semelhante no que diz respeito às altitudes e sua relação com a espessura desses sedimentos, como pode ser observados nos perfis E-W (Figura41). Todos possuem altitudes acima de 140m, chegando a 158m (**P-11**) e o pacote sedimentar varia de 15m a 30m de profundidade. A única exceção é o **P-01**, que apesar de possuir uma cota relativamente alta (143m), não exhibe esses sedimentos inconsolidados. O solo é pouco espesso, e o embasamento logo aflora. O que pode ter ocorrido foi uma erosão nesse trecho, por estar próximo da borda desse topo aplainado. O poço **P-15** (155m) foi o de maior espessura com 30m de profundidade. Infelizmente nesse caso, não se sabe se o embasamento já estaria próximo, pela paralização do poço nessa profundidade, em decorrência da presa do ferramental.

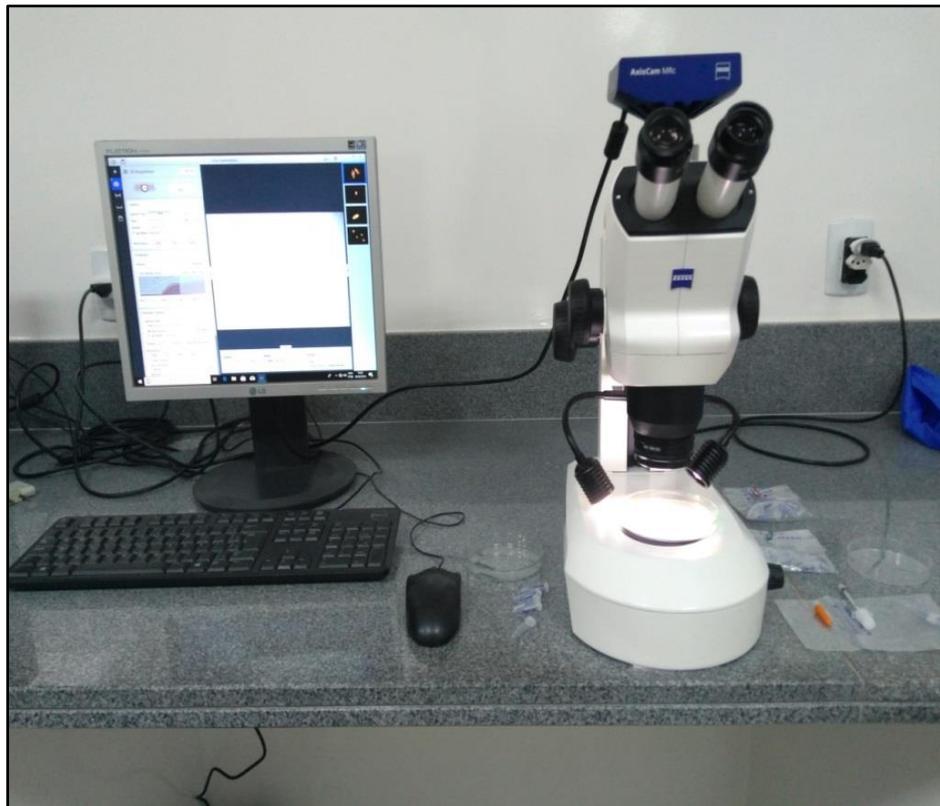
A partir da análise efetuada, pode ser avaliado que a espessura desse pacote sedimentar está diretamente relacionada com as altitudes, onde locais com patamares mais elevados e aplainados a espessura é maior. Com relação aos poços próximos à rede de drenagem, foi observada a ausência desses sedimentos, ou quando ocorrem é de pouca espessura, ocasionado pela erosão em decorrência da atuação dos mesmos. Fato observado nos perfis N-S. Os poços situados em locais sem a presença de uma rede hidrográfica, os sedimentos são mais preservados, e correspondem aos poços situados nos perfis E- W, com maiores espessuras.

### 6.3 MINERAIS PESADOS

As amostras de cada afloramento depois de bateadas para concentração dos minerais pesados e secas em estufa conforme já descrito anteriormente no item análise laboratorial, foram identificadas na lupa binocular Modelo Stemi 508, Marca ZEISS, com câmera acoplada (Figura 42). Realizadas no Laboratório de Petrologia sedimentar do LAGESE/LITPEG, da UFPE.

Como não foram usados os métodos mais efetivos de separação densimétrica e líquido denso, a quantidade de quartzo nas amostras foi muito elevada. Esse fato diminuiu a quantidade dos minerais pesados nas amostras. Foram separados 100 grãos de minerais (incluindo o quartzo) em lupa binocular. Portanto, o universo considerado para os percentuais da análise estatística dos minerais pesados representados nos gráficos, são percentuais absolutos.

Figura 42- Lupa binocular acoplada com câmera, utilizada para identificação dos minerais pesados.



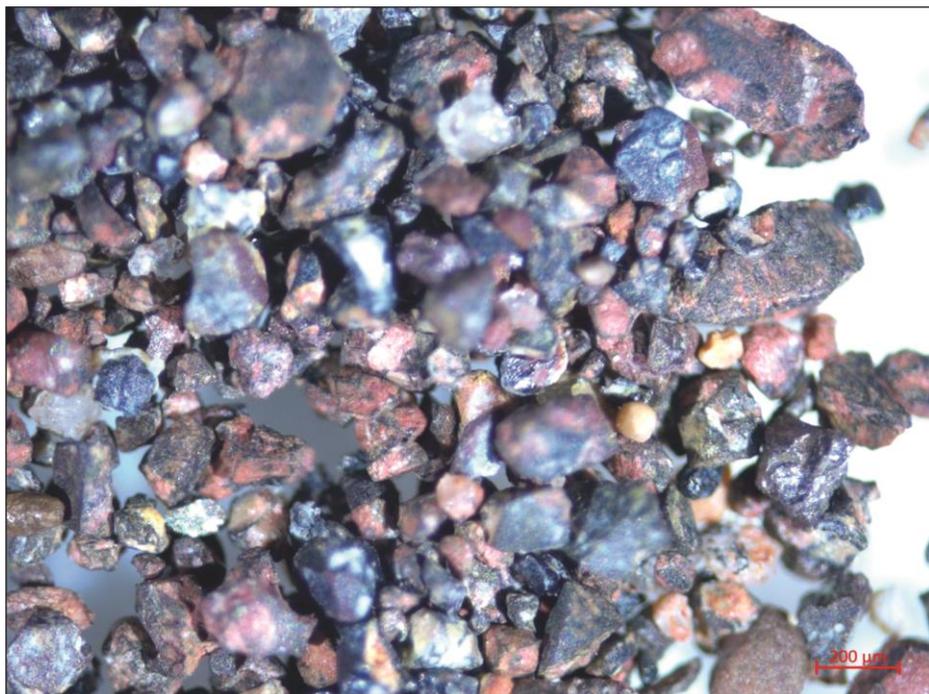
Fonte: A autora (2019).

Os **minerais pesados** encontrados nos afloramentos amostrados de **Lagoa do Carro** foram: a magnetita, zircão, ilmenita e apatita considerados os mais abundantes. Seguidos das turmalinas, rutilos e silimanitas, mas não ocorrem em todos os afloramentos, e considerados menos abundantes. Os minerais com menor ocorrência e considerados raros nas amostras foram a monazita, anfibólio e mica.

As associações dos minerais pesados identificados com seus respectivos percentuais estão representadas em gráficos, nos 12 afloramentos com coleta de material no município de Lagoa do Carro de acordo com a ordem de abundância.

A magnetita ocorre em todos os afloramentos e níveis das amostras analisadas e se apresentam na cor preta ou vários tons de marrom na cor brilhante, e alguns com hábito octaédrico, e às vezes disformes (Figura 43).

Figura 43- Fotomicrografia exibindo grãos de magnetita com diversos formatos e cores.



Fonte: A autora (2019).

O zircão ( Figura 44) foi o segundo mineral mais abundante no município, e só não ocorreu no nível **c** (Figura 45) do Afloramento RL-29. Foram observados grãos incolores, prismáticos em sua maioria. Mas, alguns são encontrados com as

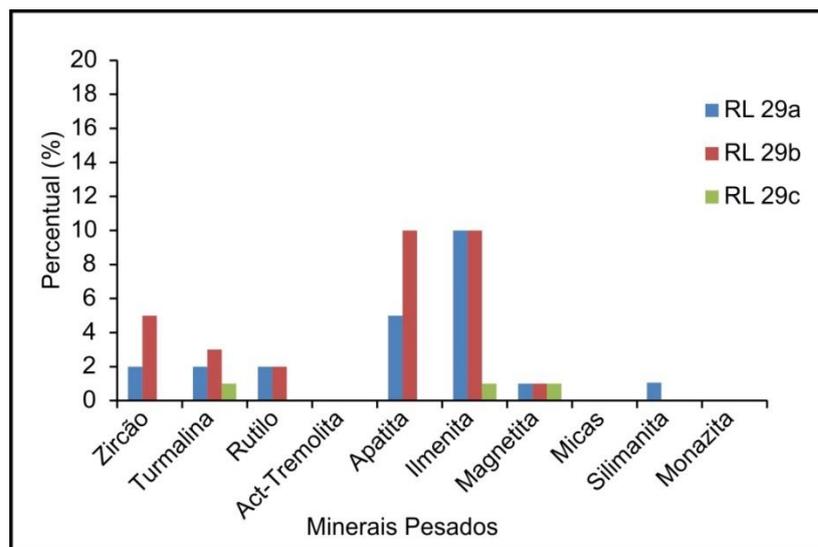
terminações arredondadas. Foi encontrado também em menor proporção na cor amarela, alaranjado, prismático e translúcido.

Figura 44- Fotomicrografia exibindo grãos de zircões prismáticos, e alguns com terminações arredondadas .



Fonte: A autora (2019).

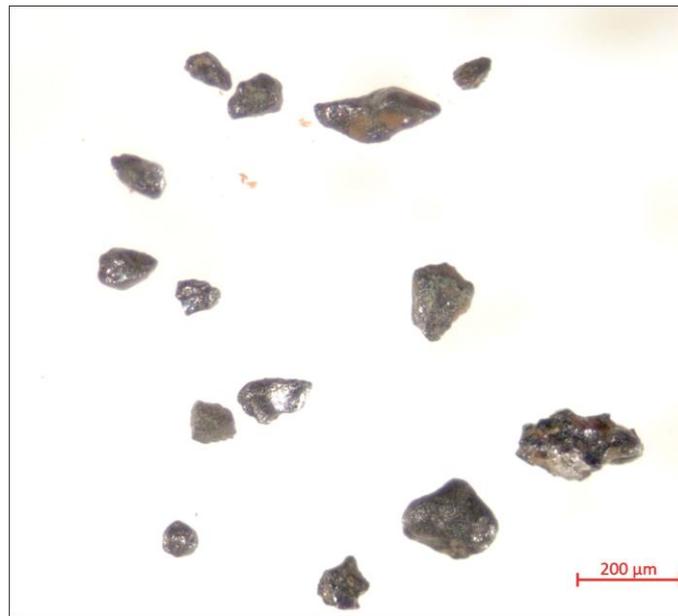
Figura 45- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-29. Observa-se a presença do zircão nos níveis a e b do afloramento.



Fonte: A autora (2019).

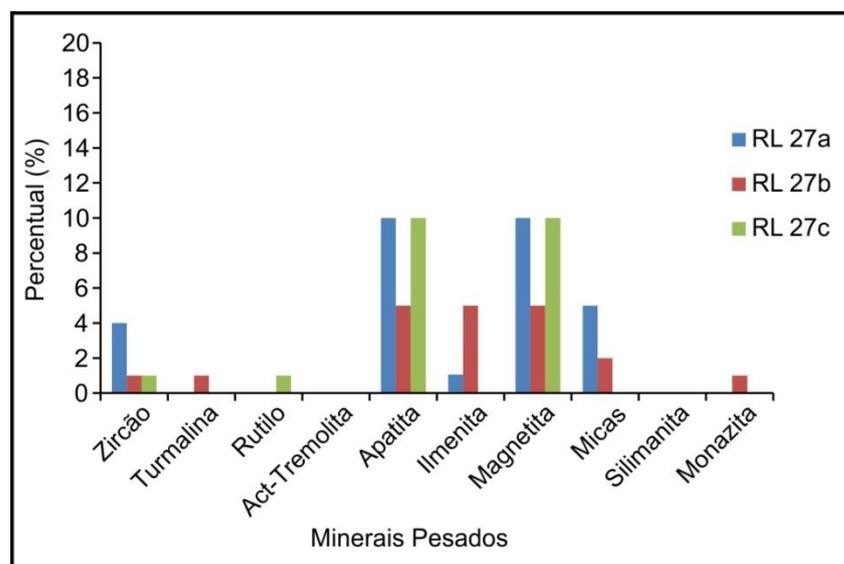
A ilmenita (Figura 46) é o terceiro mineral abundante, ocorrendo em todos os afloramentos, com exceção do nível **c**, topo do Afloramento RL-27 (Figura 47). E se apresenta na cor preta, com brilho metálico, com grãos disformes e outros subarredondados.

Figura 46- Fotomicrografia exibindo grãos de ilmenita na cor preta e brilho metálico.



Fonte: A autora (2019).

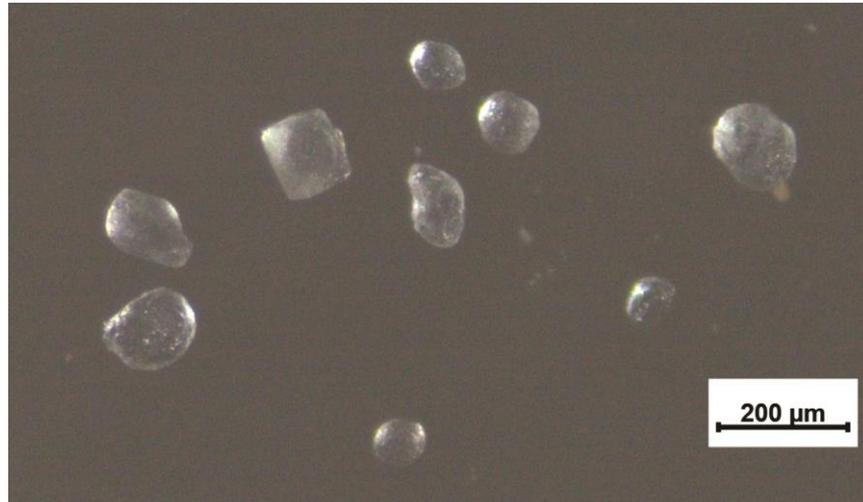
Figura 47- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-27, onde se observa a ausência da ilmenita no nível **c** do afloramento.



Fonte: A autora (2019).

O quarto mineral abundante é a apatita, com ocorrência em grande parte dos afloramentos estudados, e se apresentam de forma esférica e brilho translúcido. Em alguns casos são incolores e arredondados (Figura 48).

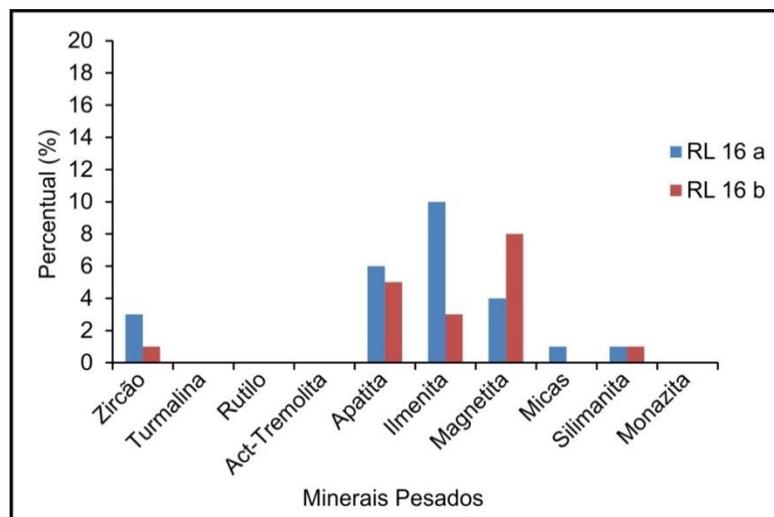
Figura 48- Fotomicrografia exibindo grãos de apatita.



Fonte: A autora (2019).

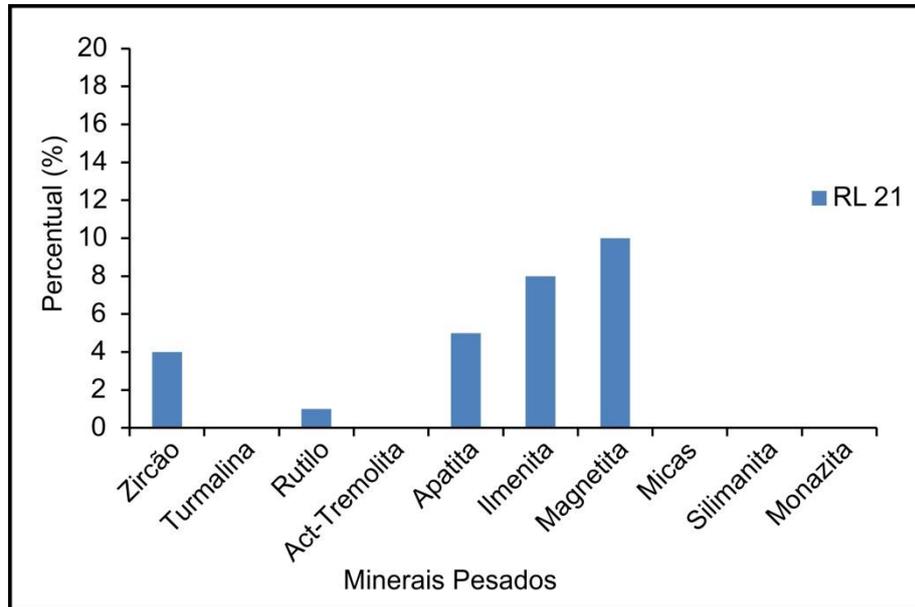
Os quatro minerais abundantes já relacionados anteriormente em todos os afloramentos estão representados nos gráficos elaborados com os percentuais absolutos nos Afloramentos RL-16 (Figura 49), RL- 21(Figura 50) e RL- 26 (Figura 51).

Figura 49- Assembleia dos minerais pesados encontrados em percentuais absolutos nas amostras do Afloramento RL-16, e ocorrência dos quatro minerais abundantes nos dois níveis amostrados.



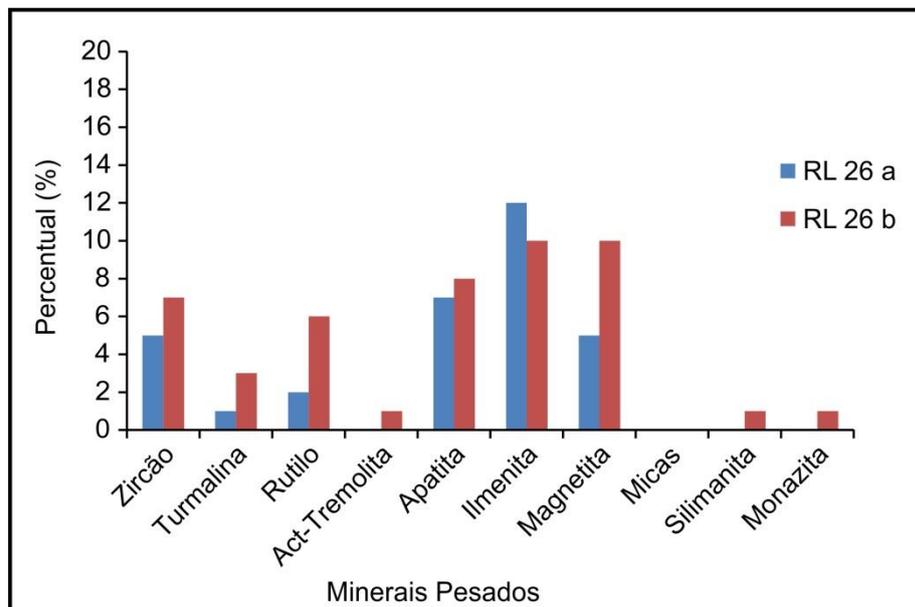
Fonte: A autora (2019).

Figura 50 – Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-21, com predominância da magnetita (10%) em relação aos demais minerais.



Fonte: A autora (2019).

Figura 51- Assembleia dos minerais pesados encontrados em percentuais absolutos nas amostras do Afloramento RL-26, com presença dos quatro minerais mais abundantes nos dois níveis amostrados.



Fonte: A autora (2019).

Os minerais pesados menos abundantes nos afloramentos foram as turmalinas (Figura 52), os rutilos (Figura 53) e as silimanitas (Figura 54). Mas não ocorrem em todos os afloramentos.

As turmalinas ocorrem de diversas formas e cores, variando de uma cor verde escura , quase preta, às vezes para um verde mais claro, em alguns grãos se apresentam subangulosos, com algumas faces preservadas. Por vezes com algumas faces prismáticas, e outros grãos subarredondados. Possuem um brilho vítreo, e alguns prismas são alongados (Figura 52).

Figura 52- Fotomicrografia exibindo grãos de turmalina com cor e forma variada.



Fonte: A autora (2019).

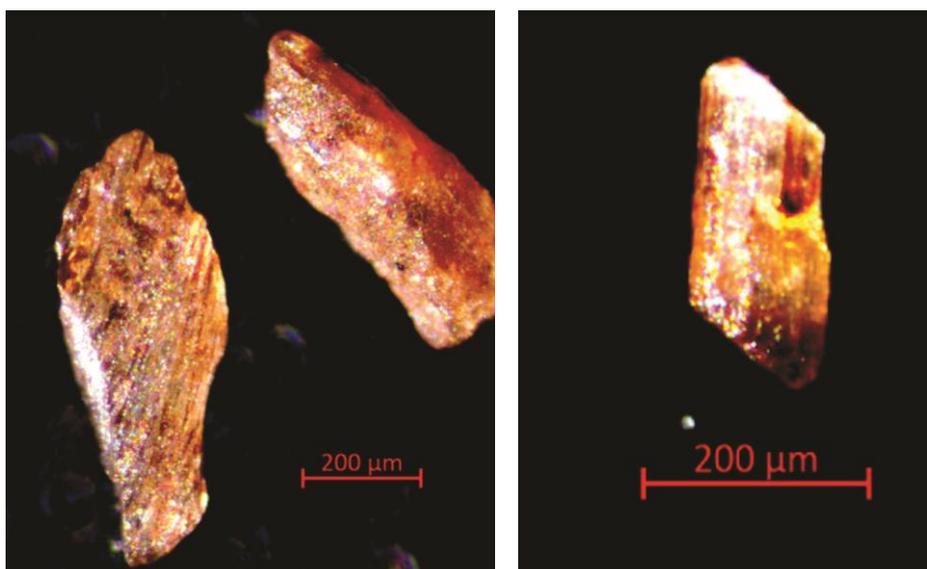
O rutilo também não ocorre em todos os afloramentos. Os grãos identificados se apresentam na cor vermelha, com brilho translúcido, de forma arredondada. Por vezes prismático, arredondado, e grão bem polido (Figura 53).

Figura 53- Fotomicrografia exibindo grãos de rutilo de coloração vermelha.



A silimanita foi observada em poucos afloramentos, e se apresenta na cor esbranquiçada, amarelada, com brilho vítreo, de formas prismáticas, com faces finamente estriadas (Figura 54).

