



FLOREST
CONSULTORIA E ENGENHARIA



CIMENTO
NACIONAL

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

TOMO II – MEIO FÍSICO

**PROJETO ÁRVORE ALTA
ALHANDRA/PB
JUNHO/2019**



SUMÁRIO – TOMO II – MEIO FÍSICO

1	GEOLOGIA	13
1.1	Grupo Paraíba	16
1.1.1	Formação Beberibe	17
1.1.2	Formação Itamaracá.....	18
1.1.3	Formação Gramame	19
1.1.4	Formação Maria Farinha	20
1.2	Grupo Barreiras.....	22
1.3	Geotecnia e Geologia Estrutural.....	24
1.3.1	Estrutura de deformação	24
1.4	Geologia Local	27
1.5	Espeleologia	33
1.5.1	Cavidades Naturais na Paraíba	34
1.5.2	Espeleologia local	36
2	GEOMORFOLOGIA	37
3	CLIMATOLOGIA	52
3.1	Balanço Hídrico	61
4	RECURSOS HÍDRICOS.....	69
4.1	Características Físicas E Uso Das Águas Da Bacia Hidrográfica.....	69
4.2	Disponibilidade Hídrica	76
4.3	Qualidade Das Águas Superficiais E Subterrâneas	76
4.4	Resultado Obtidos Através Das Análises De Água.....	79
5	HIDROGEOLOGIA.....	83
5.1	Introdução.....	83
5.2	Objetivos Do Trabalho	83
5.3	Características Da Área.....	84
5.3.1	Localização	84
5.3.2	Geologia	85
5.3.3	Geomorfologia	88
5.3.4	Hidrologia.....	89
5.3.5	Dados De Sondagem.....	90
5.4	Informações Dos Poços Artesianos Da Região	92
5.5	Ensaio De Aquífero	95



5.5.1	Resultados	96
5.6	Hidrogeologia Local	100
5.6.1	Características dos aquíferos a partir da tipologia litológica	100
5.6.2	Relação das águas subterrâneas com as águas superficiais e com as de outros aquíferos	102
5.6.3	Características das áreas de recarga, circulação e descarga dos aquíferos	104
5.6.4	Permeabilidade da zona não saturada	108
5.6.5	Distância entre a lavra e o aquífero destacando o último patamar de extração do calcário com perfil esquemático	109
5.7	Possíveis Impactos Futuros Do Empreendimento Sobre As Águas Subterrâneas	110
5.8	Conclusões	111
6	PEDOLOGIA	114
6.1	Susceptibilidade a Erosão	121
6.1.1	Metodologia e procedimentos para elaboração do mapa de susceptibilidade a erosão	124
7	QUALIDADE DO AR	131
7.1	Introdução	131
7.2	Objetivo	131
7.3	Metodologia	132
	Índice de qualidade do ar	135
7.4	Legislação Pertinente	137
7.5	Resultados	138
7.5.1	Resultados das medições de Partículas Totais em Suspensão	138
7.5.2	Resultados das medições de concentração de Partículas Inaláveis – PM10	143
7.6	Conclusão	148
8	RUIDOS	149
8.1	Apresentação	149
8.2	Legislação	149
8.3	Materiais E Métodos	150
8.3.1	Equipamentos Utilizados	150
8.3.2	Metodologia	151
8.4	Localização das Áreas Caracterização dos Pontos Amostrado	152
8.5	Mapas Acústicos	155
8.6	Resultados – Avaliação Sonora	156



8.6.1	Área 01 – Tabelas E Gráficos Com Nível De Ruído	156
8.6.2	Área 02 – Tabelas E Gráficos Com Nível De Ruído	159
8.7	Parecer Técnico.....	163
8.8	Conclusão.....	163
8.9	Medidas De Mitigação Quando Na Operação	163
9	REFERÊNCIAS	164
ANEXOS		171



ÍNDICE – TABELAS

Tabela 1: Quadro de áreas para as formações geológicas encontradas nas áreas de estudo referente a poligonal ANM de número 846.235/2007	28
Tabela 2: Quadro de áreas para as formações geológicas encontradas nas áreas de estudo referente a poligonal ANM de número 846.236/2007	29
Tabela 3: Cavernas por município identificadas na Zona da Mata Paraibana	35
Tabela 4: Esquematização dos principais compartimentos geomorfológicos do estado da Paraíba, segundo Carvalho 1982.	41
Tabela 5: Declividades encontradas na área analisada, classificação, área em hectares inseridas nos polígonos e percentual correspondente.....	48
Tabela 6: Dados pluviométricos da estação localizada na usina Tabu - Caaporã/PB para os anos de 2007 a 2017	56
Tabela 7: Direção predominante do vento por mês dos anos de 2007 a 2017	58
Tabela 8: Velocidade média do vento por mês de 2007 a 2017 em metros por segundo	59
Tabela 9: Temperatura média mensal para os anos de 2007 a 2017	60
Tabela 10: Parâmetros utilizados no cálculo do balanço hídrico estação meteorológica de Alhandra de 1911 a 1900.	63
Tabela 11: Parâmetros utilizados no cálculo do balanço hídrico estação meteorológica de João Pessoa 2007 a 2017	66
Tabela 12: Características das sub-bacias do rio Abiaí-Papocas	74
Tabela 13 - Coordenadas geográficas dos pontos coletados para análise da qualidade da água superficial e subterrânea	79
Tabela 14 - Qualidade das águas superficiais para os sete pontos de coleta.....	80
Tabela 15: Inventário dos pontos d'água da região.....	94
Tabela 16: Grau de susceptibilidade para o tema geologia	125
Tabela 17: Grau de susceptibilidade para o tema amplitude do interflúvio	125
Tabela 18 - Grau de susceptibilidade para o tema declividade.....	126
Tabela 19 - Grau de susceptibilidade para o tema amplitude altimétrica	126
Tabela 20 - Grau de susceptibilidade para o tema pedologia	127
Tabela 21 - Grau de susceptibilidade para o tema uso e ocupação do solo	127



Tabela 22 - Grau de susceptibilidade para o tema climatologia.....	129
Tabela 23: Intervalo de concentrações para cálculo do índice de Qualidade do Ar – IQA utilizado no diagnóstico da qualidade do ar das áreas de influência da Mineração de Calcário da Brennand.	136
Tabela 24: Estrutura do índice de qualidade do ar com suas respectivas escalas e legislações.....	137
Tabela 25: Padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA 491/2018 para Partículas Totais em suspensão e Partículas inaláveis..	137
Tabela 26: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 01, na Casa do Sr. Manassés