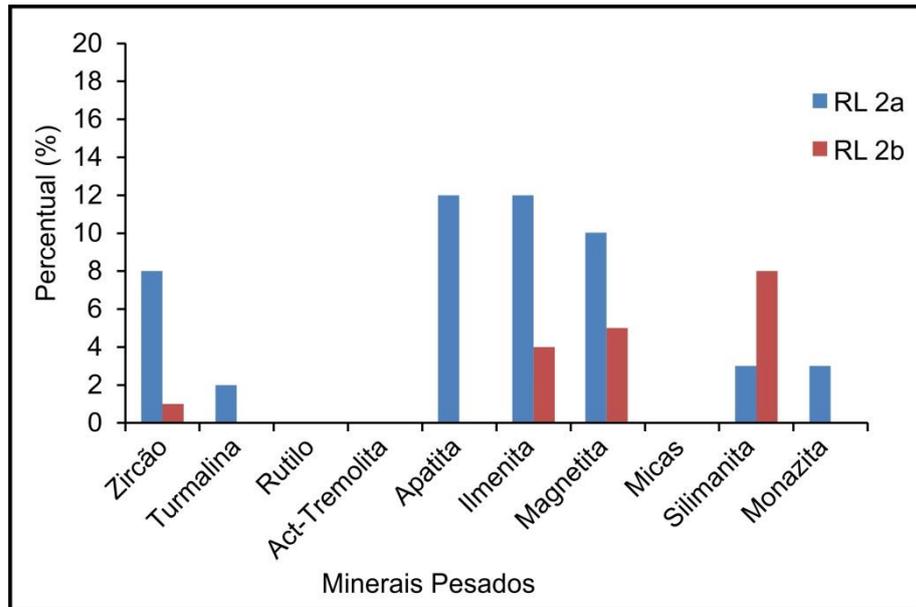
Figuras 54 - Fotomicrografia exibindo grãos de silimanita com cores amareladas e faces estriadas.



Fonte: A autora (2019).

No Afloramento RL-02 (Figura 55), a turmalina só aparece no nível **a** (base do afloramento). O rutilo não ocorre nos dois níveis amostrados. Por outro lado, a silimanita ocorre nos dois níveis com um percentual acima de 5% no nível **b** intermediário.

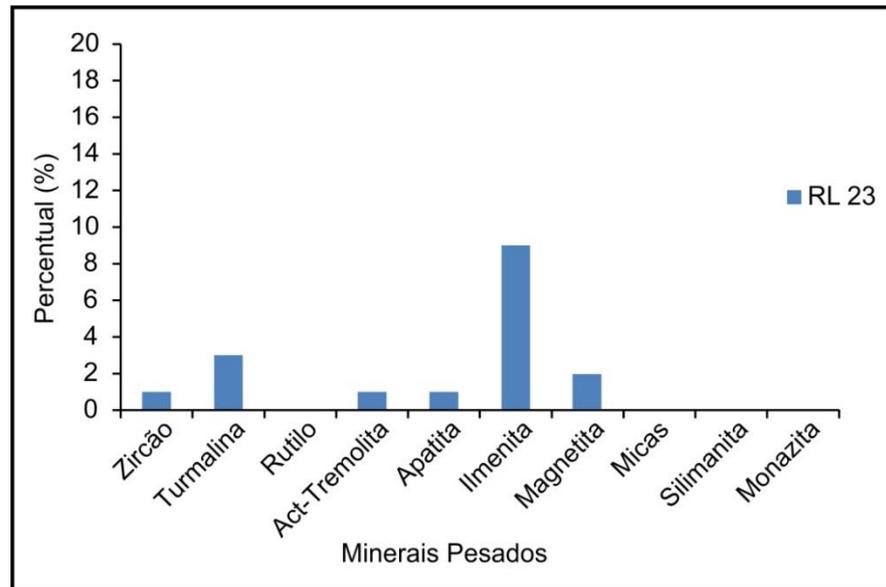
Figura 55- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-02.



Fonte: A autora (2019).

No Afloramento RL-23 (Figura 56) só com um nível amostrado, ocorre a turmalina com um percentual abaixo de 5%. O rutilo e a silimanita não ocorre nesse afloramento. Observa-se que é um afloramento relativamente “pobre” em minerais pesados, com exceção da ilmenita que é o único com percentual de 9% em relação aos demais.

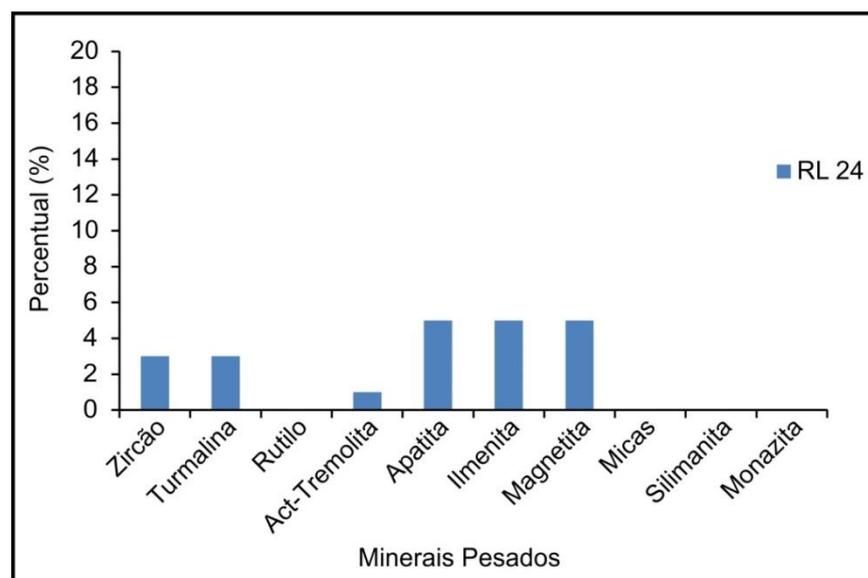
Figura 56- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-23.



Fonte: A autora (2019).

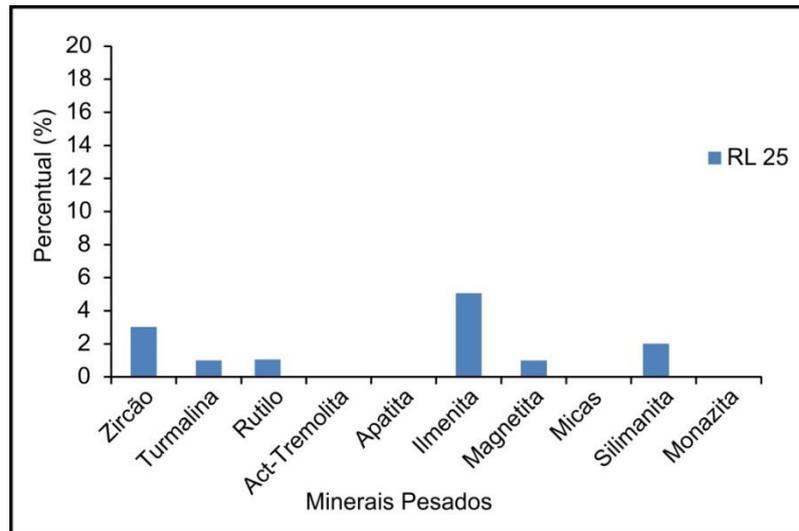
O Afloramento RL-24 (Figura 57) tem uma similaridade com o Afloramento RL-23, pela presença apenas da turmalina, dentre os três menos abundantes. Como no caso anterior, não aparece o rutilo nem a silimanita. O Afloramento RL-25 (Figura 58) só tem um nível amostrado, e possui maior ocorrência da silimanita em relação à turmalina e rutilo, com menos de 2% cada um.

Figura 57- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-24.



Fonte: A autora (2019).

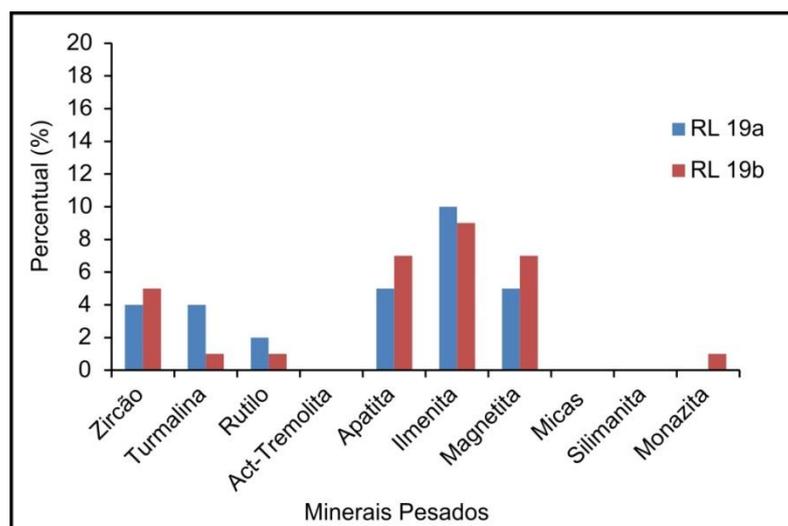
Figura 58- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-25.



Fonte: A autora (2019).

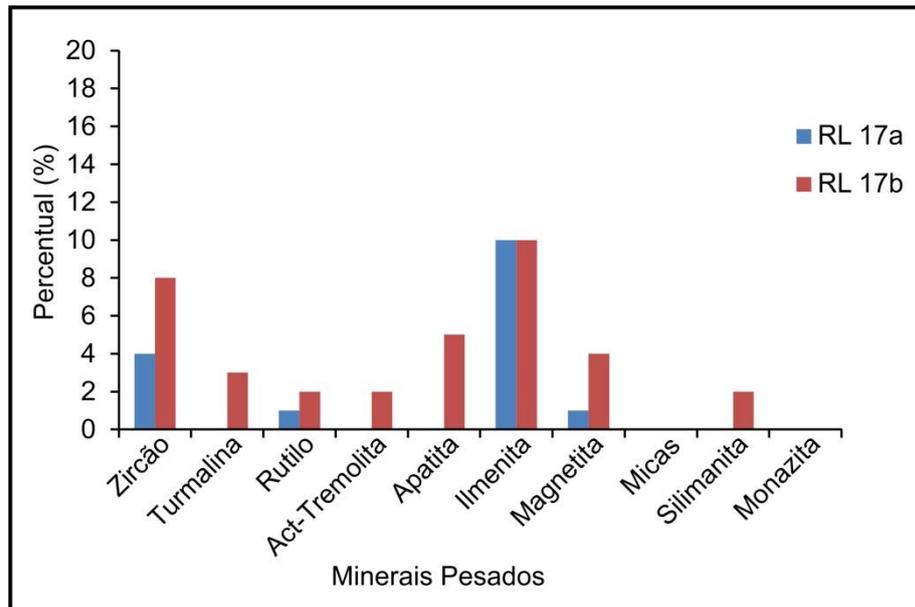
Os minerais pesados considerados raros nas amostras analisadas foram à monazita, anfibólio e as micas. As micas e o anfibólio não ocorrem no Afloramento RL-19 (Figura 59). Dos três minerais já citados, só a monazita é encontrada, apenas em um nível amostrado. Já no Afloramento RL-17 (Figura 60) só ocorre o anfibólio (actinolita-tremolita) no nível **b** do afloramento. Quanto às micas, e a monazita, não aparecem em nenhum dos dois níveis amostrados.

Figura 59- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-19.



Fonte: A autora (2019).

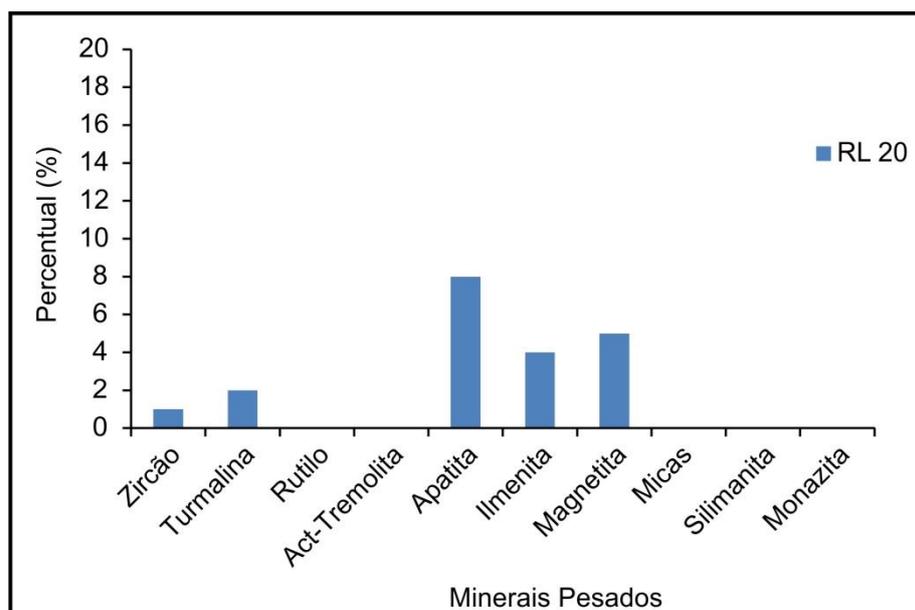
Figura 60- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-17.



Fonte: A autora (2019).

O Afloramento RL-20 só com um nível amostrado (Figura 61) os minerais pesados definidos como raros que são as micas, monazita e anfibólio, não ocorrem nesse afloramento. Os minerais mais representativos são a apatita, a magnetita e a ilmenita.

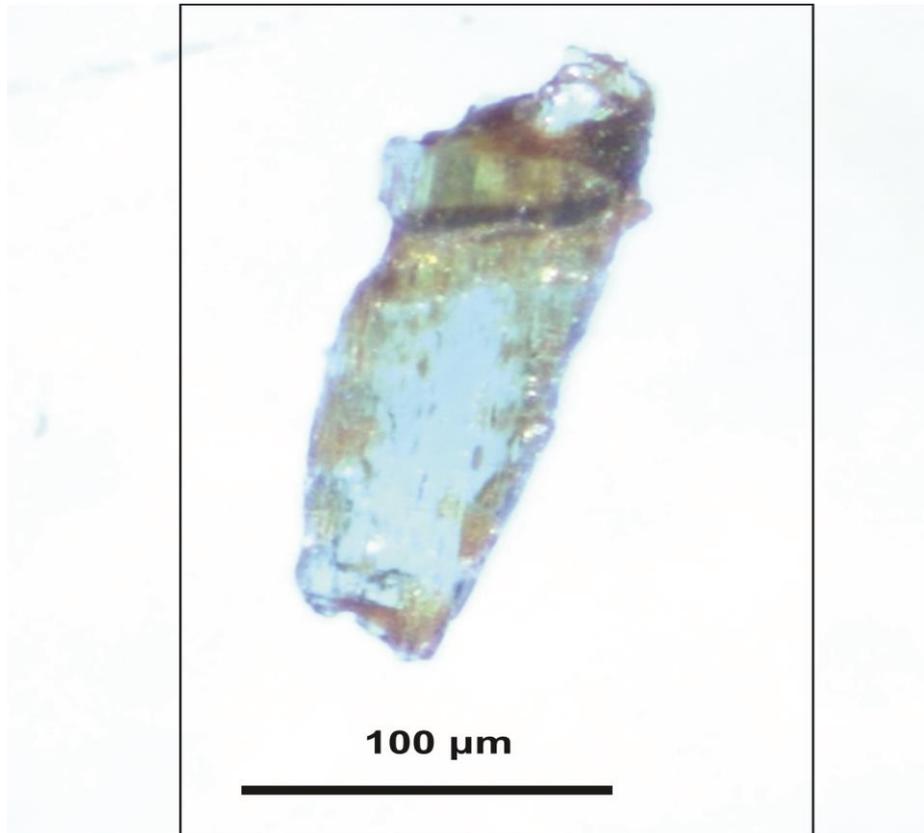
Figura 61- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RL-20.



Fonte: A autora (2019).

O anfibólio, representado pela actinolita-tremolita (Figura 62) ocorreu em poucos afloramentos sob a forma de cristais alongados, tipo fibrosa, com hábito acicular de cor incolor esverdeada.

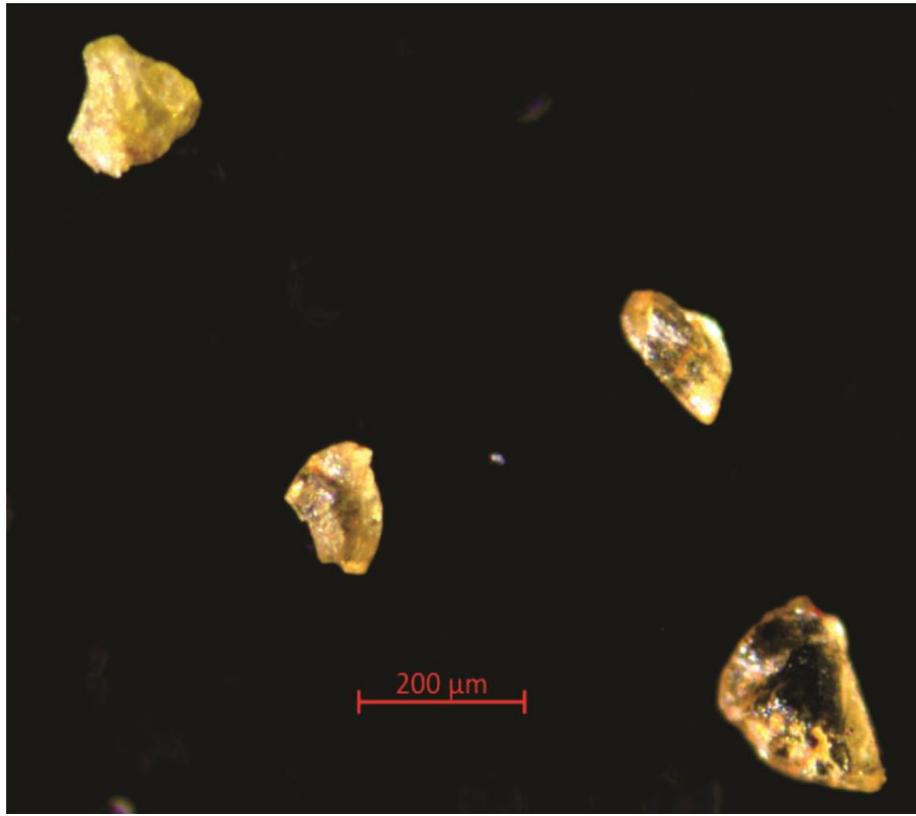
Figura 62- Fotomicrografia exibindo grão de anfibólio (actinolita- tremolita) com ocorrência no Afloramento RL-17.



Fonte: A autora (2019).

A monazita (Figura 63) é um mineral pouco comum nas amostras estudadas, com ocorrência em apenas três afloramentos e, portanto foi considerada rara. Os grãos identificados ocorrem de forma transparente, com cores castanhas amarelada de brilho resinoso.

Figura 63- Fotomicrografia exibindo grãos de monazita.



Fonte: A autora (2019).

Os 07 afloramentos em **Carpina** com coleta de 15 amostras para análise de minerais pesados, serão apresentados em fotomicrografias dos grãos observados, e gráficos com os percentuais absolutos. Como em Lagoa do Carro, as micas não estão diferenciadas como muscovita ou biotita, e são apresentadas de forma indiscriminada, por estarem muito oxidadas e de difícil identificação.

Em Carpina, os abundantes foram: a magnetita, ilmenita e turmalina. Os menos abundantes foram o zircão, apatita e rutilo. Os raros são as micas, a silimanita e a monazita. O único mineral não ocorrente em Carpina foi o anfibólio.

A magnetita foi um dos minerais abundantes em todos os afloramentos, e foram observados grãos com hábito octaédrico, outros disformes, na cor preta em sua maioria, com brilho translúcido (Figura 64).

Figura 64- Fotomicrografia exibindo grãos de magnetita com formas variadas.



Fonte: A autora (2019).

A ilmenita (Figura 65) foi o segundo mineral mais abundante em Carpina. São encontradas na cor preta, alguns com brilho metálico, outros, opacos, e forma não definida. Alguns grãos possuem pouco grau de arredondamento.

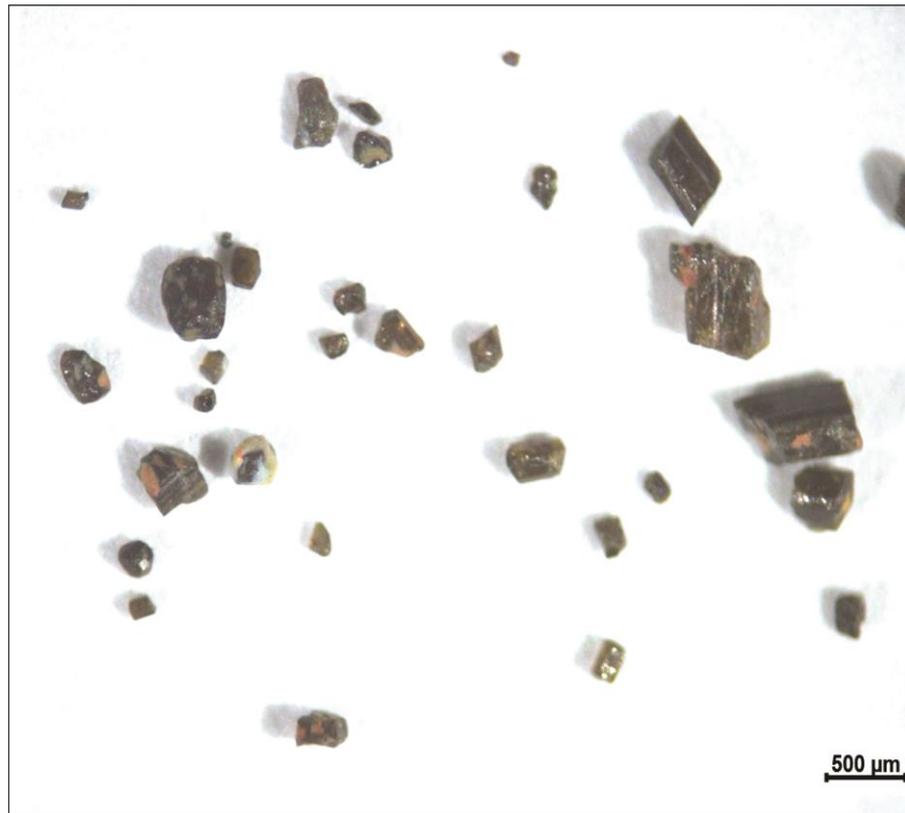
Figura 65- Fotomicrografia exibindo grãos de ilmenita.



Fonte: A autora (2019).

A turmalina (Figura 66) é o terceiro mineral pesado mais abundante. Ocorre nas cores verdes acastanhadas, verde, e na cor preta (afrisita). Os grãos apresentam hábito trigonal com estrias, outros subangulosos / subarredondados com crostas de óxido de ferro. Alguns grãos apresentam hábito ortogonal com inclusão esférica, e outros grãos são facetados com hábito trigonal.

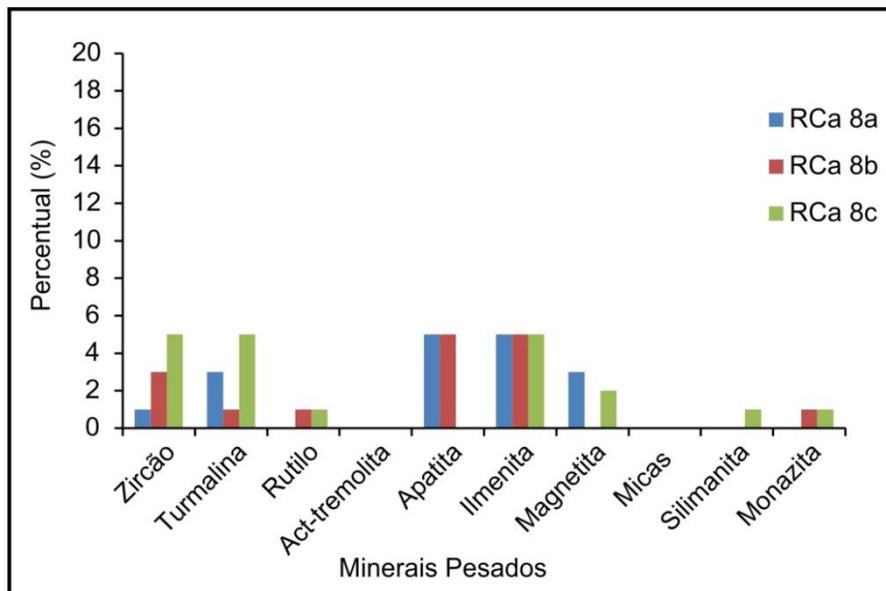
Figura 66- Fotomicrografia exibindo grãos de turmalina com cores e formas variadas.



Fonte: A autora (2019).

No Afloramento RCa-08 (Figura 67), a ilmenita e a turmalina ocorrem nos três níveis amostrados. Mas, a ilmenita possui um maior percentual nos três níveis. A magnetita que é o mais abundante em todos os afloramentos, só não ocorre no nível **b** desse afloramento.

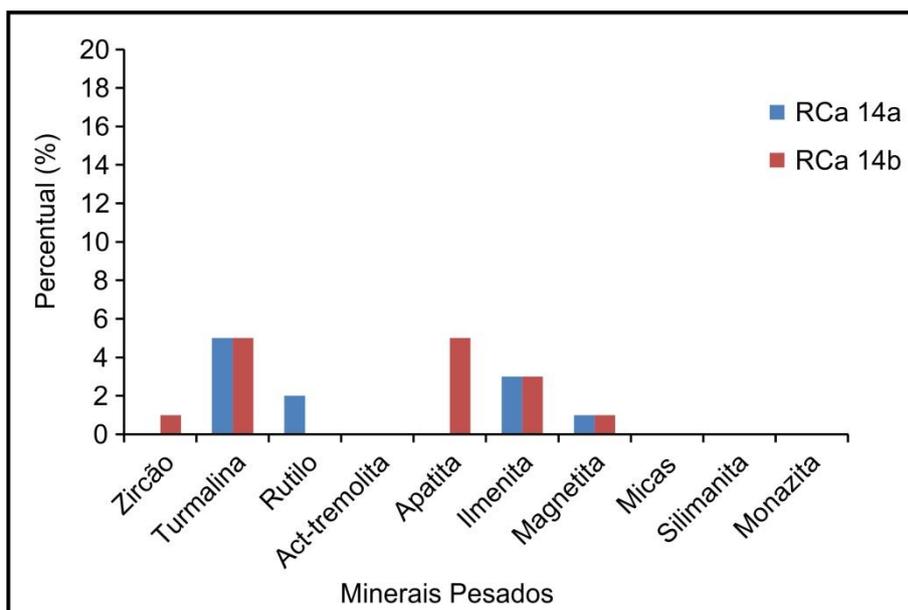
Figura 67 – Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa -08.



Fonte: A autora (2019).

O Afloramento RCa-14 (Figura 68) é representado pelos três minerais considerados abundantes, e são encontrados nos dois níveis amostrados. Nesse caso, a turmalina tem um maior percentual em relação à magnetita e ilmenita.

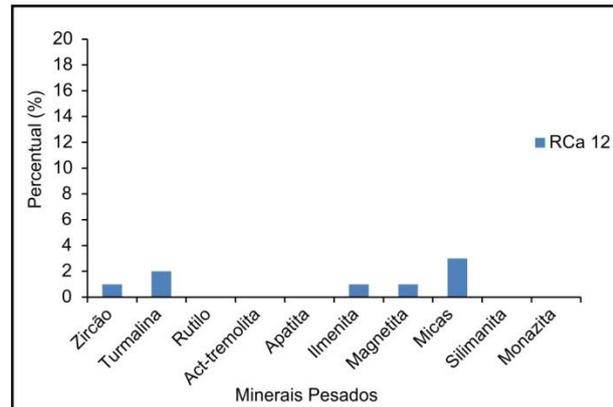
Figura 68- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa -14.



Fonte: A autora (2019).

No Afloramento RCa-12 (Figura 69) os pesados abundantes também ocorrem no único nível amostrado, mas com percentuais abaixo de 3%. É um afloramento com poucos minerais pesados e, se observa que as micas se sobressaem sobre os demais minerais.

Figura 69- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa -12.



Fonte: A autora (2019).

Os minerais pesados menos abundantes nos afloramentos em Carpina foram o zircão, a apatita e o rutilo, por não se apresentarem em todos os afloramentos.

O zircão (Figura 70) aparece prismático, incolor, às vezes amarelado com brilho translúcido. No afloramento RCa -11c (topo) ele ocorre com as duas terminações perfeitas e de cor castanho claro.

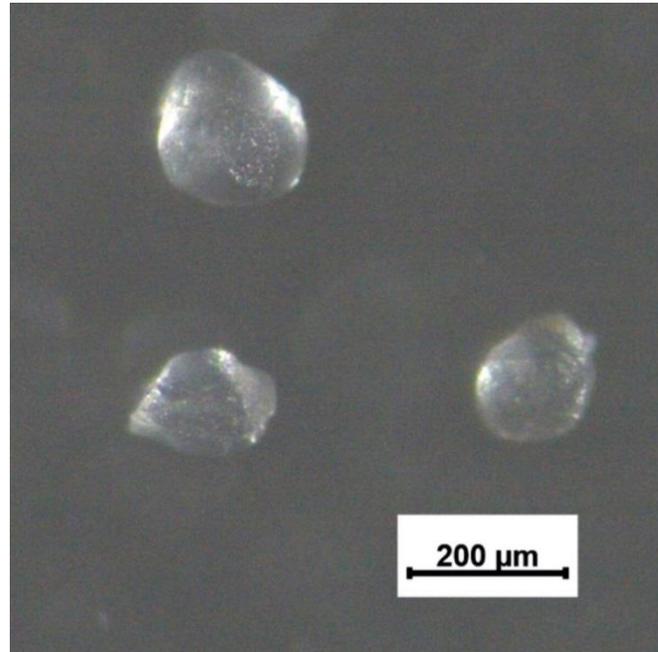
Figura 70- Fotomicrografia exibindo grãos de zircão de cores e formas diversas.



Fonte: A autora (2019).

A apatita (Figura 71) se apresenta com forma às vezes alongada, mas de uma maneira geral possui uma forma esférica e brilho translúcido, da mesma maneira como ocorre em Lagoa do Carro.

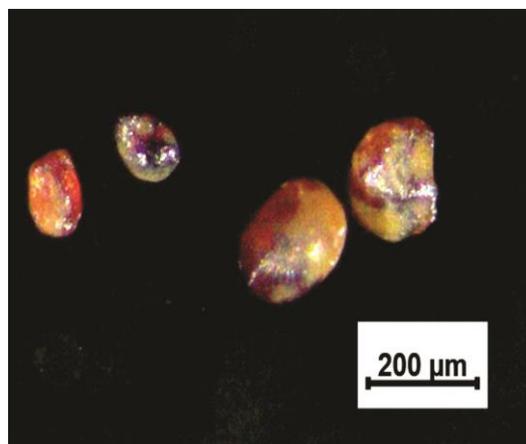
Figura 71- Fotomicrografia exibindo grãos de apatita.



Fonte: A autora (2019).

O rutilo (Figura 72) é o terceiro mineral considerado como menos abundante. Ocorre raramente de forma geminada (Afloramento RCa-14a). Normalmente aparece com terminações subangulosas e alguns grãos com terminações prismáticas preservadas. De cor avermelhada, possui um brilho submetálico.

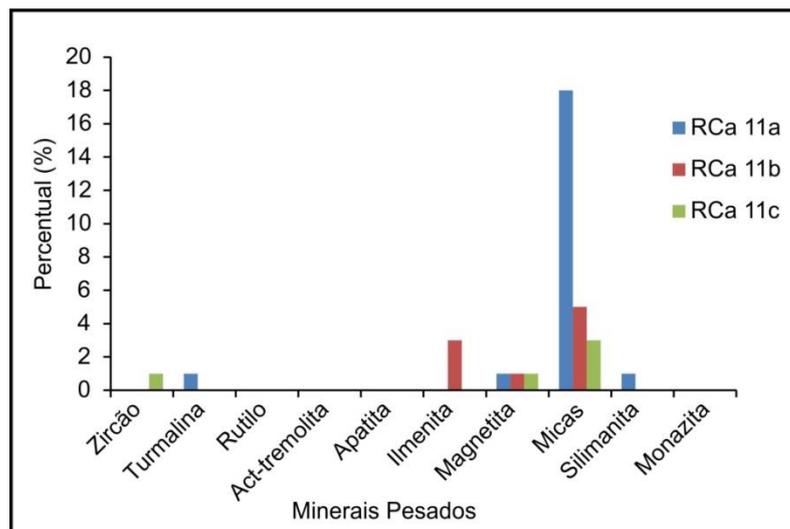
Figura 72- Fotomicrografia exibindo grãos de rutilo.



Fonte: A autora (2019).

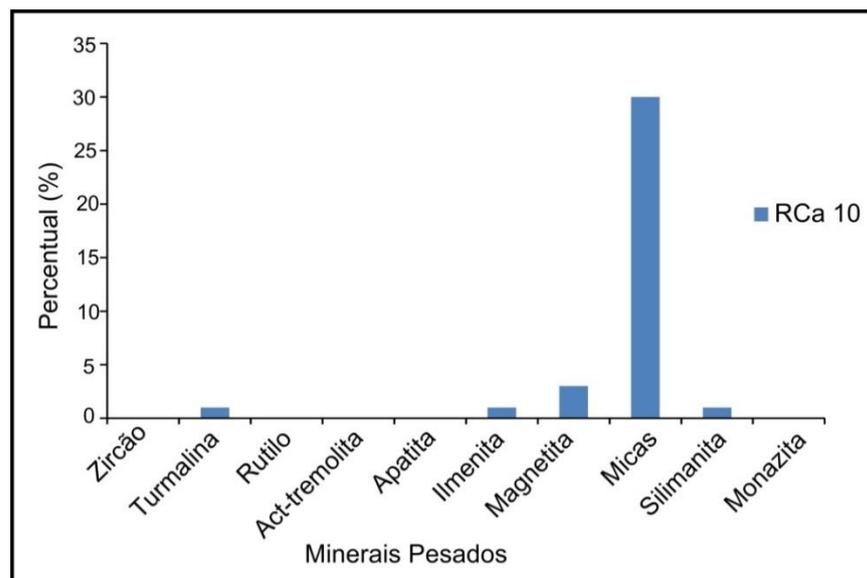
Os minerais considerados raros nas amostras foram às micas, a silimanita e a monazita. Dos três relacionados, a mica ocorre em poucos afloramentos, mas, quando se apresenta é em grande quantidade, como, por exemplo, no Afloramento RCa-11(Figura 73) e RCa-10 (Figura 74) demonstrado nos gráficos com os percentuais das amostras observadas.

Figura 73 – Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa -11.



Fonte: A autora (2019).

Figura 74- Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa -10. Observa-se a predominância das micas (30%) em relação aos outros minerais.



Fonte: A autora (2019).

Como já dito anteriormente, as micas (Figura 75) não foram separadas entre muscovita e biotita, pela aparência muito oxidada e de difícil identificação. Apresentam-se em forma de lamelas ou placas, às vezes com brilho metálico.

Figura 75- Fotomicrografia exibindo grãos de mica.



Fonte: A autora (2019).

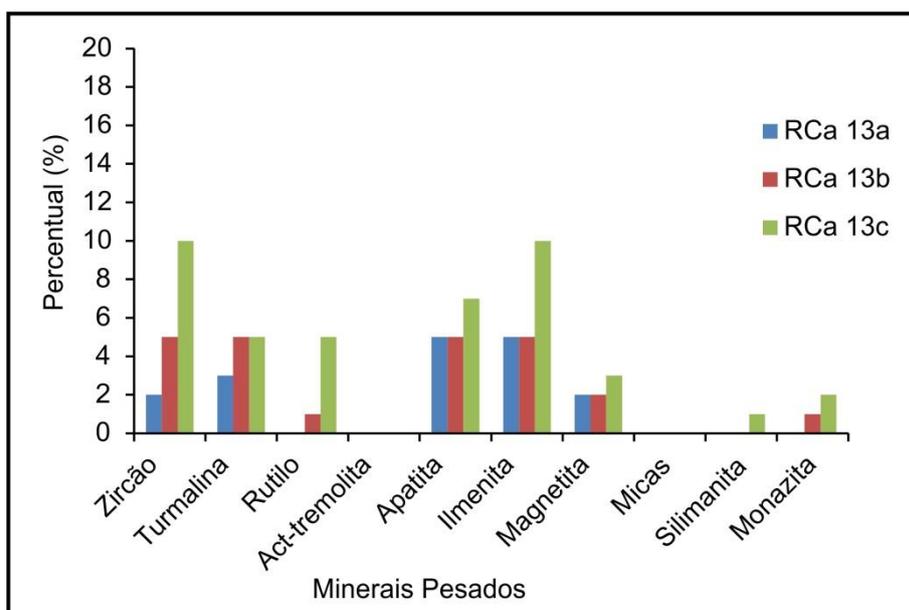
A silimanita (tipo fibrolita) também é pouco presente nas amostras analisadas. Os grãos se apresentam na coloração creme fosco e alguns na cor creme esbranquiçado. Alguns grãos são prismáticos com faces estriadas (Figura 76). No Afloramento RCa -13 (Figura 77) com três níveis amostrados, ela só se apresenta no nível **c** (topo do afloramento) com um percentual de apenas 1%.

Figura 76- Fotomicrografia exibindo grãos de silimanita do tipo fibrolita.



Fonte: A autora (2019).

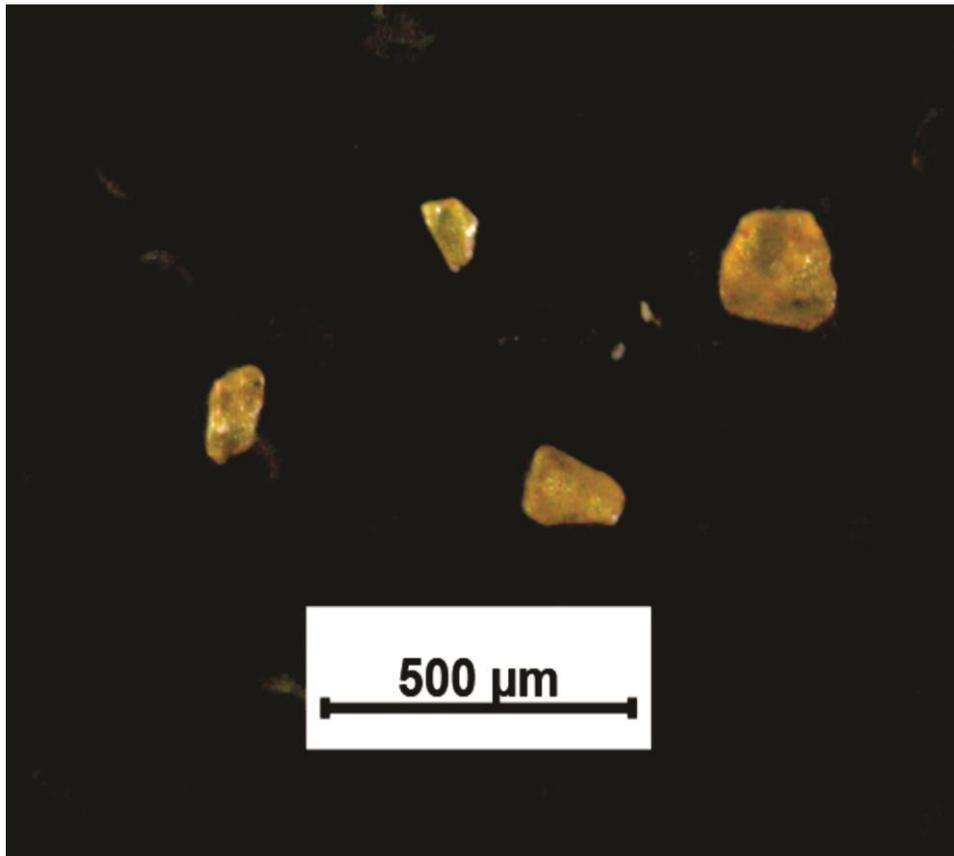
Figura 77 – Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa -13.



Fonte: A autora (2019).

Os grãos de monazita (Figura 78) foram identificados em 03 amostras das 15 analisadas em Carpina, com um percentual de 1% nos dois níveis do Afloramento RCa-08 e 2% no Afloramento RCA-13. Os grãos identificados ocorrem de forma transparente a translúcido, com cores amareladas de brilho vítreo e alguns resinosos.

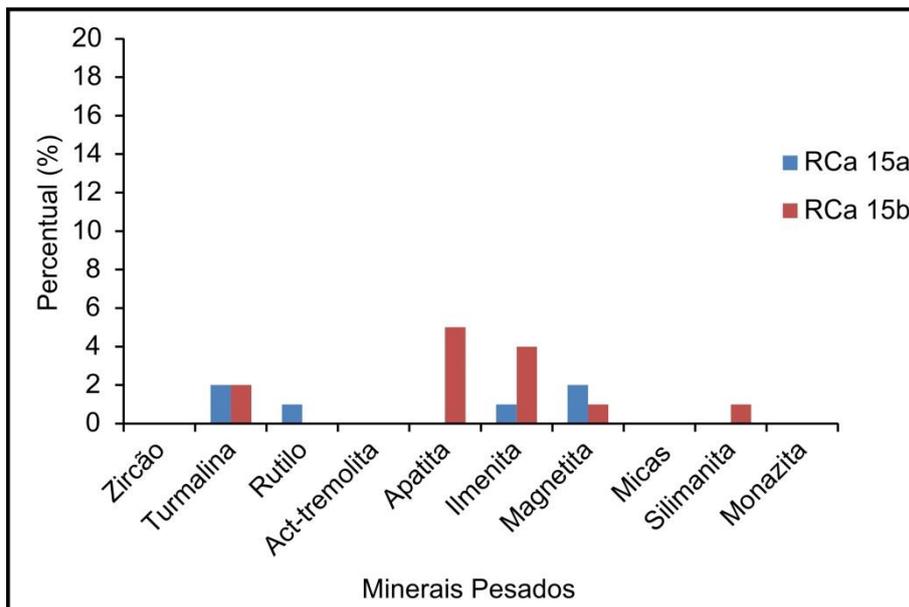
Figura 78- Fotomicrografia exibindo grãos de monazita.



Fonte: A autora (2019).

O Afloramento RCa-15 ( Figura 79) está representado no gráfico contendo os minerais pesados observados com seus percentuais absolutos. Se observa a ausência da monazita nos dois níveis amostrados desse afloramento.

Figura 79 - Assembleia dos minerais pesados encontrados nas amostras em percentuais absolutos do Afloramento RCa - 15.



Fonte: A autora (2019).

De acordo com Suguio (1980) para o estudo da proveniência e interpretar a litologia da área fonte, os minerais pesados são agrupados em assembleias cogenéticas, tais como as provenientes de sedimentos retrabalhados, rochas metamórficas e rochas ígneas em geral, pegmatitos e minerais autígênicos (rochas sedimentares como fonte), conforme discriminado e modificado de Suguio (1980) de acordo com os minerais pesados observados nas amostras analisadas, conforme abaixo.

- Sedimentos retrabalhados > grãos bem arredondados de rutilo, zircão e turmalina;
- Rochas metamórficas de alto grau > ilmenita, silimanita, magnetita, turmalina, zircão, biotita, actinolita e tremolita;
- Rochas ígneas siálicas > rutilo, zircão (euédrico), monazita, apatita, ilmenita e biotita.
- Rochas ígneas máficas > ilmenita, magnetita, e rutilo
- Pegmatitos > apatita, biotita e rutilo
- Autígênicos > turmalina, zircão e rutilo.

Conforme Mabesoone (1983) o estudo de minerais pesados é importante para fins de correlação. Teoricamente, cada unidade estratigráfica difere até um certo grau

de outra no caráter e na abundância das suas associações desses minerais. No entanto, podem interferir alguns fenômenos que dificultam essa correlação, por exemplo, num sedimento antigo retrabalhado, tendo assim a mesma associação mineralógica. Também podem mostrar uma mistura de duas ou mais fontes diferentes.

Segundo Remus *et al.*(2008), o intemperismo químico de um modo geral, causa o empobrecimento dos minerais instáveis originalmente presentes na rocha fonte, devido à dissolução seletiva, ocasionando um aumento relativo dos minerais mais estáveis na assembleia dos sedimentos clásticos. A duração do intemperismo químico diretamente relacionado ao relevo da área fonte e disponibilidade de água, é um fator importante na determinação dos produtos gerados.

Quanto maior o relevo, maior a velocidade de erosão e deposição, e menor o tempo de exposição do grão aos agentes intempéricos.

Quanto menor o relevo, menor a velocidade de erosão e deposição, e maior o tempo de exposição do grão aos agentes intempéricos.

Para Remus *et al.*(2008) zircões e apatitas com terminações bem arredondadas, indicam proveniência de terrenos reciclados, retrabalhados por ondas ou envolvimento eólico. O zircão é um mineral acessório comum, ultraestável e ocorre primariamente numa gama variada de rochas ígneas, sendo mais frequentemente encontrado em rochas ácidas. Nas rochas metamórficas o zircão é um mineral acessório comum em terrenos de alto grau e também encontrado em rochas de alta pressão.

A turmalina, pelo fato de ser um mineral pesado ultraestável também é um mineral com excelente potencial para discriminar rochas-fonte.

A monazita ocorre primariamente como mineral acessório em rochas metasedimentares, granitos, sienitos, rochas alcalinas, pegmatitos e outras. A monazita não resiste aos processos de reciclagem como o zircão. Em consequência, a monazita registra em geral, os últimos eventos formadores de rocha no embasamento. A ilmenita é um mineral presente em rochas ígneas e metamórficas.

Analisando os minerais pesados identificados nas amostras observou-se que as ocorrências minerais não são idênticas nos dois municípios, mas, o que se constata é a semelhança mineral nas duas áreas.

Em **Lagoa do Carro** os minerais identificados foram em ordem de abundância: magnetita, zircão, ilmenita, apatita (abundantes) turmalina, rutilo e silimanita (menos abundantes) e raros (monazita, anfibólio e mica).

Em **Carpina**, a ordem de abundância foi: magnetita, ilmenita, turmalina (abundantes) zircão, apatita, e rutilo (menos abundantes) e raros (micas, silimanita e monazita). O único mineral não ocorrente em Carpina foi o anfibólio.

A magnetita foi o mineral mais abundante nas duas áreas e ocorreu às vezes com hábito octaédrico, indicando pouco transporte.

O zircão também ocorreu em todos os afloramentos de Lagoa do Carro e foi observado em cinco afloramentos dos sete amostrados em Carpina. Ele se apresentou de diversas formas e coloração indicando pouco ou nenhum transporte em função dos hábitos apresentados como por exemplo com as duas terminações perfeitas, prismáticas bipiramidais e alguns com terminações arredondadas. A cor variou de castanho claro, incolores, amarelo alaranjado e incolores.

A ilmenita, também predominante nos dois municípios se apresentou na cor preta, com brilho metálico, grãos disformes e outros arredondados.

A turmalina ocorreu em todos os afloramentos de Carpina. Em Lagoa do Carro ocorreu em dez afloramentos dos doze analisados. Se apresentou de diversas formas e cores entre as quais na cor verde escura, com tons amarronzados, facetada com hábito trigonal. Às vezes se apresenta em forma de fragmentos, ortogonal com inclusão acicular. Ocorre também com grãos subangulosos, na cor verde, com algumas faces prismáticas. Alguns poucos grãos se apresentou com crostas de óxido de ferro incrustado, e raramente agregada com ilmenita, e alguns fragmentos com fraturas conchoidais. As cores variaram de verde claro a verde escura, e raramente na cor preta, representada pela afrisita com algumas faces preservadas.

A apatita foi um mineral menos abundante em Carpina, com ocorrência em quatro afloramentos dos sete analisados. Já em Lagoa do Carro, foi presente em onze dos doze afloramentos amostrados. Se apresentou de forma normalmente esférica, brilho translúcido, alguns grãos incolores e arredondados.

O rutilo, também menos abundante nos dois municípios, se apresentou ora geminado, com geminação em joelho, na cor vermelha, brilho translúcido, às vezes de forma arredondada, e grãos prismáticos com terminações arredondadas, bem polidos. Ocorreu também prismático, avermelhado agregado com óxido de ferro.

A silimanita, do tipo fibrolita, foi menos abundante em Lagoa do Carro, e em Carpina foi considerada rara pela ocorrência em poucos afloramentos. Se apresentou na cor verde claro esbranquiçada, amarelada, com brilho vítreo, às vezes prismáticas, alongadas, com faces finamente estriadas.

A monazita, considerada rara nos dois municípios, os grãos identificados apresentaram-se de forma transparente, com cores castanho amarelado de brilho resinoso.

As micas, também raras nos dois municípios, principalmente em Lagoa do Carro, com a menor ocorrência, pela razão de se apresentar em apenas quatro afloramentos dos doze analisados. Em Carpina, só foram identificadas em três afloramentos dos sete estudados. Mas, quando ocorreu, apresentou uma percentagem bem acima dos demais, ultrapassando até os considerados abundantes. Elas estavam muito oxidadas, por isso a difícil identificação entre muscovita e biotita. A forma ocorrente foi em lamelas, placosas, com brilho metálico.

O anfibólio só presente em Lagoa do Carro, considerado também raro nas amostras analisadas. Seus grãos se apresentaram em cristais alongados com hábito acicular, e cor incolor esverdeada.

#### 6.4 ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA

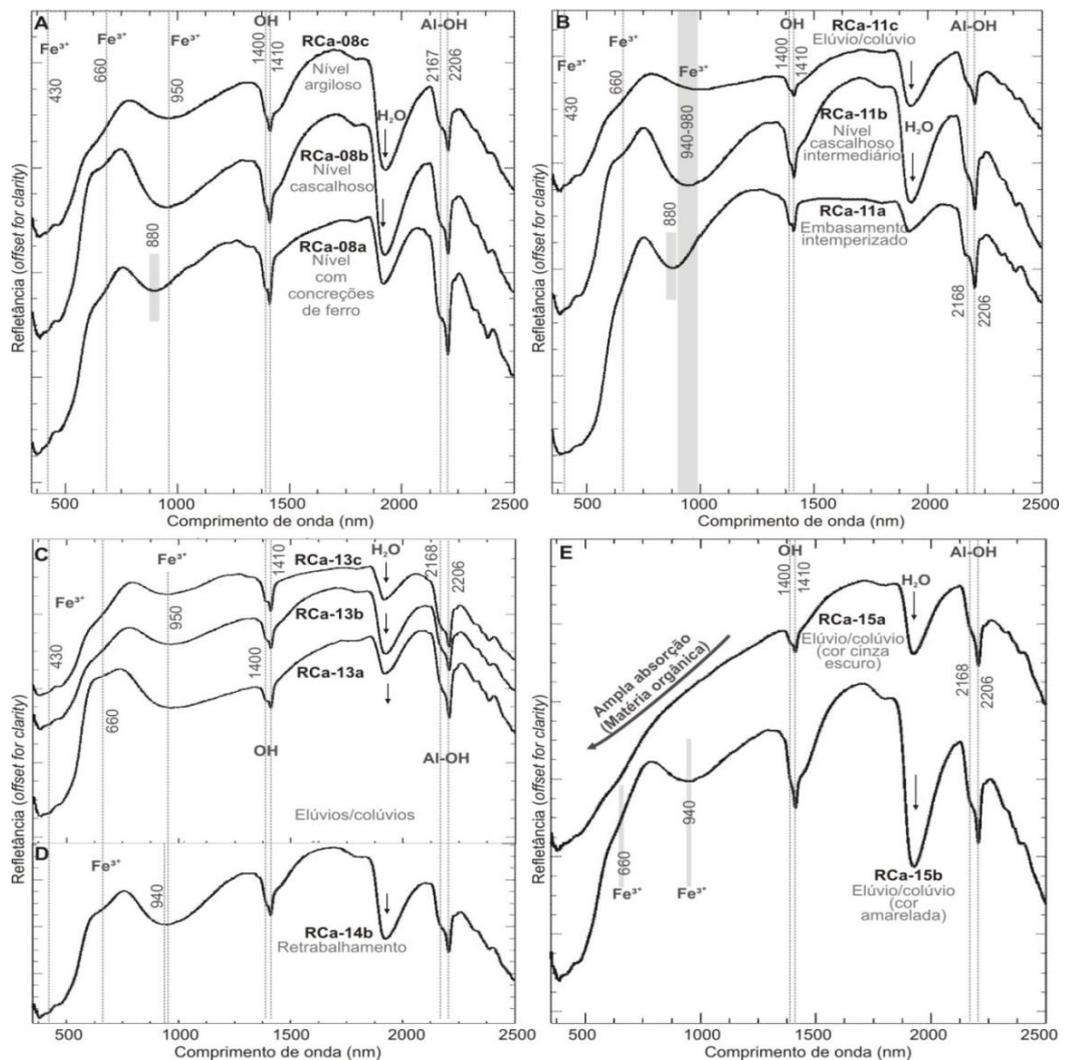
Curvas espectrais de refletância de afloramentos de Carpina estão mostradas (Figuras 80 A, B, C, D e E) conforme a seguir.

De forma geral, níveis argilosos, cascalhosos (Figuras 80 A e B), e elúvios/colúvios (Figura 80 C, D, E) apresentam feições de absorção similares, com predomínio de goethita, caracterizada por feições em ~430, 660 e ~940-980 nm derivadas da transição eletrônica de ferro férrico, e caulinita, marcada por duplas feições em ~1400 e 1410 nm e em ~2168 e ~2206 nm, derivadas, respectivamente, da vibração de OH e Al-OH (PONTUAL *et al.*, 2008). A goethita, nestes casos, explica a coloração alaranjada e avermelhada das amostras analisadas. Hematita, marcada por feição de absorção em ~ 880 nm (ferro férrico) aparece em amostras de nível com concreções de ferro (RCa-08a) e de embasamento intemperizado (RCa-11a) (Figuras 80 A e B).

Especificamente no caso do Afloramento RCa-15, a diferenciação espectral observada em elúvios/colúvios ocorre pela presença de matéria orgânica em maior

quantidade na amostra RCa-15a, fato que suaviza as feições do espectro, principalmente na faixa do visível ao infravermelho próximo, resultando na coloração acinzentada da amostra (e.g. DEMATTÊ *et al.*, 2012) (Figura 80E). Comparativamente, a amostra de elúvio/colúvio RCa -15b é marcada por baixa quantidade de matéria orgânica e maior quantidade de goethita, fato que explica a coloração amarelada. Em ambos os casos, há a presença de argila 1:1 (caulinita) (Figura 80E). Feições assimétricas em ~1400 e, principalmente, em ~1900 nm derivam de água, sendo que alguns espectros foram obtidos de amostras úmidas.

Figura 80- Curvas de refletância de amostras dos afloramentos de Carpina: RCa-08a, RCa-08b e RCa-08c (A), RCa-11a, RCa-11b e RCa-11c (B), RCa-13a, RCa-13b e RCa-13c (C), RCa-14b (D), RCa-15a e RCa-15b (E).

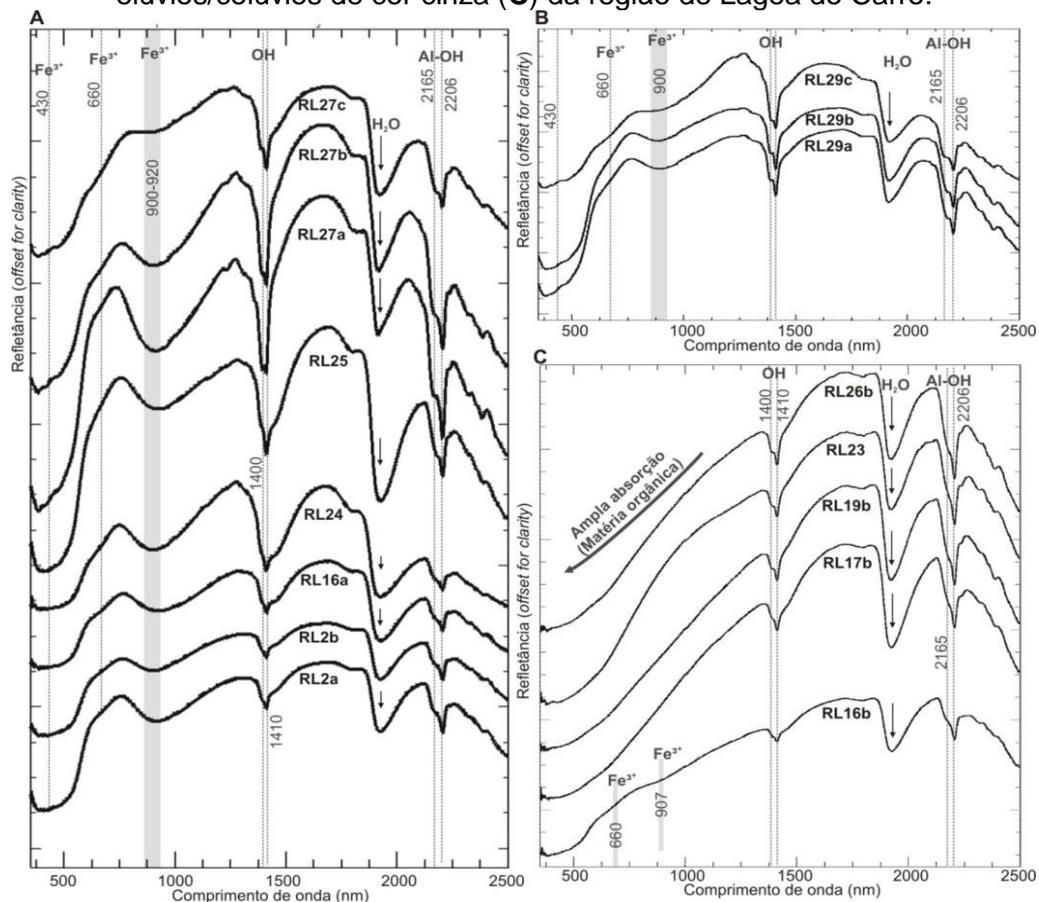


Fonte: A autora (2019).

Curvas espectrais de refletância de afloramentos de Lagoa do Carro estão apresentadas (Figuras 81 A, B e C).

Amostras de elúvios/colúvios (amostras RL-27b, RL-27c, RL-25, RL-2a, RL-2b), seixos centimétricos, retrabalhamentos (amostras RL-16a e RL-24) e do embasamento intemperizado (amostra RL-27a), de cor alaranjada a alaranjado-avermelhado, são espectralmente discriminados com base no teor de goethita, que gera feições de absorção na faixa do visível ao infravermelho próximo (~430, 660 e 900-920 nm), além de caulinita (duplas feições em ~1400 e ~2200 nm) (Figura 81A, B). Similarmente, elúvios/colúvios cinza escuros apresentam o mesmo tipo de argila 1:1, porém, maior concentração de matéria orgânica é observada visto a atenuação da refletância da faixa de 350a ~1000 nm, e também das demais feições observadas no infravermelho de ondas curtas (cf., DEMATTÊ *et al.*, 2012) (Figura 81C).

Figura 81- Curvas espectrais de amostras de elúvio/colúvio, seixos e embasamento intemperizado marcados por coloração alaranjada - avermelhada (**A, B**) e de elúvios/colúvios de cor cinza (**C**) da região de Lagoa do Carro.



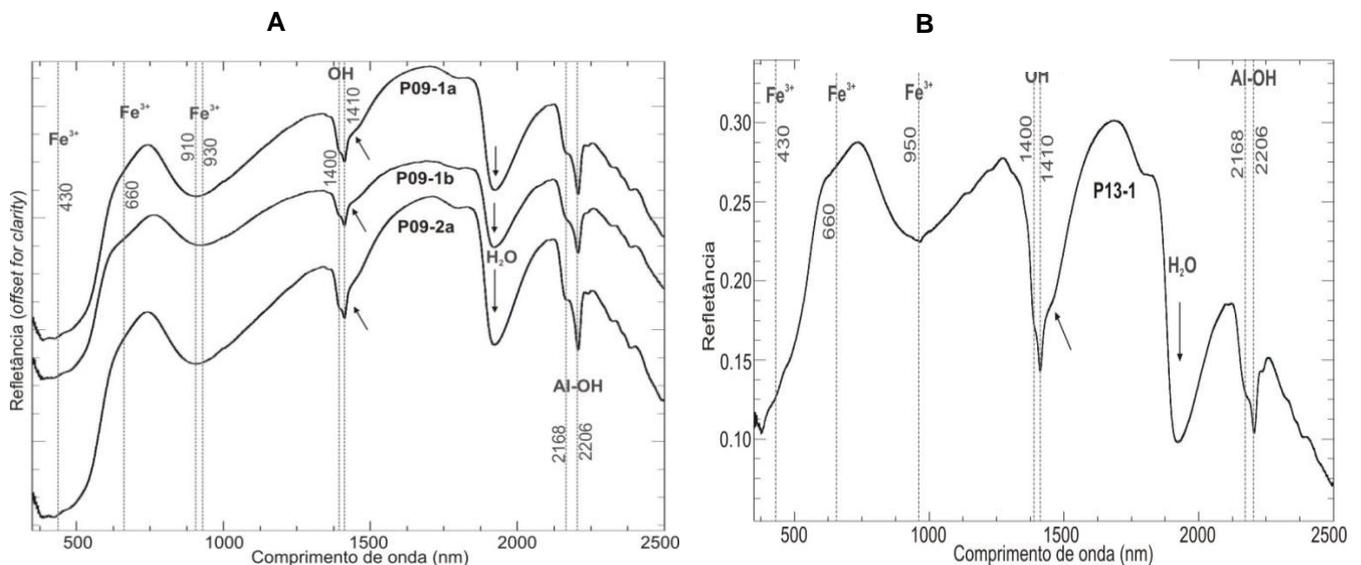
Fonte: A autora (2019).

A análise espectral de amostras de solo e sedimentos inconsolidados dos poços perfurados em Lagoa do Carro (Figuras 82 A e B) e (Figuras 83 A e B).

As amostras P09-1a (0,0 a 8,0m profundidade) e P09-2a (8,0 a 12,0m profundidade) representam sedimentos inconsolidados em perfil. Sendo caracterizada por feições típicas de goethita (~430, 660, ~950 nm) e caulinita (duplas feições em ~1400 e ~2200 nm). Esta caracterização também é vista similarmente na amostra P09-1b, representativa do intervalo de 0,0 a 4,0 m de profundidade (Figura 82 A).

Única amostra analisada do poço P13, a amostra de sedimentos inconsolidados, P13-1, também é caracterizada por feições de absorção de goethita e caulinita, justificando a coloração levemente alaranjada observada (Figura 82B). É importante realçar que as amostras do poço P09 e P13 apresentam feição profunda e assimétrica em ~1900 derivada da presença de água nas amostras.

Figura 82- Curvas espectrais de amostras de sedimentos inconsolidados de Lagoa do Carro, referentes aos poços perfurados P09 (A) e P13 (B).

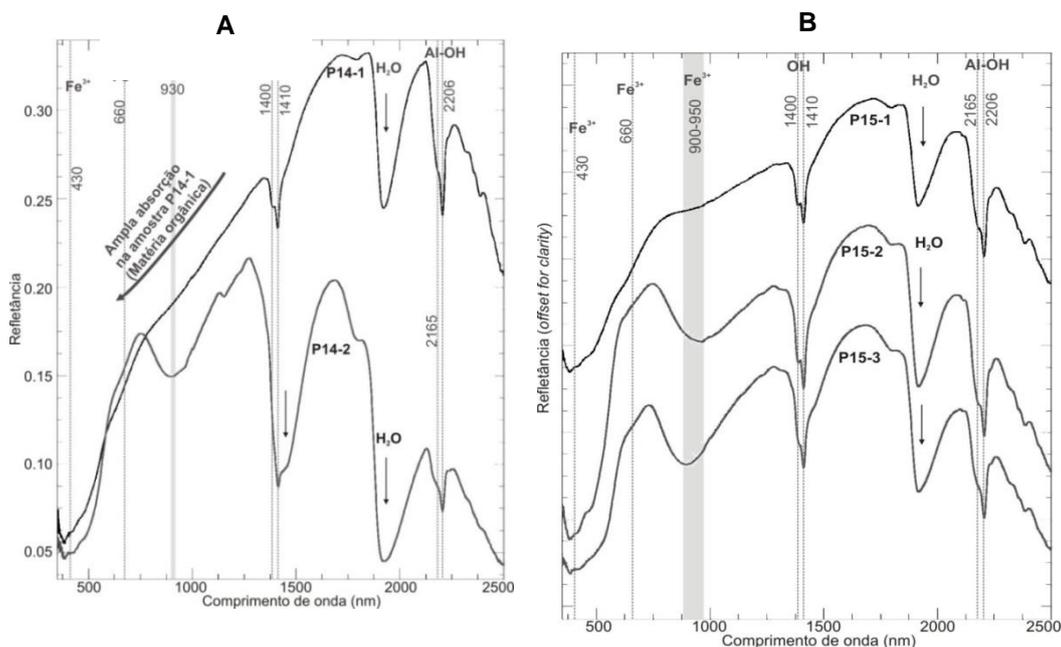


Fonte: A autora (2019).

Do poço P14, foram analisadas as amostras P14-1 e P14-2 representativas, respectivamente, dos intervalos de 0 a 4 m, e 4 a 28 m de profundidade. A amostra P14-1 compreende a camada superficial de solo, cujo conteúdo de matéria orgânica ocasiona atenuação do espectro de refletância, sobretudo na faixa de 350 a ~1000 nm (Figura 83A). Sutis feições de absorção em ~660 e ~950 nm são visíveis, designando a presença de goethita. Caulinita é verificada também nessas amostras. A amostra P14-2, por sua vez, representa um extenso pacote de sedimentos inconsolidados sendo marcado por feições de absorção de goethita amplas e profundas em ~660 em ~930 nm, refletindo maior conteúdo de óxido de ferro e pouca interferência de matéria orgânica (Figura 83A). Profunda feição de água em 1400 e 1900 nm ocorre por conta da umidade da amostra durante a coleta de dados de refletância.

As mesmas características espectrais de solo e sedimentos inconsolidados vistos no poço P14 são observadas também no poço P15 (Figura 83B). A amostra de solo P15-1 é representativa do intervalo de 0,0 a 4,0 m de profundidade, e as amostras P15-2 e P15-3 representam sedimentos inconsolidados de cor variegada a amarelada, ricos em goethita, em intervalos respectivos de 4,0 a 8,0 m, e 8,0 a 28,0 m de profundidade.

Figura 83- Curvas de refletância de amostras de solos e sedimentos inconsolidados do município de Lagoa do Carro, referentes aos poços perfurados P14 (A) e P15 (B).

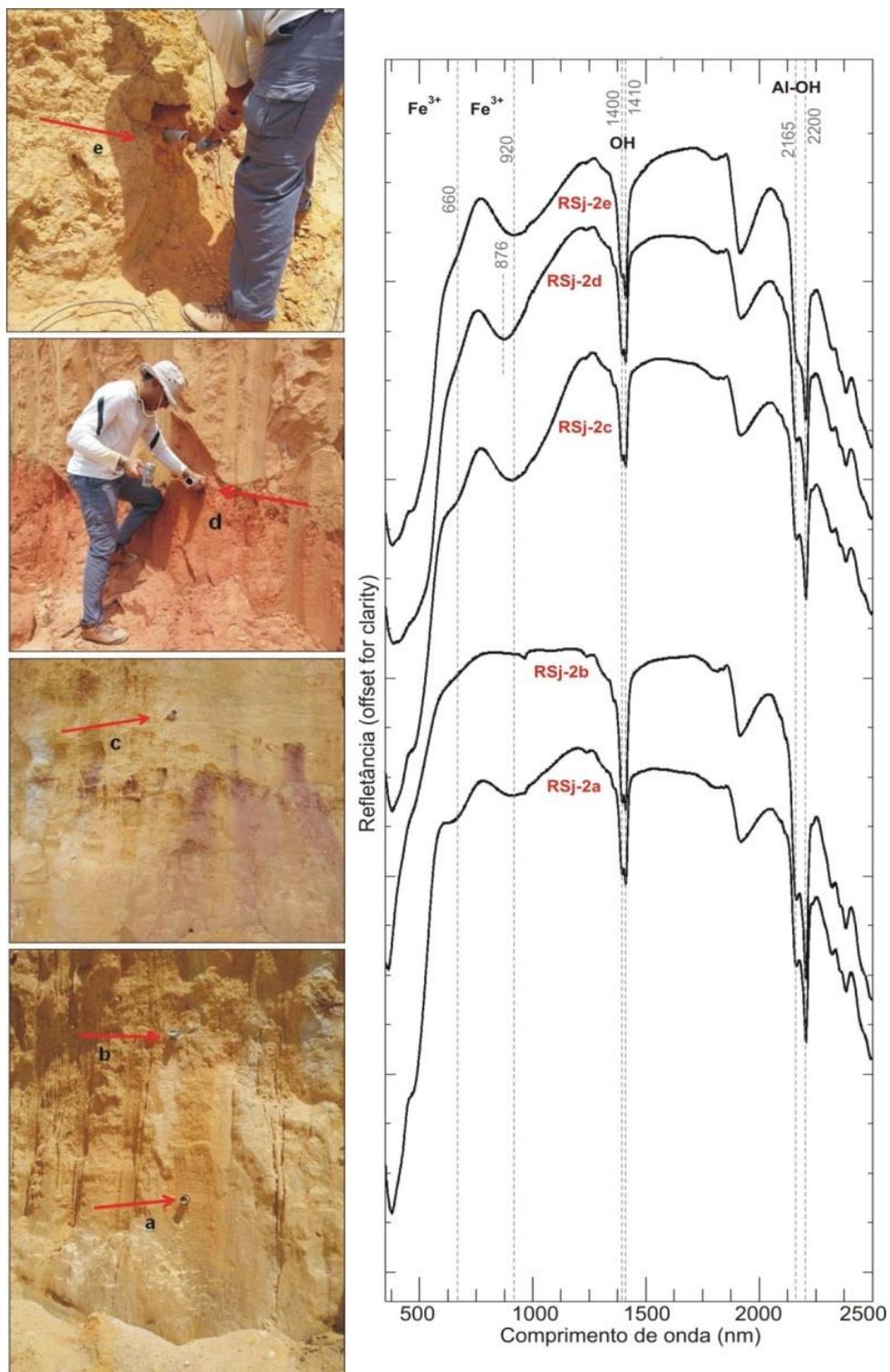


Fonte: A autora (2019).

Observa-se que as amostras de solos e sedimentos analisadas nos municípios de Lagoa e Carpina, apresentam resultados semelhantes através das curvas de reflectância. Em ambos os casos, há a presença de argila 1:1 (caulinita) e goethita. Porém, algumas amostras em Lagoa do Carro apresentam uma feição assimétrica em ~1900 nm, podendo revelar umidade da amostra. Acrescenta-se que, através de difratometria de Raios-X foi confirmada presença de caulinita como principal fase de argilomineral das amostras de solo e sedimentos da área de estudo.

Comparativamente, também foram feitas análises espectrais de 05 amostras de sedimentos provenientes de uma seção típica da Formação Barreiras no município de Araçoiaba/PE, conforme mostrado na (Figura 84). Observa-se a ocorrência de areias finas, médias e grossas com variação de cor, da base para o topo, de amarelo, branco, avermelhado e alaranjado. Estas cores são influenciadas pela quantidade de óxido de ferro, majoritariamente goethita, e, localmente, hematita (amostra avermelhada RSj-2d) que, em espectros de reflectância, são minerais evidenciados por absorções em ~920 e 876 nm, respectivamente. Em todas as amostras, todavia, ocorre caulinita, observadas por duplas feições de absorção em ~1400-1410 nm (OH) e em ~2165-2200 nm (Al-OH; PONTUAL *et al.*, 2008). De forma geral, o comportamento espectral da Formação Barreiras e das amostras de solos e sedimentos dos municípios de Lagoa do Carro e Carpina são semelhantes, mostrando a predominância de mineralogia ativa na faixa VNIR-SWIR comuns.

Figura 84- Fotos dos níveis amostrados da Formação Barreiras (RSj -2a-2e) e curvas de refletância representativas, com indicação das principais feições de absorção.



Fonte: A autora (2019).

## 6.5 DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X

As amostras de elúvio/colúvio analisadas por difratometria de Raios-X em Lagoa do Carro e Carpina apresentaram como resultado a caulinita e o quartzo. Só nas amostras dos poços analisados P09-01a (no intervalo de 8,0m de profundidade) e P09-02 a (no intervalo de 12,0 m de profundidade), houve a presença da biotita, além do quartzo e caulinita. Através das raias menos intensas, foi também indentificado o óxido de ferro representado pela goethita apenas na amostra do poço P09-01a.

## 6.6 LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (LOE)

Os sedimentos estudados foram amostrados nos municípios de Lagoa do Carro e Carpina e enviados ao Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes do DEN( Departamento de Energia Nuclear) /UFPE para datação.

Foram enviadas amostras de quatro afloramentos do município de Lagoa do Carro e três afloramentos de Carpina. As amostras de Lagoa do Carro foram: Afloramento RL-23; RL-24; RL-27 e RL-29. E as de Carpina foram dos afloramentos RCa-08; RCa-11 e RCa-13.

### 6.6.1 Datações Afloramentos de Lagoa do Carro

- Datação do **Afloramento RL-23** ( $4,30 \pm 2,18$  ka) (Figura 85)
- Datação do **Afloramento RL-24** ( $17,46 \pm 4,60$  ka) (Figura 86)

#### **Afloramento RL-27**

- Datação do nível amostrado RL- 27a ( $101,59 \pm 39,86$  ka) (Figura 87)

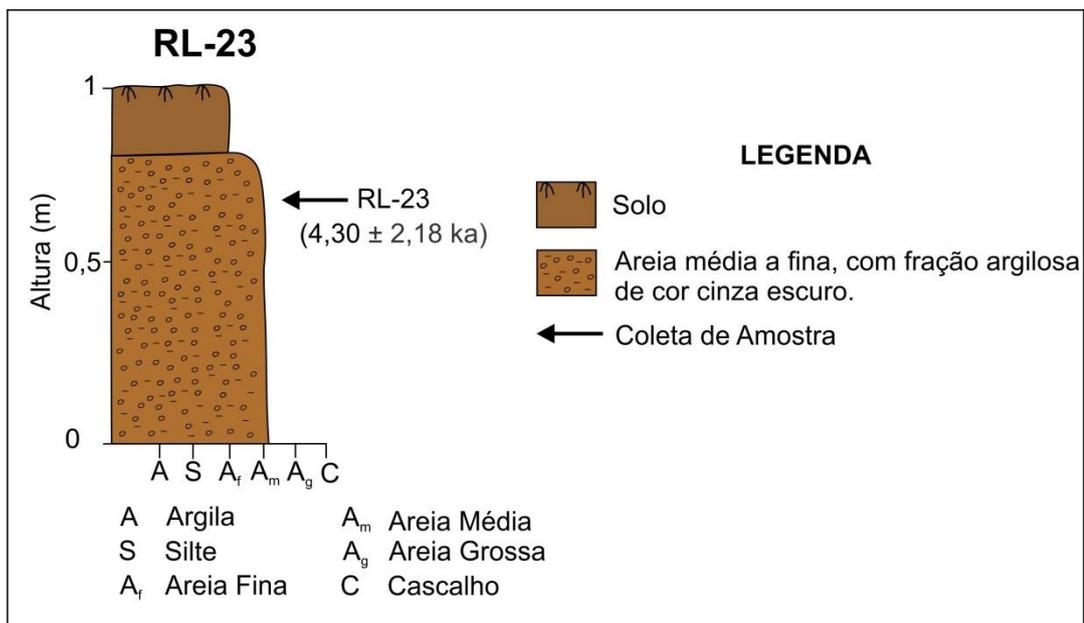
As amostras dos níveis RL-27b e RL-27c não foram datadas por não conseguir o sinal natural.

#### **Afloramento RL-29** (Figura 88)

- Datação do nível amostrado RL-29a ( $160,15 \pm 38,26$  ka)
- Datação do nível amostrado RL-29b ( $85,91 \pm 25,13$  ka)
- Datação do nível amostrado RL-29c ( $59,51 \pm 18,28$  ka)

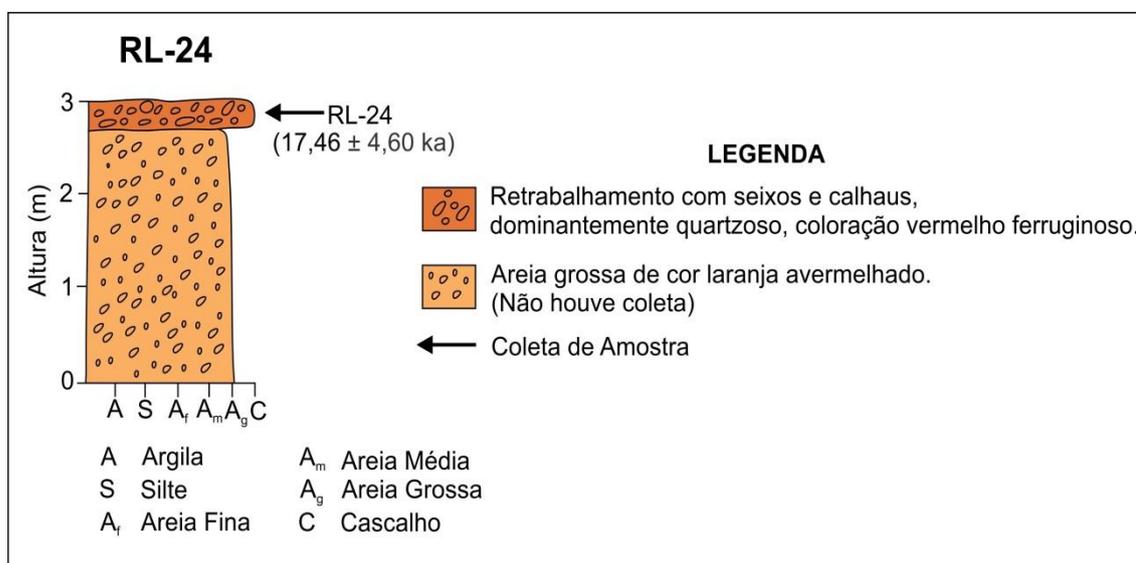
Os relatórios de datação desses afloramentos estão no (Anexo A).Município de Lagoa do Carro.

Figura 85- Perfil representativo do Afloramento RL-23 com a datação de LOE no nível amostrado.



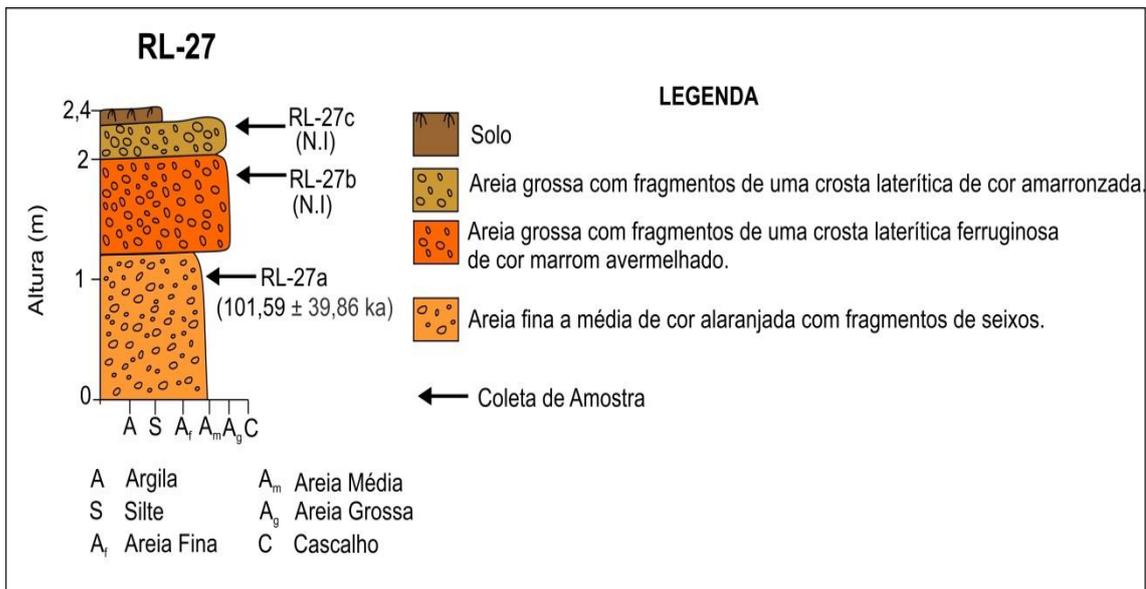
Fonte: A autora (2019).

Figura 86- Perfil representativo do Afloramento RL-24 com a datação de LOE no nível amostrado.



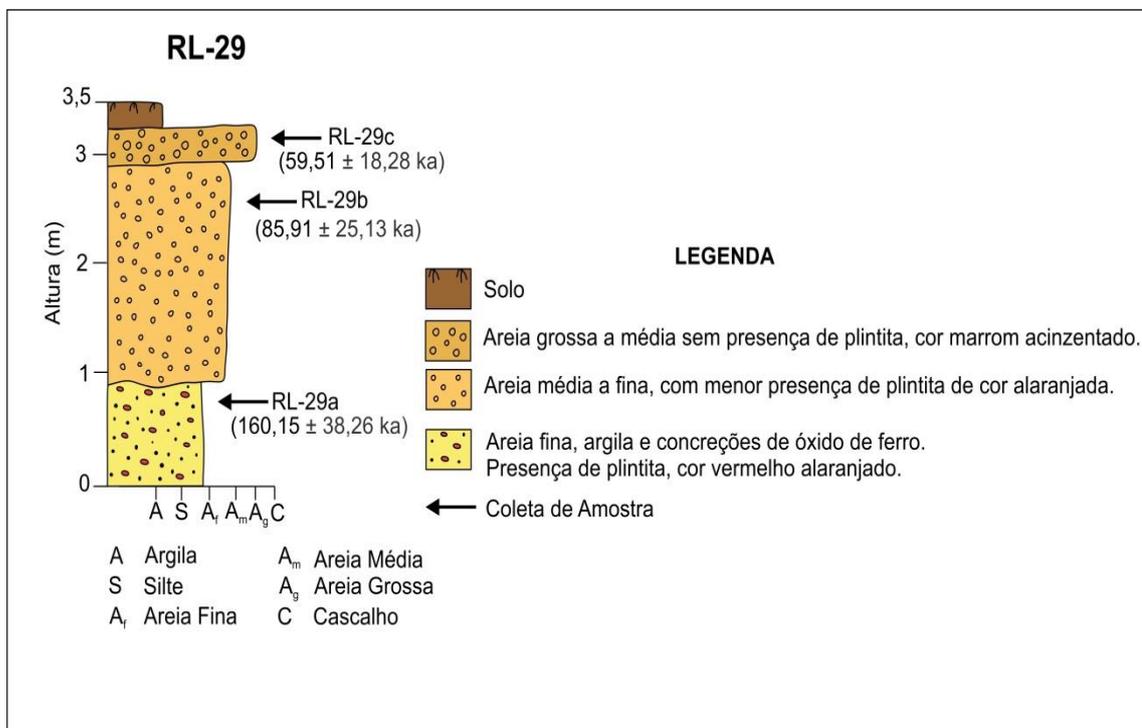
Fonte: A autora (2019).

Figura 87- Perfil representativo do Afloramento RL-27 com a datação de LOE no nível amostrado.



Fonte: A autora (2019).

Figura 88- Perfil representativo do Afloramento RL-29 com as datações de LOE nos três níveis amostrados.



Fonte: A autora (2019).

### 6.6.2 Datações Afloramentos de Carpina

Os Afloramentos de Carpina foram: RCa-08; RCa-11 e RCa-13.

#### Afloramento RCa-08 (Figura 89)

- Datação do nível amostrado RCa-08a<sub>2</sub> ( $61,09 \pm 18,35$  ka)
- Datação do nível amostrado RCa-08b ( $53,76 \pm 15,51$  ka)
- Datação do nível amostrado RCa-08c ( $23,96 \pm 4,20$  ka)

#### Afloramento RCa-11 (Figura 90)

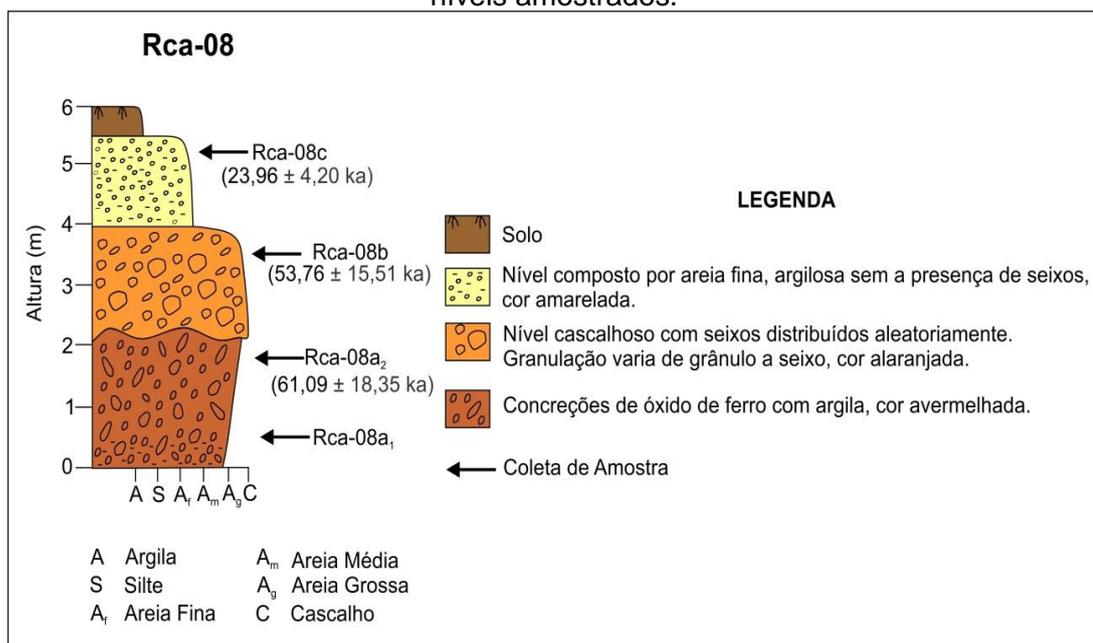
- Datação do nível amostrado RCa-11a ( $41,95 \pm 13,81$  ka)
- Datação do nível amostrado RCa-11b ( $11,72 \pm 1,18$  ka)
- Datação do nível amostrado RCa-11c ( $12,81 \pm 1,30$  ka)

#### Afloramento RCa-13 (Figura 91)

- Datação do nível amostrado RCa-13a ( $67,45 \pm 18,24$  ka)
- Datação do nível amostrado RCa-13b ( $50,80 \pm 7,14$  ka)
- Datação do nível amostrado RCa-13c ( $7,67 \pm 2,74$  ka)

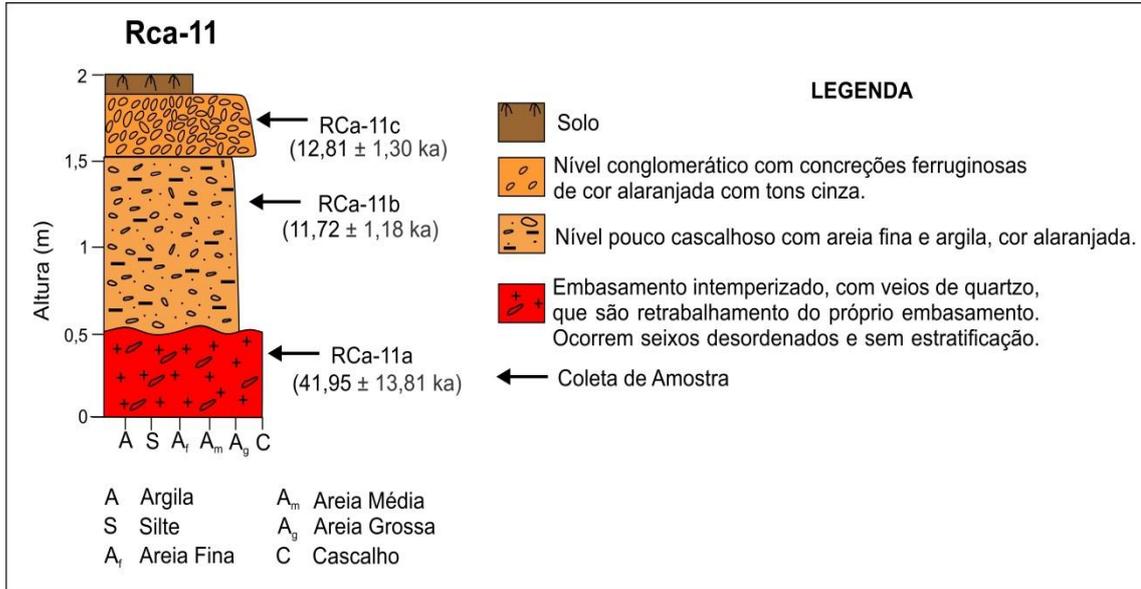
Os relatórios de datação desses afloramentos estão no (Anexo B). Município de Carpina.

Figura 89- Perfil representativo do Afloramento RCA-08 com as datações de LOE nos três níveis amostrados.



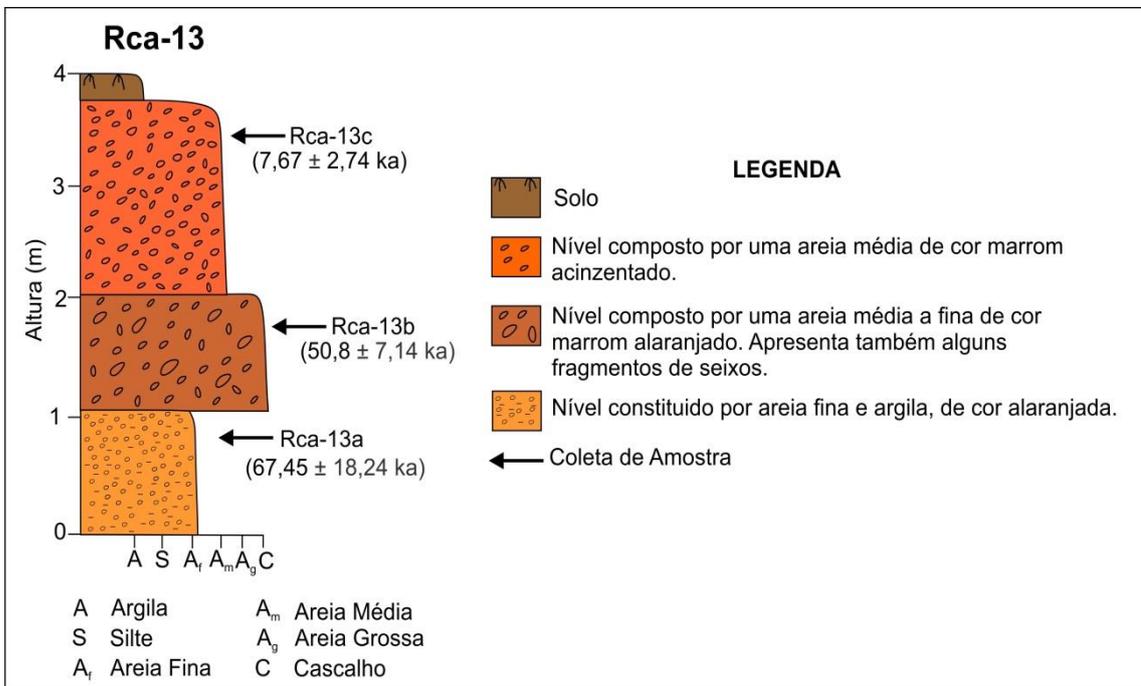
Fonte: A autora (2019).

Figura 90- Perfil representativo do Afloramento RCa-11 com as datações de LOE nos três níveis amostrados.



Fonte: A autora (2019).

Figura 91- Perfil representativo do Afloramento RCa-13 com as datações de LOE nos três níveis amostrados.



Fonte: A autora (2019).

Essas datações registraram idades em Lagoa do Carro como mais antigas as dos Afloramentos RL-29a (160,15 ± 38,26 ka), nível basal, e Afloramento RL-27a

com resultado de  $101,59 \pm 39,86$  ka. E Carpina, os Afloramento RCa- 13a (  $67,45 \pm 18,24$  ka) e RCa- 08a2 (  $61,09 \pm 18,35$  ka) . Os resultados obtidos indicam que esses sedimentos são de idades do Pleistoceno.

## 7 DISCUSSÕES

O objetivo principal deste capítulo é o de discutir os dados obtidos sobre os sedimentos ocorrentes em Lagoa do Carro e Carpina, e se os mesmos são pertencentes à Formação Barreiras ou não. Para tanto, desenvolveu-se vários tipos de análises no sentido de investigar suas características geoquímicas, mineralógicas e estratigráficas.

A relação entre os métodos analíticos utilizados decorrentes sobre os estudos desenvolvidos, apresentaram resultados satisfatórios com os objetivos propostos e as hipóteses previstas.

Os diversos tipos de afloramentos analisados tanto em Lagoa do Carro como em Carpina, observou-se similaridade nas características litológicas e mineralógicas.

### a) Poços Perfurados em Lagoa do Carro

A utilização das informações obtidas dos dezessete poços tubulares profundos (cerca de 50 m de profundidade) em Lagoa do Carro, proporcionou um entendimento sobre a espessura desse pacote sedimentar em função dos perfis litoestratigráficos elaborados com a intenção de verificar o comportamento N-S e E-W em relação às altitudes e erosão dos sedimentos em questão, até atingir o embasamento. A partir da análise efetuada, pode ser avaliado que a espessura dos sedimentos está relacionada com as altitudes, onde locais com patamares elevados e aplainados a espessura é maior. Com relação aos poços próximos à rede de drenagem, foi observada a ausência desses sedimentos, ou quando ocorrem é de pouca espessura, ocasionado pela erosão em decorrência da atuação dos mesmos. Fato observado nos perfis N-S. Os poços situados em locais sem a presença de uma rede hidrográfica, os sedimentos são mais preservados, e correspondem aos poços situados nos perfis E-W, com maiores espessuras.

### b) Minerais Pesados

Conforme (Suguio, 1980; Mabesoone, 1983; Pereira, 2005 e Remus *et al.* 2008) a proveniência dos minerais pesados estão associados a certos tipos de rochas fontes tais como: rochas ígneas ácidas e básicas, rochas metamórficas de alto grau, sedimentos retrabalhados entre outros.

Algumas ocorrências são mais determinantes de serem interpretadas, conforme se apresentam, de acordo com a cor, forma e tipo de desgaste, como por exemplo: a magnetita com hábito octaédrico, indica pouco transporte, ou a própria rocha fonte. A turmalina meio facetada, indica que a fonte está próxima. O zircão com hábito prismático (euédrico) , origem magmática. Zircão metamórfico em geral, ou de sedimentos retrabalhados, possuem terminações arredondadas.

Comparando os resultados obtidos com os dados da literatura , os dez minerais pesados observados em Lagoa do Carro (Quadro 7) e os nove encontrados em Carpina (Quadro 8) serão relacionados conforme suas características com as prováveis rochas- fontes.

Quadro 7- Resultado dos minerais pesados no município de Lagoa do Carro.

<b>Minerais Pesados em Lagoa do Carro</b>		
Mais Abundantes	Menos Abundantes	Raros
Magnetita	Turmalina	Monazita
Zircão	Rutilo	Anfibólio
Ilmenita	Silimanita	Mica
Apatita		

Fonte: A autora (2019).

Quadro 8- Resultado dos minerais pesados no município de Carpina.

<b>Minerais Pesados em Carpina</b>		
Mais Abundantes	Menos Abundantes	Raros
Magnetita	Zircão	Mica
Ilmenita	Apatita	Silimanita
Turmalina	Rutilo	Monazita

Fonte: A autora (2019).

A magnetita, mineral com uma grande concentração nas amostras, associada a rochas ígneas máficas, ou rocha metamórfica de alto grau, tem como potencial rocha fonte o Complexo Salgadinho.

O zircão, ocorreu de diversas formas e cores, podendo ser oriundo de origem ígnea, metamórfica e sedimentos retrabalhados. É possível que seja proveniente de mais de uma fonte pelas características encontradas, como prováveis fontes, o Complexo Surubim - Carolína o Complexo Salgadinho e sedimentos retrabalhados.

A ilmenita por sua vez está presente nas rochas ígneas e metamórficas, e suas prováveis rochas fonte é o Complexo Surubim - Caroolina e o Complexo Salgadinho.

Quanto as apatitas, podem ser provenientes de rocha ígnea ácida ou de sedimentos retrabalhados. Pela forma de ocorrência nos grãos analisados, sua potencial fonte foi de sedimentos retrabalhados, e do Complexo Salgadinho.

A proveniência dos grãos de turmalina podem estar associadas à pegmatitos, rocha ígnea ácida, rocha metamórfica de alto grau e sedimentos retrabalhados. Pelas características encontradas, suas prováveis fontes são as rochas metamórficas do Complexo Surubim - Caroolina, e de sedimentos retrabalhados.

O rutilo, por sua vez, está associado à sedimentos retrabalhados e rocha ígnea ácida. É possível que sua procedência esteja relacionada ao Complexo Salgadinho, e alguns associados aos sedimentos retrabalhados.

A silimanita, relacionada a rocha metamórfica de alto grau, esse mineral sugere uma proveniência das rochas metamórficas do Complexo Surubim-Caroolina.

A ocorrência da monazita foi discreta nas amostras analisadas, e relacionada a rocha ígnea ácida, sua provável fonte sugere ser do Complexo Salgadinho.

As micas ocorrem em grande variedade de rochas ígneas e metamórficas. A sua provável fonte na área de estudo, está relacionada aos Complexo Salgadinho e Surubim - Caroolina.

O anfibólio é associado a xistos e rochas metamórficas de alto grau. E sua ocorrência pode ser associada as rochas metaígneas do Complexo Salgadinho.

#### ➤ Associação Mineralógica e Proveniência

A associação magnetita, ilmenita, rutilo, zircão, apatita, micas e anfibólio pode-se inferir que são provenientes do Complexo Salgadinho.

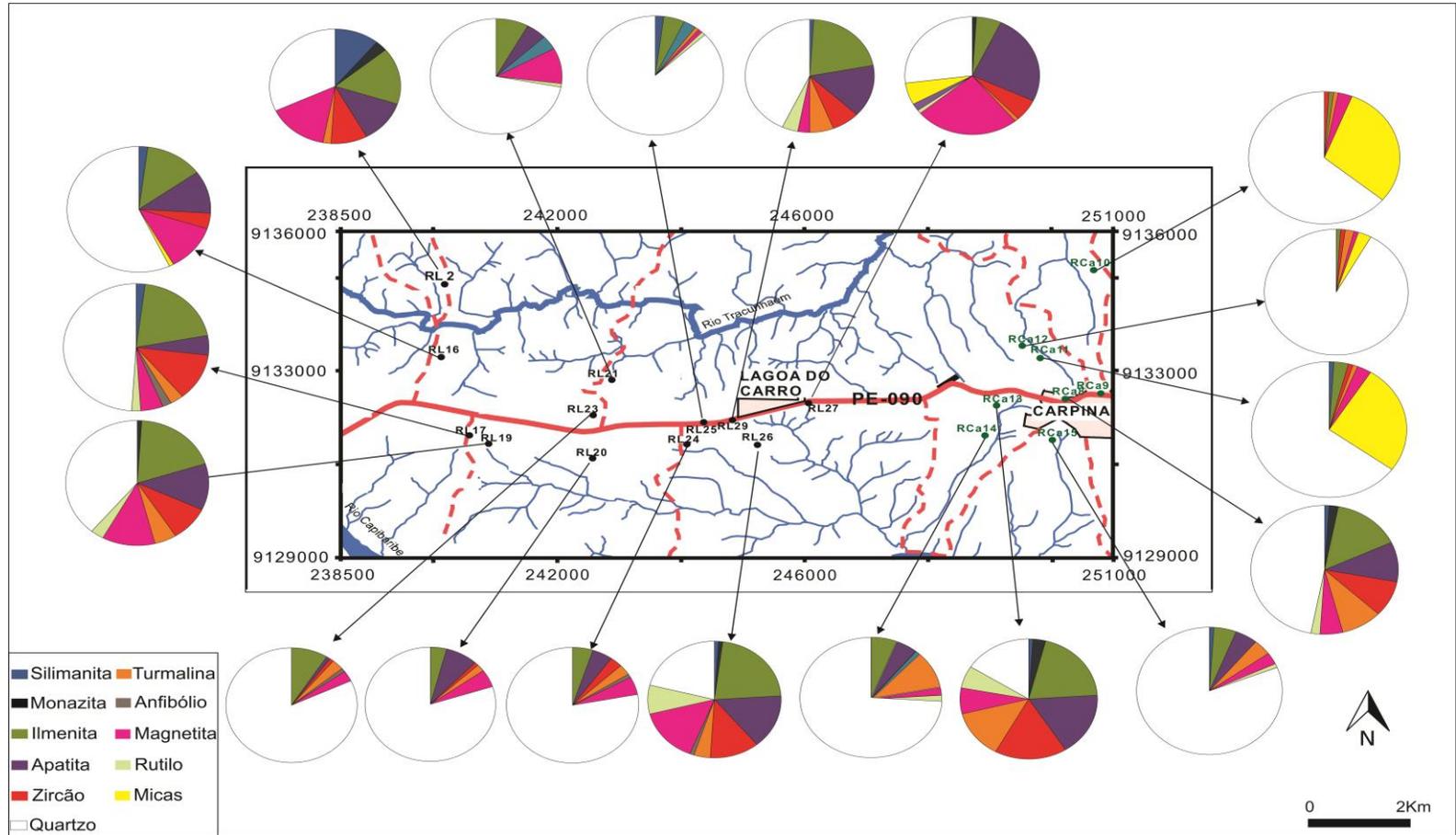
As ocorrências da silimanita, turmalina, zircão, micas e ilmenita, também estão associadas as rochas do Complexo Surubim - Caroolina.

E alguns são provenientes de sedimentos retrabalhados do próprio embasamento como o rutilo, apatita, turmalina e zircão.

Através dos minerais pesados analisados nos dois municípios, percebeu-se que são oriundos de fontes semelhantes. A proveniência desses minerais ocorreu de fonte próxima, ou da própria rocha da área de estudo. Como proveniente de duas

fontes distintas: das rochas metasedimentares do Complexo Surubim- Caralina, do Neoproterozóico e das rochas metaígneas, Paleoproterozoicas do Complexo Salgadinho. A distribuição dos minerais pesados na área de estudo estão apresentados no mapa de diagramas circulares com os percentuais em cada afloramento amostrado (Figura 92).

Figura 92- Mapa de distribuição dos minerais pesados dos municípios de Lagoa do Carro e Carpina, através de diagramas circulares.



Fonte: A autora (2019).

O que se observa nesse mapa é a grande ocorrência das micas, na porção nordeste da área, mais precisamente, no município de Carpina. Esse fato está relacionado aos afloramentos RCa-10, RCa-11 e RCa-12 serem constituídos por embasamentos intemperizados, com predominância de alguns veios pegmatíticos, alterados e fraturados, com presença macroscópica de micas. O afloramento RL-27 em Lagoa do Carro também tem essa ocorrência, identificada nas amostras basal e intermediária do embasamento intemperizado. Esse afloramento é o mais próximo dos de Carpina, e provavelmente essas rochas são mais ricas em micas.

Um dos objetivos deste estudo foi o de comparar os minerais pesados observados na área desta pesquisa com os encontrados na Formação Barreiras por França (2017) na Bacia Pernambuco, e por Quinamo (2017) na Bacia Paraíba, pela razão que os sedimentos de Carpina estão associados a essa formação. Outro elemento considerado é que essas são as referências mais próximas e mais recentes sobre minerais pesados em Pernambuco.

Rossetti (2011, 2013) não trabalhou com minerais pesados, na Bacia Paraíba e, portanto, só foi comparado, as altitudes e datações. Da mesma forma, Lima (2008), também não utilizou análise de minerais pesados em seu trabalho. Por isso, considerou-se como referência as datações de goethitas efetuadas nos sedimentos da Formação Barreiras em parte da região Nordeste.

Comparando uma possível correlação com os dados obtidos por França (2017) observou-se que não existe similaridade da área deste estudo com os resultados encontrados na Formação Barreiras na Bacia Pernambuco. Como também alguns minerais pesados não ocorreram em Lagoa do Carro e Carpina, por exemplo: granada, espodumênio e cianita. A conclusão obtida por França (2017) sobre as datações efetuadas nos zircões, indicam fontes de rochas paleoproterozoicas. Diante desse resultado, não existem dados comparativos.

A comparação dos minerais pesados da área de estudo com os observados por Quinamo (2017) no Sistema Estuarino Goiana/Megaó na Bacia Paraíba, existiu algumas semelhanças de ocorrências minerais, bem como a proveniência de alguns deles, com as mesmas fontes encontradas em Lagoa do Carro e Carpina. Como por exemplo: zircão, turmalina, silimanita e ilmenita tiveram como potenciais fontes o Complexo Surubim – Caroalina e o Complexo Salgadinho. Outros, não encontrados na área deste estudo, mas identificados por Quinamo (2017) na Bacia Paraíba, por

exemplo: diopsídio, hornblenda, epidoto, cianita e granada, tiveram também suas prováveis fontes associadas aos Complexos Surubim – Carolína e o Salgadinho.

Como conclusão observou-se certa similaridade entre os sedimentos de fundo do estuário Goiana/Megaó com os sedimentos de Lagoa do Carro e Carpina. Uma evidência a ser considerada, é que a origem dos minerais pesados oriundos dos Complexos já citados, e ocorrentes na Bacia Paraíba, podem ter sido através do transporte do rio Tracunhaém, que é um tributário presente em Lagoa do Carro e Carpina, e um dos afluentes do rio Goiana.

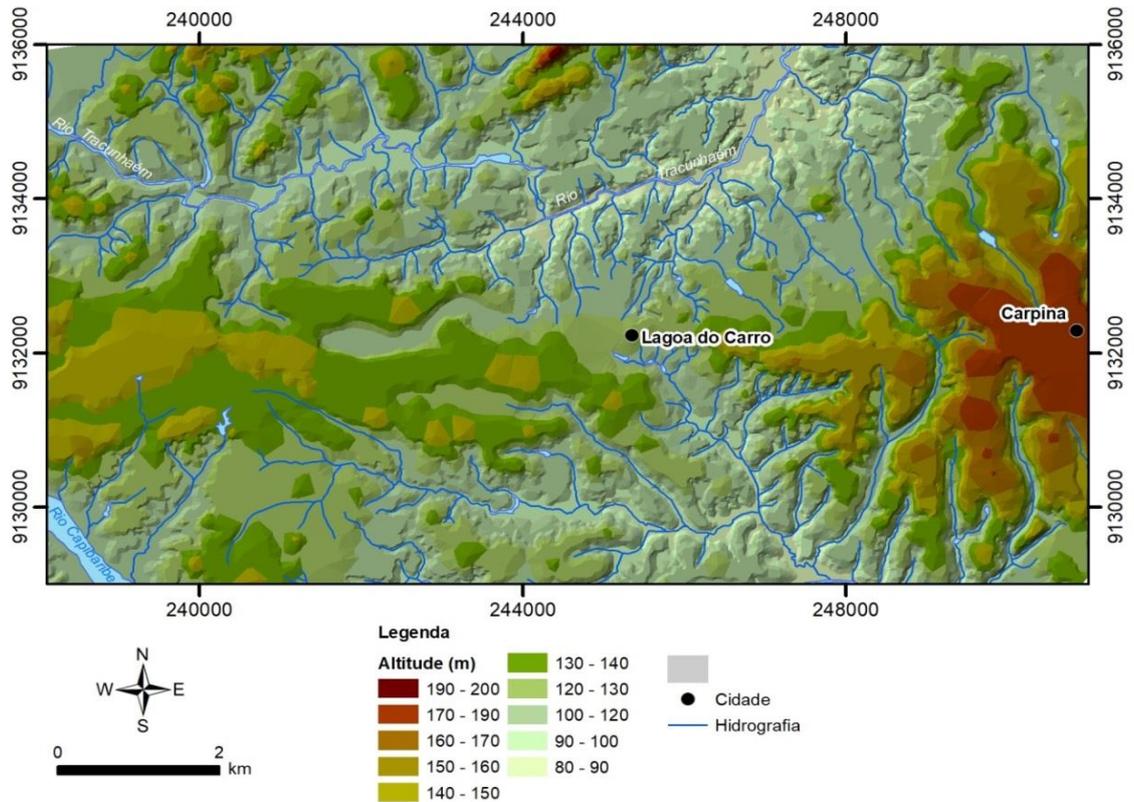
c) Espectroscopia de Reflectância e Difractometria de Raios-X

As análises efetuadas por espectrometria de reflectância e difratometria de Raios-X nas amostras de solo e sedimentos inconsolidados nos municípios de Lagoa do Carro e Carpina também obtiveram resultados semelhantes, com a presença do argilomineral 1:1 (caulinita) e goethita. Comparativamente também foram feitas análises espectrais de amostras de sedimentos de um perfil típico da Formação Barreiras em Araçoiaba, PE. E, em todas as cinco amostras analisadas ocorre a caulinita, goethita, e localmente (amostra RSj-2d) ocorre a hematita, próximo ao topo desse afloramento. De uma forma geral, as amostras de solo e sedimentos inconsolidados de Lagoa do Carro e Carpina, são semelhantes ao comportamento espectral da Formação Barreiras. Era de se esperar esse resultado pelo clima tropical úmido na Zona da Mata o que favorece o intemperismo químico, com a formação preferencial da caulinita.

d) Altitudes dos Sedimentos da Formação Barreiras e Pós-Barreiras

Uma das análises propostas neste trabalho foi com relação às altitudes encontradas nos municípios de Lagoa do Carro e Carpina que ultrapassavam 100m, comparativamente com os da Formação Barreiras, realizada por Rossetti *et al.* (2013) na porção central da Bacia Paraíba. Conforme o mapa hipsométrico da área de estudo (Figura 93), se observa que as altitudes ultrapassam o limite demonstrado por esses autores no trabalho supra citado. Em Carpina, as altitudes estão entre 200 e 170m. Em Lagoa do Carro entre 170m e 150m.

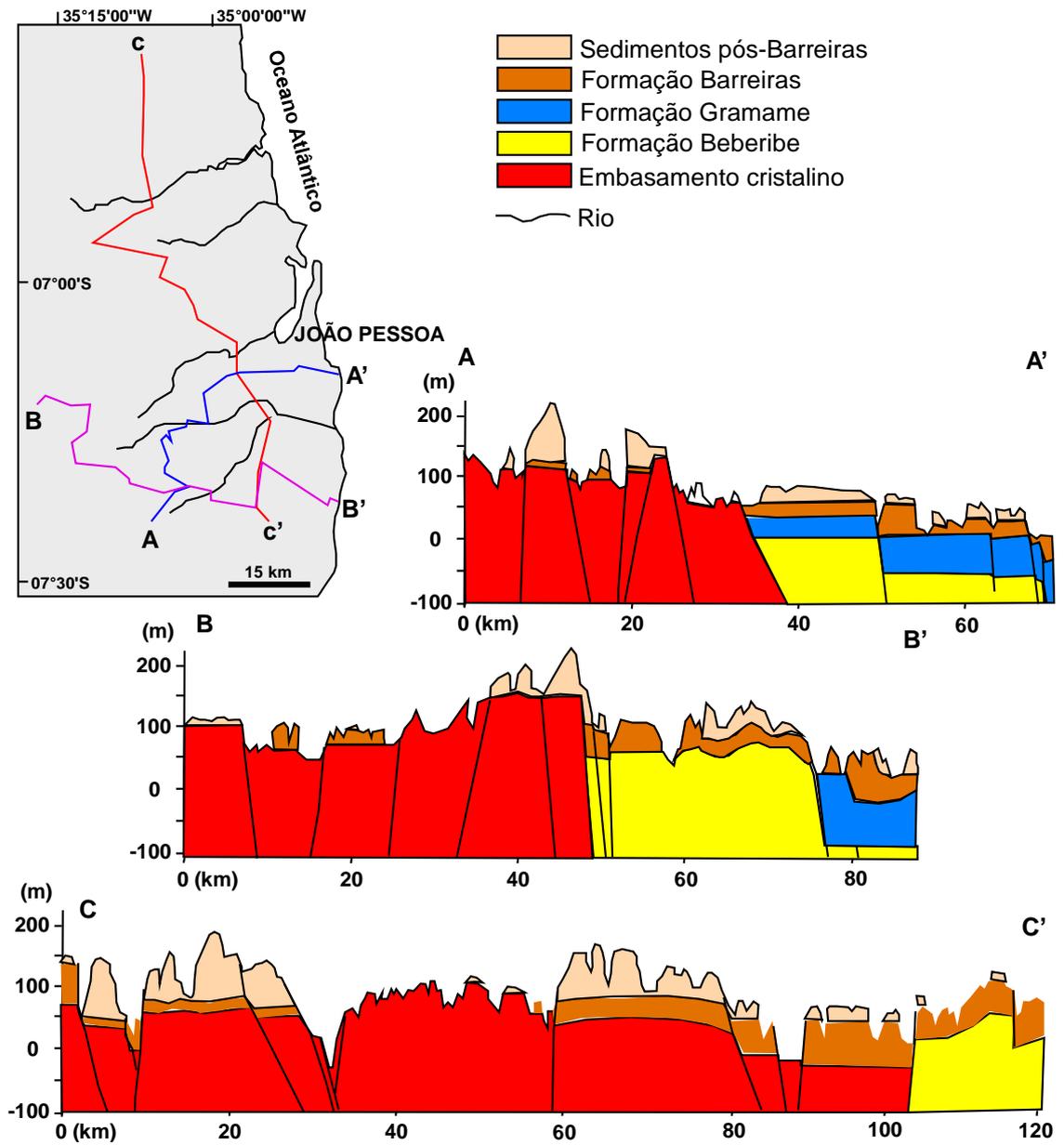
Figura 93- Mapa hipsométrico dos municípios de Lagoa do Carro e Carpina.



Fonte: A autora (2019).

Nesse trabalho Rossetti *et al.* (2013) analisaram os sedimentos no trecho próximo à cidade de João Pessoa, e foram realizados três perfis, desde a costa, ou próxima a ela, em direção ao continente, com distâncias de 60 km (A- A'), 80 km (B- B') e 120 km (C- C') respectivamente, conforme ilustrado ( Figura 94).

Figura 94- Seções litoestratigráficas na porção central da Bacia Paraíba.

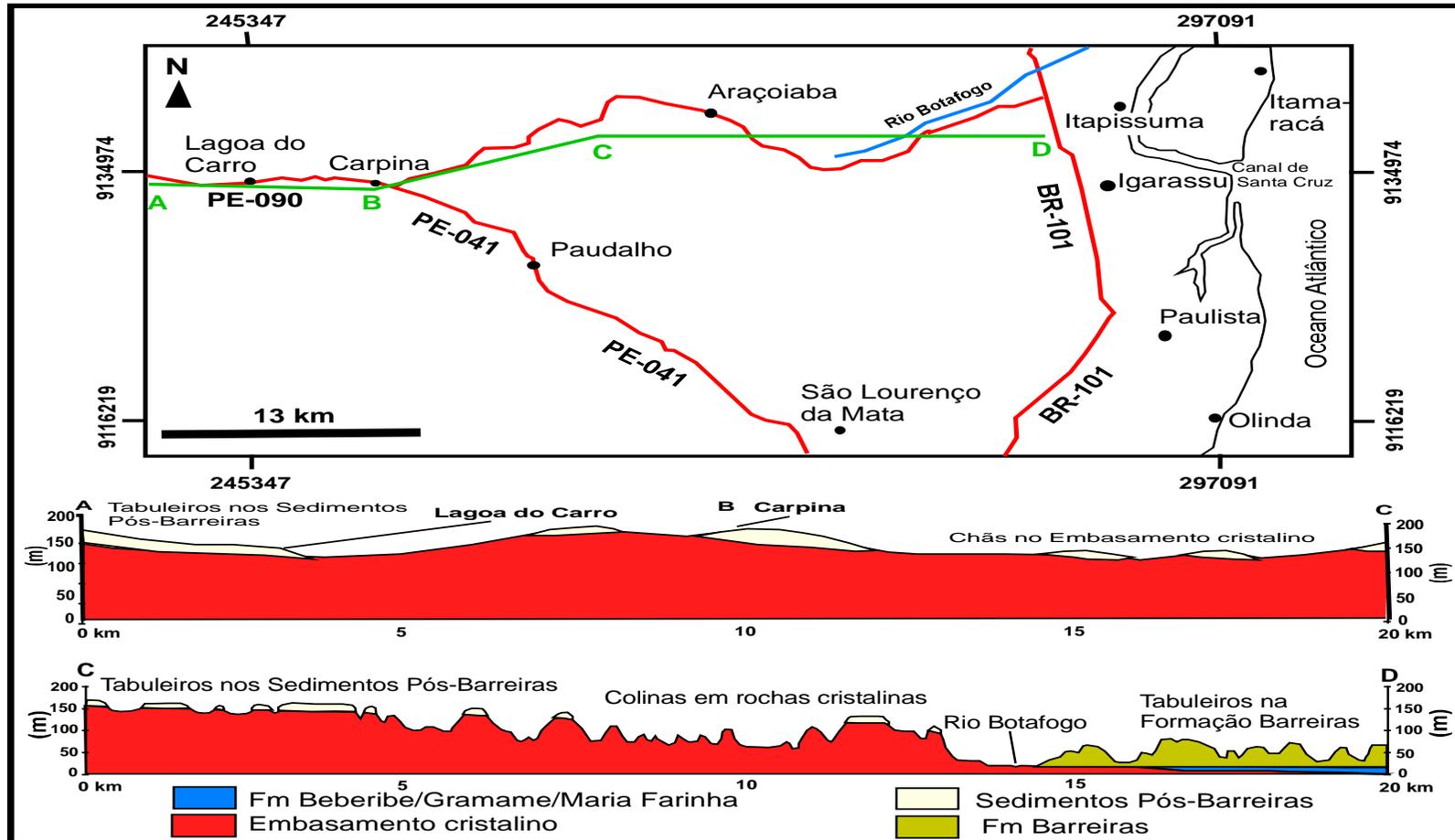


Fonte: Rossetti *et al.*(2013).

Diante dos resultados obtidos pelos autores nessa investigação, que quanto mais os sedimentos adentram o continente, a altitude da Formação Barreiras não ultrapassa os 100 m (C- C'). Acima dessa altitude, é definido como um capeamento do Pós-Barreiras propriamente dito.

Comparativamente, elaborou-se um mapa geomorfológico de Lagoa do Carro até Araçoiaba (Figura 95) com a intenção de verificar semelhanças com os resultados obtidos por Rossetti *et al.* (2013).

Figura 95- Perfil geomorfológico envolvendo os municípios de Lagoa do Carro, Carpina e Araçoiaba, PE.



Fonte: Perfil (A- C) elaborado pela autora (2019).

Fonte: Perfil (C- D) modificado de Valença ( 2008).

O que se observa nesse perfil geomorfológico no trecho compreendido entre (C- D) a ocorrência dos sedimentos da Formação Barreiras (100m de altitude) se situam somente até próximo ao rio Botafogo. A partir desse ponto em direção ao continente, são as colinas das rochas cristalinas, e os sedimentos dos sedimentos Pós-Barreiras, com altitudes em torno de 150 m. No trecho entre ( A- B), entre Lagoa do Carro e Carpina as altitudes são semelhantes ao perfil anterior (150 m), se configura como Tabuleiros pertencentes aos sedimentos Pós-Barreiras.

Comparando a investigação realizada por Rossetti *et al.*(2013) com as altitudes ocorrentes nos municípios de Lagoa do Carro e Carpina ( ~184m), pode-se concluir que os sedimentos inconsolidados dos municípios em questão não são pertencentes à Formação Barreiras como atualmente está mapeado nos mapas geológicos de Pernambuco (1980,1990, 2001, 2005 e 2016).

#### e) Datações

A análise realizada através do método de LOE se obteve resultados em **Lagoa do Carro** como mais antigas foram dos Afloramentos RL-29a ( $160,15 \pm 38,26$  ka) e RL- 27a ( $101,59 \pm 39,86$  ka). A amostra com idade mais recente foi do Afloramento RL-24 ( $17,46 \pm 4,60$  ka). A datação do Afloramento RL-23 ( $4,30 \pm 2,18$  ka) não foi considerada como a mais recente, por se tratar de um solo, e datado para comparação com os demais afloramentos. Em **Carpina** os resultados das amostras mais antigas foram dos Afloramentos RCa-13a ( $67,45 \pm 18,24$  ka) e RCa-08a2 ( $61,09 \pm 18,35$  ka). E a mais recente do Afloramento RCa- 11c ( $12,81 \pm 1,30$  ka), e , estatisticamente tem idade equivalente ao do nível RCa-11b ( $11,72 \pm 1,18$  ka). A amostra do RCa- 13c ( $7,67 \pm 2,74$  ka) também não considerou-se como a mais jovem por estar próxima ao solo. Neste estudo, a datação forneceu informações precisas sobre a idade desses sedimentos, revelando idades relacionadas ao Pleistoceno.

De acordo com os resultados obtidos (Quadro 9) observou-se que todas as datações de Carpina apresentaram resultados com idades mais recentes do que as de Lagoa do Carro, com diferença aproximada de  $\pm 40,00$  ka. Foi um resultado inovador, e esses novos dados colocam a questão de por que os sedimentos de Carpina são mais “jovens”? Se supõe que houve uma taxa de sedimentação maior em Carpina, por ser topograficamente mais alta que Lagoa do Carro.

Quadro 9- Resultado das datações nos municípios de Lagoa do Carro e Carpina.

<b>Datações Lagoa do Carro</b>	
<b>Afloramentos</b>	<b>Idade (ka)</b>
RL-23	(4,30 ± 2,18)
RL-24	(17,46 ± 4,60)
RL-27a	(101,59 ± 39,86)
RL-29a	(160,15 ± 38,26)
RL-29b	(85,91 ± 25,13)
RL-29c	(59,51 ± 18,28)
<b>Datações Carpina</b>	
<b>Afloramentos</b>	<b>Idade (ka)</b>
RCa-08a2	(61,09 ± 18,35)
RCa-08b	(53,76 ± 15,51)
RCa-08c	(23,96 ± 4,20)
RCa-11a	(41,95 ± 13,81)
RCa-11b	(11,72 ± 1,18)
RCa-11c	(12,81 ± 1,30)
RCa-13a	(67,45 ± 18,24)
RCa-13b	(50,80 ± 7,14)
RCa-13c	(7,67 ± 2,74)

Fonte: A autora (2019).

Uma das técnicas que estavam previstas, era comparar os resultados das datações dos municípios da área de estudo com a de um perfil típico da Formação Barreiras. Mas, diante da limitação do método de LOE que só alcança idades para sedimentos com idade de até 1 Ma, não foi possível datar esses sedimentos que possui idade mínima de 17 Ma. Lima (2008) conseguiu datar os sedimentos da Formação Barreiras utilizando o método de U-Th/He em goethitas e obteve o resultado que o tempo de deposição do Barreiras está entre 22 e 17 Ma, apresentando idade relacionada ao Mioceno.

E, comparando os resultados de Rossetti *et al.*(2011) utilizando o método de datação por LOE nos depósitos na Bacia Paraíba, com os encontrados nas amostras analisadas deste estudo, e datações próximas, apresentadas anteriormente, evidencia-se que a área desta pesquisa configura-se como sedimentos denominados Pós-Barreiras.

Uma visão abrangente da área de pesquisa proporcionou observar que a oeste da área de trabalho o embasamento está topograficamente mais alto do que na porção este. Apesar de topograficamente Carpina ser mais alto que Lagoa do Carro, aparentemente o fluxo de sedimentos veio de oeste para este. Essas evidências são em função da grande exposição em termos de área dos sedimentos inconsolidados na região de Carpina, diferindo dos ocorrentes em Lagoa do Carro,

que ocupa basicamente a porção mais elevada da PE-090. Uma hipótese é que a região de Carpina pode ter sofrido uma elevação pós-deposicional, ou os sedimentos de Lagoa do Carro sofreram uma erosão, e por isso o pacote sedimentar em Carpina seja mais espesso.

## 8 CONCLUSÕES

Nesta presente pesquisa trabalhou-se com três hipóteses para elucidar a origem dos depósitos sedimentares ocorrentes em Lagoa do Carro e Carpina com objetivo da possibilidade se seriam pertencentes à Formação Barreiras ou não.

Utilizou-se para esse fim quanto a sua origem sedimentar, a análise de minerais pesados, que é uma ferramenta empregada para o estudo da proveniência. Também comparar os resultados da área deste estudo com as análises feitas na Formação Barreiras no Sistema Estuarino Goiana/ Megaó, Bacia Paraíba por Quinamo (2017) e em Cabo de Santo Agostinho, Bacia Pernambuco por França (2017).

A comparação da proveniência dos minerais pesados com França (2017) foi ineficaz pela razão dos dois testemunhos analisados na Formação Barreiras na Bacia Pernambuco terem uma proveniência de rochas proterozóicas sem a definição de quais seriam exatamente essas fontes.

Já a comparação com Quinamo (2017) apesar de só ter havido coleta na Formação Barreiras em quatro pontos, houve uma similaridade na proveniência. A maioria dos minerais pesados foram provenientes dos Complexos Surubim-Caroalina e Salgadinho, a mesma da área desta pesquisa. Provavelmente, esses minerais foram transportados pelo rio Tracunhaém, afluente do rio Goiana.

Comparativamente com Quinamo (2017) os minerais pesados encontrados em Lagoa do Carro e Carpina, são provenientes dos Complexos Surubim - Caroalina e Salgadinho, que são das rochas dominantes nos dois municípios. E, conseqüentemente, os minerais não sofreram nenhum ou quase nenhum transporte.

Uma abordagem foi com relação às altitudes ocorrentes nos dois municípios, pelo fato que alguns trabalhos desenvolvidos na Formação Barreiras comprovam que essa unidade geológica não ultrapassa os 100m de altitude nessa região costeira do Nordeste brasileiro. Para tanto, elaborou-se um perfil geomorfológico de Este (Araçoiaba) para Oeste (Lagoa do Carro) para comparar com os resultados de Rossetti (2013). E, como resultado, evidenciou-se que as altitudes ocorrentes em Lagoa do Carro e Carpina (~184 m), pode-se concluir que esses sedimentos são pertencentes ao Pós-Barreiras.

Outra investigação foi para obter a idade desses sedimentos, utilizando-se como método de datação a Termoluminescência Opticamente Estimulada. E

comparar os resultados das amostras dos municípios em questão, com os de um perfil reconhecidamente típico da Formação Barreiras. A datação por LOE foi decisiva na questão da idade dos sedimentos da área de estudo. Entretanto, à comparação dos resultados com os da Formação Barreiras, esse método não data sedimentos tão antigos (17 Ma).

Como conclusão, as investigações obtidas posicionam que os sedimentos inconsolidados desses dois municípios não pertencem à Formação Barreiras, e sim como depósitos sedimentares pertencentes aos sedimentos Pós - Barreiras, de acordo com os resultados das datações pelo método de LOE e também, no que se refere às altitudes investigadas.

Um dos objetivos desta pesquisa foi a elaboração de um mapa geológico esquemático na escala de 1:25.000 da área deste trabalho o qual se encontra no (Apêndice B).

Espera-se que com os resultados obtidos através deste estudo, haja uma contribuição para revisão de alguns mapas geológicos onde a Formação Barreiras está mapeada sem métodos analíticos, como também ajudar futuros projetos, ou futuras pesquisas que envolvam essa unidade.

## REFERÊNCIAS

- ALHEIROS, M. M.; LIMA FILHO, M. F.; MONTEIRO, F.A.J.; OLIVEIRA FILHO, J.S. Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35. Belém. **Anais** [...] Belém: SBG, v.2, p. 753-760. 1988.
- ALHEIROS, M. M.; LIMA FILHO, M. F. A Formação Barreiras. *In*: MABESOONE, J. M. Revisão geológica da faixa costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. **Estudos Geológicos**, v. 10, p.77- 88.1991.
- ADDAD, J.E. **Minerais pesados**: uma ferramenta para prospecção, proveniência, paleogeografia e análise ambiental. São Paulo: Edição independente. 2001.80 p.
- AITKEN, M.J. **Thermoluminescence dating**. London: Academic Press.1985.
- ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia - USP Ser. Cient.** São Paulo v.6, n. 2, p.1-6. 2006.
- ARAÚJO, V.D.; REYES-PERES, Y.A.; LIMA, R.O.; PELOSI, A.P.M.R.;MENEZES, L.; CÓRDOBA, V.C.; LIMA-FILHO, F.P. Fácies e Sistema Depositional da Formação Barreiras na Região da Barreira do Inferno, Litoral Oriental do Rio Grande do Norte. Revista do Instituto de Geociências- USP. **Geol. USP Série Cient.**, São Paulo, v.6, n.2, p. 43-49, 2006.
- ASFORA, V.K. **Contribuição Metodológica para Datação de Seixos e Sedimentos Integrando Termoluminescência, Espectroscopia RPE e Luminescência Ópticamente Estimulada**. 2014. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.157p.
- BATES, R. L. & JACKSON, J.A. **Glossary of geology**. Virgínia: American Geological Institute. 750p. 1980.
- BARBOSA, J. A., NEUMANN, V.H., LIMA FILHO, M. F., SOUZA, E.M., MORAES, M.A. - A deposição carbonática na faixa costeira Recife-Natal: aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos. **Estudos Geológicos**, v.17, p.3-30. 2007.
- BEZERRA, F.H.R. Deformação Tectônica na Formação Barreiras: Exemplos das Bacias Potiguar e Paraíba, Brasil. *In*: **XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA**. Cidade Armação de Búzios / RJ. 5p. 2011.
- BIGARELLA, J. J. & ANDRADE, G. O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). **Arquivo do Instituto de Ciências da Terra**. Recife, v. 2, p.2-14. 1964.
- BIGARELLA, J. J. The Barreiras Group in Northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 47, p. 365-393. Suplemento, 1975.

CLARK, R.N. **Espectroscopia de Rochas e Minerais e Princípios de Espectroscopia, no Manual de Sensoriamento Remoto**. Cap. 1, v.3, Sensoriamento Remoto para as Ciências da Terra. John Wiley and Sons, (A. N. Rencz, ed) New York, p. 3-58. 1999.

CÓRDOBA, V. C.; JARDIM DE SÁ, E. F.; SOUSA, D. C.; ANTUNES, A. F., Bacia de Pernambuco-Paraíba. **Boletim de Geociências**, Petrobras, v.15, n.2, p. 391-403. 2007.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil) /DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) - Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil- **LIMOEIRO FOLHA SB.25-Y-C-V** Estado de Pernambuco. Escala 1: 100. 000 – Brasília / DF- Texto Explicativo. 97p. 1990.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil) / DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) - **Mapa Geológico do Estado de Pernambuco**- escala 1: 500.000. 2001.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil) **Diagnóstico do Município de Carpina**. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea /PE. 21p. 2005.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil) **Diagnóstico do Município de Lagoa do Carro**. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea /PE. 19p. 2005.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil) **Projeto Rio Capibaribe**- Carta Geológica preliminar- escala 1: 250. 000.2016.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil) / Universidade Federal de Pernambuco- UFPE. Departamento de Geologia. Programa Geologia do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais da FOLHA SURUBIM (SB. 25-Y-C-IV)**. Escala 1: 100.000. Estados de Pernambuco e Paraíba, 98p. Recife, 2017.

CULLITY, B.D.; STOCK, S. R. **Elements of X- ray diffraction**. Prentice- Hall: NJ, 3.ed.2001.

DANTAS, J.R.A. **Mapa geológico do Estado de Pernambuco** –Brasil. DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). Texto explicativo. 109p. 1980.

DEMATTÊ, J.A.M., TERRA, F.S., QUARTAROLI, C.F. **Spectral behavior of some modal soil profiles from São Paulo State, Brazil**. Bragantina, Campinas, 71(3): p. 413-425.2012.

FOLK, R.L. **Petrology of Sedimentary Rocks**. The Univ. of Texas, Austin, Hemphil's. 172 p. 1968.

FRANÇA, P.P. **Análise de composição e proveniência das unidades clásticas (Aptiano- Albiano) da Bacia Pernambuco**. 2017. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.153p.

FURRIER, M. **Caracterização geomorfológica e do meio físico da Folha João Pessoa- 1: 100.000**. 2007. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.213 f.

FURRIER, M.; BARBOSA, M.E.F. Análise Morfoestrutural do Relevo Desenvolvido sobre a Formação Barreiras no Estado da Paraíba através de SIG. **Revista Equador**, UFPI, vol.3, n. 2, p. 19-37. 2014.

GUEDES, C.C.F.; SAWAKUCHI, A.O.; GIANNINI, C.F.; DE VITT, R.; AGUIAR, V.A.P. - Datação por Luminescência Opticamente Estimulada: Princípios e aplicabilidade nos depósitos sedimentares brasileiros. *In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA*. Cidade Armação de Búzios/ RJ. 5p. 2011.

GOLPINATH, T.R.; COSTA FILHO, C.R.S.; SOUSA JÚNIOR, M.A. Minerais pesados e processos deposicionais dos sedimentos da Formação Barreiras, Paraíba. *In: Simpósio de Geologia do Nordeste*, 15. **Anais [...]** Natal: SBG/Núcleo Nordeste, p. 47-48. 1993.

HUBERT J.F. **Analysis of Heavy-Mineral Assemblage**. In: Carver R.E. (ed.) *Procedures in Sedimentary Petrology*. Athens, Geórgia, Wiley Interscience, p.453-478. 1971.

KEGEL, W. Novo membro fossilífero da Formação Itamaracá (Cretáceo Superior) de Pernambuco. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.3, n.29, p. 373-375, 1957.

KRYNINE, P.D. **The tourmaline group in sediments**. *J. Geology*, 54: p. 65-87. 1946.

LIMA, C.C.U.; VILAS BOAS, G.S.; BEZERRA, F.H.S. Faciologia e Análise Tectônica Preliminar da Formação Barreiras no Litoral Sul do Estado da Bahia, Brasil. **Revista do Instituto de Geociências-USP**. *Geol. USP Sér. Cient.*, São Paulo, v.6, n.2, p. 71- 80. 2006.

LIMA, M.G. **A História do Intemperismo na Província Borborema Oriental, Nordeste do Brasil: Implicações Paleoclimáticas e Tectônicas**. 2008 Tese (Doutorado). Universidade do Rio Grande do Norte. Natal /RN, 2008. 594p.

MABESOONE, 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.173-188. 1972.

MABESOONE, J.M. **Sedimentologia**. 2 ed. rev. e atual. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Ed. Universitária, 475p. 1983.

MABESOONE, J. M., ALHEIROS, M. M. - Base Estrutural - Faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. *In: J.M. MABESOONE*. Revisão da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. UFPE, **Estudos Geológicos**, v.10: p.33-43. 1991.

MalvernPanalytical<<https://www.malvernpanalytical.com/en/products/product-range/asd-range/fieldspec-range/fieldspec-4-standard-res-spectroradiometer>>. Acesso em 27 de junho de 2018.

MORTON, A.C. **Heavy mineral in provenance studies**. In: Zuffa G.G. (ed.) Provenance of Arenites. Dordrecht, Germany, D. Reidel Pub. Co. p. 249-278. 1985.

MORTON, A.C. and C.R. HALLSWORTH. **Identifying provenance-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones**. Sedimentary Geology, v. 90, p. 241-256. 1994.

MORTON A.C. & HALLSWORTH C.R. **Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones**. Sed. Geol., 124: p. 3-29. 1999.

OLIVEIRA, A. I. e LEONARDOS, O. H. **Geologia do Brasil**. Rio de Janeiro, Com. Bras. Centenário de Portugal, 472p. 1940.

PALMA, J.J.C. **Depósitos de minerais pesados**. Série Projeto REMAC, v.10: p. 33-50. 1979.

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. 112p. 2005.

PETTIJOHN, F.J. **Sedimentary Rocks**. New York : Harper & Row Publishers, New York, 3ed. 628p. 1975.

PONTUAL, S.; MERRY, N. ; GAMSON, P. **Spectral interpretation – Field manual**. GMEC. Spectral Analysis guides for mineral exploration: AusSpec International Pty. Ltd., Victoria.189p. 2008.

QUINAMO, L.A. - **Estudos de minerais pesados ao longo do sistema estuarino Goiana/ Megaó- PE: Distribuição e Proveniência**. 2017. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.125p.

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

ROSSETTI, D.F. Evolução Sedimentar Miocênica nos Estados do Pará e Maranhão. **Revista do Instituto de Geociências-USP**. Geol. USP Série Cient., São Paulo, v.6, n.2, p. 7-18, 2006.

ROSSETTI, D. F., BEZERRA, F.H.R.; GÓES, A.M.; VALERIANO, M.M.; ANDRADES-FILHO, C.O.; MITTANI, J.C.R.; TATUMI, S.H.; BRITO NEVES, B.B. - Late Quaternary sedimentation in the Paraíba Basin, Northeastern Brazil: Landform, sea level and tectonics in Eastern South America passive margin. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 300 - p.191-204. 2011.

ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F.H.R.; DOMINGUEZ, J.M.L. - Late Oligocene-Miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil. **Earth-Science Reviews** 123 - p. 87-112. 2013.

SAMPAIO, F. J. ; PEREIRA, A. M. S.; VILAS BOAS, G.S. Os sedimentos Barreiras na região Nordeste do Estado da Bahia: Estágio atual do conhecimento geológico. *In: **Simpósio de Geologia do Nordeste***, 14. Recife. Atas: SBG/ Núcleo Nordeste, 1991.v.1, p. 198-199. 1991.

SANTIN, O. F. **Breve histórico dos cem anos da descoberta dos Raios-X: 1985 – 1995**. Química Nova, p. 578-580. 1995.

SECTMA (Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente) - **Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco**. 104p. 2006.

SILVA, C.G. Plácers marinhos. **Revista Brasileira de Geofísica**, 18 (3): p. 327-336. 2000.

SOUZA, E.M., - **Estratigrafia da Seqüência Clástica Inferior (Andares Coniaciano- Maastrichtiano Inferior) da Bacia da Paraíba e suas implicações paleogeográficas**. 2006. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006. 358p.

SUGUIO, K. **Rochas Sedimentares: Propriedades, gênese, importância econômica**. São Paulo: Editora Edgard Blucher: Editora da Universidade de São Paulo. 495p. 1980.

SUGUIO, K. ; Nogueira, A.C.R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras de alguns eventos do Neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. **Geociências, São Paulo**, v.18, n.2, p. 439-460. 1999.

SUGUIO, K; TATUMI. H.S; BARRETO, F.M.A. - Comparação entre os métodos do radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) e da Termoluminescência (TL) na datação do Quaternário. *In: **IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário***. Resumo -3p. 2003.

VALENÇA, R.F. – **Mapeamento Geomorfológico e de processos erosivos da Bacia Hidrográfica do Rio Botafogo- PE utilizando técnicas de geoprocessamento**. 2008. Tese (Doutorado) - Programa de Pós- Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.153p.

VAN SCHMUS, W.R.; OLIVEIRA, E.P.; SILVA FILHO, A.F.; TOTEU, F.; PENAYE, J.; GUIMARÃES, I.P. **Proterozoic Links between the Borborema Province, NE Brazil, and the Central African Fold Belt**. London. Geological Society, p.66-69. 2008.

WATANABE, S., MIYAMOTO, M. Datação de peças arqueológicas pelo Método de Termoluminescência. **Anais Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, v. 47, n. 2, p. 197-213, 1975.

**APÊNDICE A- Quadro Geral de Reconhecimento da Área e Afloramentos nos Municípios de Lagoa do Carro e Carpina, Pernambuco.**

**Reconhecimento da Área (RC)**

<b>AFLORAMENTO</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>	<b>ALTITUDE (m)</b>	<b>DESCRIÇÃO DO AFLORAMENTO</b>	<b>OBSERVAÇÃO</b>
RC01	9130434/ 238669	147	Gnaiss /migmatito	Faz. Acesso p/ Rio Capibaribe.
RC02	9134799/ 240154	141	Na estrada, elúvio /colúvio	Entrada à direita da PE-090, sentido Faz. Serraria.
RC03	9129059/ 241667	136	-----	Ponto de referência (vila da barragem) fora da área do projeto.
RC04	9130193/ 242935	113	-----	Chã de Ventena (riacho Ribeiro de Pedra)
RC05	9131789/ 242914	155	-----	Próximo à / PE-090
RC06	9132780/ 243775	131	-----	Entrada Faz. Engenho Cordeiro
RC07	9134437/ 243249	108	Embasamento	Ponte do Rio Tracunhaém
RC08	9132443/ 250306	183	Elúvio/colúvio	Sede municipal (ocupações irregulares)
RC09	9132492/ 250887	193	-----	Área urbanizada
RC10	9135208/ 250839	134	Embasamento intemperizado	Entrada de acesso no sinal de trânsito

**Carpina (RCa)**

Continua

<b>AFLORAMENTO</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>	<b>ALTITUDE (m)</b>	<b>DESCRIÇÃO DO AFLORAMENTO</b>	<b>OBSERVAÇÃO</b>
RCa -10	9135208/ 250839	134	<b>RCa- 10</b> Embasamento intemperizado constituído por feldspato alterado, quartzo e muscovita.	01 coleta (para MP).
RCa- 08	9132443/ 250306	183	<b>RCa- 08a</b> (base) Nível com óxido de ferro, concreções de óxido de ferro, cor avermelhada. Indício de uma crosta laterítica? <b>RCa- 08b</b> (médio) Nível onde se observa seixos distribuídos aleatoriamente. A granulação variando de grânulo a seixo, de cor alaranjada. <b>RCa- 08c</b> (topo) Nível mais argiloso sem a presença de seixos, cor amarelada.	03 coletas ( para MP e ER) e 04 coletas para LOE
RCa- 11	9133341/ 250075	169	<b>RCa- 11a</b> (base) Embasamento intemperizado apresentando veios de quartzo que são retrabalhamento do embasamento. Também ocorrem seixos arredondados do próprio retrabalhamento. No contato do embasamento com o material	Área de loteamento  03 coletas ( para MP e ER) e 03 coletas para LOE

			retrabalhado, os níveis de seixos estão desordenados e sem estratificação. <b>RCa -11b</b> ( médio) Nível pouco cascalhoso, com areia fina e argila, cor alaranjada. <b>RCa- 11c</b> ( topo) Elúvio/colúvio cor alaranjada com tons de cinza. Crosta laterítica.	
RCa -12	9133488/ 249680	151	Embasamento muito intemperizado e fraturado (57,5/90° Az). <b>RCa-12</b> Coleta do embasamento mais alterado, formando concreções.	Local próximo ao riacho. 01 coleta (para MP)
RCa -13	9132498/ 249165	169	<b>RCa- 13a</b> (base) Elúvio/colúvio composto de areia fina e argila, cor alaranjada. <b>RCa- 13b</b> (médio) Elúvio/colúvio composto de areia média a fina, cor marrom alaranjado. <b>RCa -13c</b> (topo) Elúvio/ colúvio constituído de uma areia média, cor marrom acinzentado.	Lado direito da PE-090, sentido Lagoa do Carro/Carpina. Junto da Itaipava 03 coletas ( para MP e ER) e 03 coletas para LOE
RCa -14	9131744/ 249028	165	<b>RCa -14a</b> (base) Embasamento intemperizado. <b>RCa -14b</b> (topo) Embasamento retrabalhado.	Sul da PE-090 02 coletas (para MP e ER)
RCa -15	9131756/ 250037	169	<b>RCa -15a</b> (base) Elúvio/colúvio cor cinza escuro. <b>RCa -15b</b> (topo) Elúvio/colúvio cor amarelada.	Sul da PE-090 02 coletas (para MP e ER)

## Lagoa do Carro (RL)

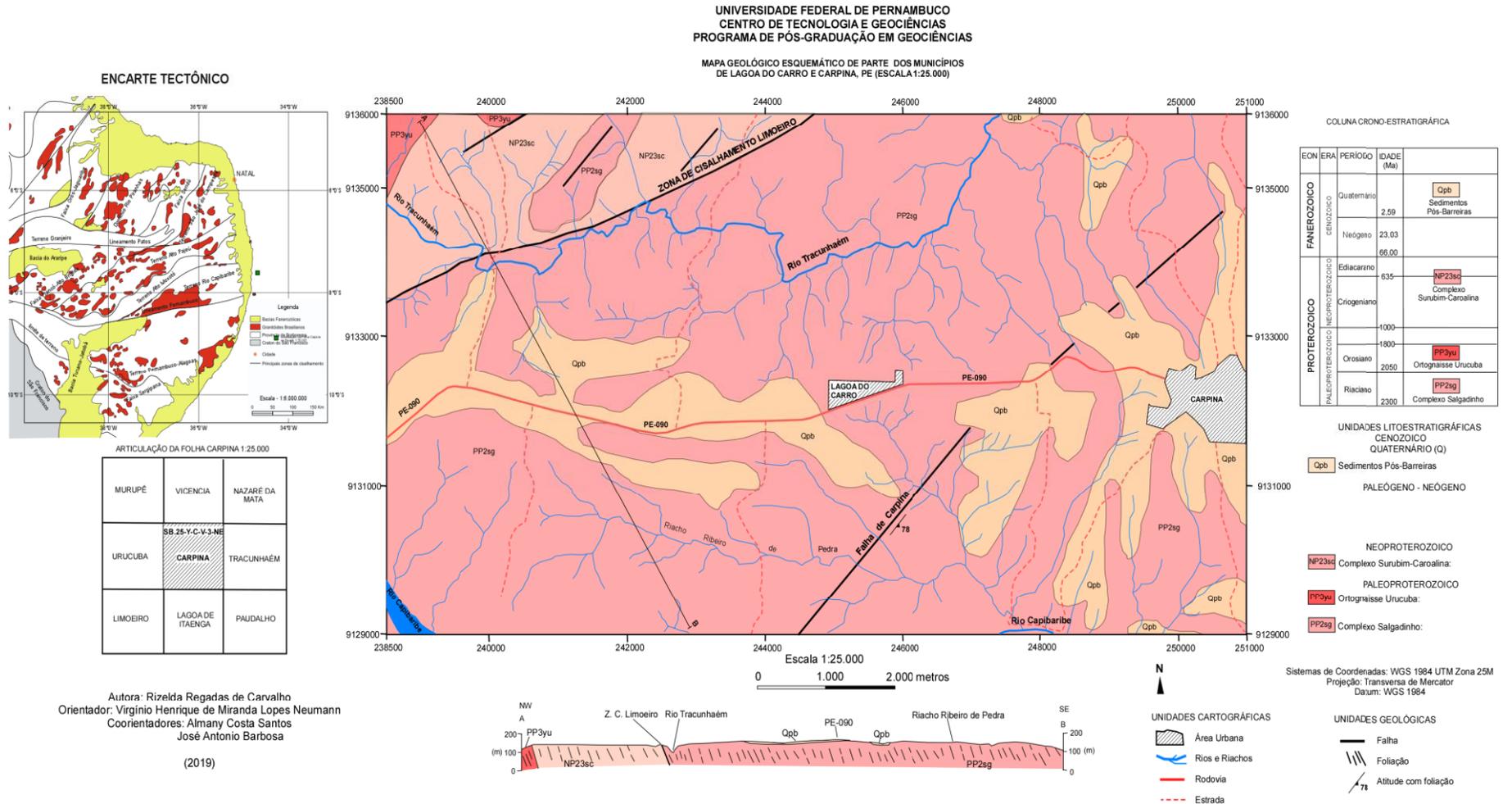
Continua

AFLORAMENTO	COORDENADAS UTM	ALTITUDE (m)	DESCRIÇÃO DO AFLORAMENTO	OBSERVAÇÃO
RL- 02	9134776/ 240141	141	<b>RL- 02a</b> (base) Elúvio/colúvio cor alaranjada. <b>RL- 02b</b> (topo) Elúvio/colúvio cor avermelhada.	Entrada à direita da PE-090, sentido Faz. Serraria. 02 coletas (para MP e ER)
RL- 16	9133459/ 240041	150	<b>RL- 16a</b> ( base) Seixos centimétricos arredondados. Retrabalamento do embasamento ou pós Barreiras? <b>RL- 16b</b> (topo) depósito de elúvio/colúvio cor cinza.	Estrada para Faz. Serraria 02 coletas (para MP e ER)
RL- 17	9131818/ 240585	158	<b>RL- 17a</b> (base) Embasamento intemperizado (saprolito). <b>RL -17b</b> (topo) Elúvio/colúvio cor cinza.	Próximo à PE-090 02 coletas ( para MP e ER)
RL -18	9130672/ 240608	150	Embasamento	Ponto de referência ( sem coleta)
RL- 19	9131586/ 241295	159	<b>RL- 19a</b> (base) Embasamento intemperizado cor amarelada. <b>RL- 19b</b> (topo) Elúvio cor cinza.	Entrada da Faz. Santa Fé, 02 coletas (para MP e ER)
RL- 20	9131191/ 24280	150	<b>RL- 20</b> Embasamento intemperizado	01 coleta para MP

RL- 21	9132872/ 242703	132	<b>RL- 21</b> Retrab. do embasamento.	01 coleta para MP
RL -22	9132713/ 242522	144	<b>RL-22</b> Retrabalhamento do embasamento com níveis de clastos de quartzo.	Próximo ao Engenho Cordeiro (sem coleta)
RL-23	9132062/ 242500	140	<b>RL- 23</b> Elúvio areno argiloso cor cinza escuro.	01 coleta ( para MP e ER) e 01 para LOE
RL -24	9131379/ 244029	140	<b>RL- 24</b> Retrabalhamento com seixos e calhaus predominantemente quartzoso, cor vermelho ferruginoso.	Estrada para Chã de Ventena 01 coleta ( para MP e ER) e 01 coleta para LOE
RL- 25	9131845/ 244569	148	<b>RL -25</b> Elúvio cor laranja amarelado.	Lado direito da PE-090 sentido Lagoa do Carro/Carpina junto da escadaria 01 coleta (para MP e ER)
RL- 26	9131499/ 245265	149	<b>RL- 26a</b> (base) Embasamento retrabalhado. <b>RL -26b</b> (topo) Elúvio cinza.	Entrada do Museu da Cachaça 02 coletas (para MP e ER)
RL -27	9132268/ 246297	150	<b>RL- 27a</b> (base) Embasamento intemperizado composto de areia fina a média cor alaranjada. <b>RL -27b</b> (médio) Embasamento intemperizado ou elúvio? Com fragmentos de uma crosta laterítica, cor marrom avermelhado. <b>RL -27c</b> ( topo) Elúvio, composto de areia grossa com fragmentos de crosta laterítica, cor amarronzada.	Local próximo à caixa d'água 03 coletas (para MP e ER) e 03 coletas para LOE
RL -28	9132341/ 246332	143	Veio de quartzo do embasamento	Lado esquerdo da PE-090 sentido Carpina (sem coleta)
RL -29	9131859/ 244628	150	<b>RL- 29a</b> (base) Elúvio contendo areia muito fina, argilosa, cor laranja avermelhado, apresentando concreções de óxido de ferro, e presença de plintita sob a forma de manchas vermelhas. <b>RL- 29b</b> (médio) Elúvio composto de areia média a fina, cor alaranjada, com menos presença de plintita. <b>RL 29-c</b> (topo) Elúvio composto de areia média a grossa cor marrom acinzentado.	Lado direito da PE-090 sentido Carpina (próximo ao afloramento RL 28) 03 coletas para MP e ER e 03 coletas para LOE

**NOTA:** Na coluna observação **MP** (sigla para Minerais Pesados); **ER** (Espectroscopia de Reflectância) e **LOE** ( Luminescência Opticamente Estimulada).

## APÊNDICE B- Mapa Geológico Esquemático de parte dos Municípios de Lagoa do Carro e Carpina.



## ANEXO A - Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Lagoa do Carro (Afloramento RL-23).

Informações Gerais da Amostra	
<b>Código da amostra:</b>	RL 23
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Lagoa do Carro
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	0.4 m
Preparação da amostra	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
Determinação da dose acumulada	
<b>Método de datação:</b>	OSL (BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	$8.66 \pm 5.11$
Determinação da Taxa de dose anual	
Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)	
Dose interna	Dose externa
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): $1.76 \pm 0.20$
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): $7.15 \pm 0.8$
K-40 (%): 0	K-40 (%): $0.66 \pm 0.10$
Fatores de atenuação das partículas ( $\alpha$ e $\beta$ ) e da radiação $\gamma$	
Dose interna	Dose externa
$K_\alpha$ : $0.08 \pm 0.02$	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
Teores de água	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.519
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.128
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	$2012.90 \pm 91.60$
Determinação da Idade	
<b>IDADE (kanos):</b>	$4.3 \pm 2.2$

Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Lagoa do Carro ( Afloramento RL-24).

<b>Informações Gerais da Amostra</b>	
<b>Código da amostra:</b>	RL 24
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Lagoa do Carro
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	0.2 m
<b>Preparação da amostra</b>	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
<b>Determinação da dose acumulada</b>	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b><math>27.71 \pm 5.11</math></b>
<b>Determinação da Taxa de dose anual</b>	
<b>Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)</b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): $2.11 \pm 0.3$
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): $5.35 \pm 0.6$
K-40 (%): 0	K-40 (%): $0.42 \pm 0.10$
<b>Fatores de atenuação das partículas (<math>\alpha</math> e <math>\beta</math>) e da radiação <math>\gamma</math></b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
$K_\alpha$ : $0.08 \pm 0.02$	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
<b>Teores de água</b>	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.761
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.231
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b><math>1587.10 \pm 335.60</math></b>
<b>Determinação da Idade</b>	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b><math>17.46 \pm 4.6</math></b>

## Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Lagoa do Carro ( Afloramento RL-27a)

Informações Gerais da Amostra	
<b>Código da amostra:</b>	RL 27A
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Lagoa do Carro
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	1.2 m
Preparação da amostra	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
Determinação da dose acumulada	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b>121.61 <math>\pm</math> 51.43</b>
Determinação da Taxa de dose anual	
Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)	
Dose interna	Dose externa
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): 0.64 $\pm$ 0.1
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): 2.38 $\pm$ 2.4
K-40 (%): 0	K-40 (%): 0.63 $\pm$ 0.10
Fatores de atenuação das partículas ( $\alpha$ e $\beta$ ) e da radiação $\gamma$	
Dose interna	Dose externa
$K_\alpha$ : 0.08 $\pm$ 0.02	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
Teores de água	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.924
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.058
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b>1197.00 <math>\pm</math> 79.90</b>
Determinação da Idade	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b>101.59 <math>\pm</math> 39.86</b>

Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Lagoa do Carro (Afloramento RL- 29a).

<b>Informações Gerais da Amostra</b>	
<b>Código da amostra:</b>	RCL 29A
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Lagoa do Carro
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	3.20 m
<b>Preparação da amostra</b>	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
<b>Determinação da dose acumulada</b>	
<b>Método de datação:</b>	OSL (BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b>296.15 <math>\pm</math> 49.49</b>
<b>Determinação da Taxa de dose anual</b>	
<b>Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)</b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): 1.49 $\pm$ 0.2
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): 10.73 $\pm$ 1.1
K-40 (%): 0	K-40 (%): 0.41 $\pm$ 0.10
<b>Fatores de atenuação das partículas (<math>\alpha</math> e <math>\beta</math>) e da radiação <math>\gamma</math></b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
$K_\alpha$ : 0.08 $\pm$ 0.02	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
<b>Teores de água</b>	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.660
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.184
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b>1843.00 <math>\pm</math> 358.50</b>
<b>Determinação da Idade</b>	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b>160.15 <math>\pm</math> 38.26</b>

Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Lagoa do Carro ( Afloramento RL-29b).

<b>Informações Gerais da Amostra</b>	
<b>Código da amostra:</b>	RCL 29B
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Lagoa do Carro
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	2.6 m
<b>Preparação da amostra</b>	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
<b>Determinação da dose acumulada</b>	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b>145.71 <math>\pm</math> 51.54</b>
<b>Determinação da Taxa de dose anual</b>	
<b>Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)</b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): 1.34 $\pm$ 0.2
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): 10.30 $\pm$ 1.1
K-40 (%): 0	K-40 (%): 0.30 $\pm$ 0.10
<b>Fatores de atenuação das partículas (<math>\alpha</math> e <math>\beta</math>) e da radiação <math>\gamma</math></b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
$K_\alpha$ : 0.08 $\pm$ 0.02	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
<b>Teores de água</b>	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	1.552
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.071
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b>1696.10 <math>\pm</math> 84.20</b>
<b>Determinação da Idade</b>	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b>85.91 <math>\pm</math> 25.13</b>

Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Lagoa do Carro (Afloramento RL-29c ).

<b>Informações Gerais da Amostra</b>	
<b>Código da amostra:</b>	RCL 29C
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Lagoa do Carro
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	0.8 m
<b>Preparação da amostra</b>	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
<b>Determinação da dose acumulada</b>	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b><math>101.28 \pm 37.32</math></b>
<b>Determinação da Taxa de dose anual</b>	
<b>Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)</b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): $1.23 \pm 0.1$
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): $10.94 \pm 1.1$
K-40 (%): 0	K-40 (%): $0.30 \pm 0.10$
<b>Fatores de atenuação das partículas (<math>\alpha</math> e <math>\beta</math>) e da radiação <math>\gamma</math></b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
$K_\alpha$ : $0.08 \pm 0.02$	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
<b>Teores de água</b>	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.776
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.187
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b><math>1701.70 \pm 94.40</math></b>
<b>Determinação da Idade</b>	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b><math>59.51 \pm 18.28</math></b>

## ANEXO B - Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Carpina ( Afloramento RCa -08a2).

Informações Gerais da Amostra	
<b>Código da amostra:</b>	RCA 08A2
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Carpina
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	4.1 m
Preparação da amostra	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
Determinação da dose acumulada	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b>105.75 <math>\pm</math> 37.12</b>
Determinação da Taxa de dose anual	
Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)	
Dose interna	Dose externa
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): 1.92 $\pm$ 0.20
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): 16.13 $\pm$ 1.6
K-40 (%): 0	K-40 (%): 0.31 $\pm$ 0.10
Fatores de atenuação das partículas ( $\alpha$ e $\beta$ ) e da radiação $\gamma$	
Dose interna	Dose externa
$K_\alpha$ : 0.08 $\pm$ 0.02	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
Teores de água	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.678
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.168
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b>1731.00 <math>\pm</math> 169.60</b>
Determinação da Idade	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b>61.09 <math>\pm</math> 18.35</b>

Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Carpina ( Afloramento RCA- 08b).

<b>Informações Gerais da Amostra</b>	
<b>Código da amostra:</b>	RCA 08B
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Carpina
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	2.0 m
<b>Preparação da amostra</b>	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
<b>Determinação da dose acumulada</b>	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b>104.99 <math>\pm</math> 36.60</b>
<b>Determinação da Taxa de dose anual</b>	
<b>Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)</b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): 1.70 $\pm$ 0.20
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): 13.99 $\pm$ 1.40
K-40 (%): 0	K-40 (%): 0.17 $\pm$ 0.10
<b>Fatores de atenuação das partículas (<math>\alpha</math> e <math>\beta</math>) e da radiação <math>\gamma</math></b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
$K_\alpha$ : 0.08 $\pm$ 0.02	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
<b>Teores de água</b>	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.671
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.211
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b>1953.00 <math>\pm</math> 158.70</b>
<b>Determinação da Idade</b>	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b>53.76 <math>\pm</math> 15.51</b>

Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Carpina ( Afloramento RCA- 08c).

<b>Informações Gerais da Amostra</b>	
<b>Código da amostra:</b>	RCA 08C
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Carpina
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	0.5 m
<b>Preparação da amostra</b>	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
<b>Determinação da dose acumulada</b>	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b>66.07 <math>\pm</math> 14.16</b>
<b>Determinação da Taxa de dose anual</b>	
<b>Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)</b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): 2.57 $\pm$ 0.26
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): 18.27 $\pm$ 1.8
K-40 (%): 0	K-40 (%): 0.32 $\pm$ 0.10
<b>Fatores de atenuação das partículas (<math>\alpha</math> e <math>\beta</math>) e da radiação <math>\gamma</math></b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
$K_\alpha$ : 0.08 $\pm$ 0.02	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
<b>Teores de água</b>	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.563
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.229
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b>2757.40 <math>\pm</math> 102.3</b>
<b>Determinação da Idade</b>	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b>23.96 <math>\pm</math> 4.2</b>

Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Carpina ( Afloramento RCA- 11a).

<b>Informações Gerais da Amostra</b>	
<b>Código da amostra:</b>	RCA 011A
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Carpina
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	1.6 m
<b>Preparação da amostra</b>	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
<b>Determinação da dose acumulada</b>	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b>90.33 <math>\pm</math> 29.52</b>
<b>Determinação da Taxa de dose anual</b>	
<b>Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)</b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): 2.95 $\pm$ 0.3
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): 16.16 $\pm$ 1.7
K-40 (%): 0	K-40 (%): 0.52 $\pm$ 0.05
<b>Fatores de atenuação das partículas (<math>\alpha</math> e <math>\beta</math>) e da radiação <math>\gamma</math></b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
$K_\alpha$ : 0.08 $\pm$ 0.02	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
<b>Teores de água</b>	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.671
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.211
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b>2153.10 <math>\pm</math> 95.3</b>
<b>Determinação da Idade</b>	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b>41.95 <math>\pm</math> 13.81</b>

Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Carpina ( Afloramento RCA- 11b).

<b>Informações Gerais da Amostra</b>	
<b>Código da amostra:</b>	RCA 011B
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Carpina
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	0.6 m
<b>Preparação da amostra</b>	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
<b>Determinação da dose acumulada</b>	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b>26.50 <math>\pm</math> 2.65</b>
<b>Determinação da Taxa de dose anual</b>	
<b>Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)</b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): 3.18 $\pm$ 0.3
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): 16.85 $\pm$ 1.7
K-40 (%): 0	K-40 (%): 0.34 $\pm$ 0.10
<b>Fatores de atenuação das partículas (<math>\alpha</math> e <math>\beta</math>) e da radiação <math>\gamma</math></b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
$K_\alpha$ : 0.08 $\pm$ 0.02	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
<b>Teores de água</b>	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.558
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.231
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b>2821.80 <math>\pm</math> 102.4</b>
<b>Determinação da Idade</b>	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b>11.72 <math>\pm</math> 1.18</b>

Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Carpina( Afloramento RCA- 11c).

<b>Informações Gerais da Amostra</b>	
<b>Código da amostra:</b>	RCA 011C
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Carpina
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	0.3 m
<b>Preparação da amostra</b>	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
<b>Determinação da dose acumulada</b>	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b><math>29.86 \pm 1.31</math></b>
<b>Determinação da Taxa de dose anual</b>	
<b>Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)</b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): $3.41 \pm 0.3$
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): $16.88 \pm 1.7$
K-40 (%): 0	K-40 (%): $0.33 \pm 0.10$
<b>Fatores de atenuação das partículas (<math>\alpha</math> e <math>\beta</math>) e da radiação <math>\gamma</math></b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
$K_\alpha$ : $0.08 \pm 0.02$	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
<b>Teores de água</b>	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.658
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.196
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b><math>2285.70 \pm 90.80</math></b>
<b>Determinação da Idade</b>	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b><math>12.81 \pm 1.30</math></b>

Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Carpina ( Afloramento RCA- 13a).

<b>Informações Gerais da Amostra</b>	
<b>Código da amostra:</b>	RCA 13A
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Carpina
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	3.0 m
<b>Preparação da amostra</b>	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
<b>Determinação da dose acumulada</b>	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b><math>302.22 \pm 37.80</math></b>
<b>Determinação da Taxa de dose anual</b>	
<b>Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)</b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): $3.06 \pm 0.3$
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): $15.38 \pm 1.6$
K-40 (%): 0	K-40 (%): $0.31 \pm 0.05$
<b>Fatores de atenuação das partículas (<math>\alpha</math> e <math>\beta</math>) e da radiação <math>\gamma</math></b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
$K_\alpha$ : $0.08 \pm 0.02$	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
<b>Teores de água</b>	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.566
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.198
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b><math>2095.80 \pm 92.40</math></b>
<b>Determinação da Idade</b>	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b><math>67.45 \pm 18.24</math></b>

Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Carpina ( Afloramento RCA- 13b).

<b>Informações Gerais da Amostra</b>	
<b>Código da amostra:</b>	RCA 13B
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Carpina
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	2.0 m
<b>Preparação da amostra</b>	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
<b>Determinação da dose acumulada</b>	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b>125.39 <math>\pm</math> 21.24</b>
<b>Determinação da Taxa de dose anual</b>	
<b>Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)</b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): 2.96 $\pm$ 0.3
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): 14.54 $\pm$ 1.5
K-40 (%): 0	K-40 (%): 0.31 $\pm$ 0.10
<b>Fatores de atenuação das partículas (<math>\alpha</math> e <math>\beta</math>) e da radiação <math>\gamma</math></b>	
<b>Dose interna</b>	<b>Dose externa</b>
$K_\alpha$ : 0.08 $\pm$ 0.02	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
<b>Teores de água</b>	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.563
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.253
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b>2468.30 <math>\pm</math> 91.20</b>
<b>Determinação da Idade</b>	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b>50.80 <math>\pm</math> 7.14</b>

## Relatório de Datação do Departamento de Energia Nuclear/ UFPE.

Município de Carpina( Afloramento RCA- 13c).

Informações Gerais da Amostra	
<b>Código da amostra:</b>	RCA 13C
<b>Sítio de coleta:</b>	Município de Carpina
<b>Informações adicionais:</b>	
<b>Tipo de amostra:</b>	Sedimento
<b>Altura:</b>	0.2 m
Preparação da amostra	
<b>Tratamento químico:</b>	$H_2O_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2SiF_6 \rightarrow HCl$ (amostra preparada para quartzo)
<b>Grãos de (quartzo / feldspato):</b>	quartzo
<b>Tamanho dos grãos final utilizados para datação:</b>	20 e 38 $\mu m$
Determinação da dose acumulada	
<b>Método de datação:</b>	OSL ( BSL: Estimulação com luz azul)
<b>Protocolo:</b>	SAR
<b>Paleodose (Gy):</b>	<b>19.36 <math>\pm</math> 6.88</b>
Determinação da Taxa de dose anual	
Teores de urânio, tório e potássio (U-238; Th-232, K-40)	
Dose interna	Dose externa
U-238 (ppm): 0	U-238 (ppm): 3.13 $\pm$ 0.3
Th-232 (ppm): 0	Th-232 (ppm): 17.15 $\pm$ 1.7
K-40 (%): 0	K-40 (%): 0.37 $\pm$ 0.05
Fatores de atenuação das partículas ( $\alpha$ e $\beta$ ) e da radiação $\gamma$	
Dose interna	Dose externa
$K_\alpha$ : 0.08 $\pm$ 0.02	$K_\alpha$ (Th-232): 0.44
$K_\beta$ (U-238): 0.048	$K_\beta$ (K-40): 0.52
$K_\beta$ (Th-232): 0.063	$K_\beta$ (U-238; Th-232 e K-40): -
$K_\beta$ (K-40): 0.011	
Teores de água	
<b>Wet ou saturada (W):</b>	0.637
<b>Fração (F = D/W):</b>	0.078
<b>Taxa de dose Anual (<math>\mu Gy/a</math>):</b>	<b>2525.00 <math>\pm</math> 105.00</b>
Determinação da Idade	
<b>IDADE (kanos):</b>	<b>7.67 <math>\pm</math> 2.74</b>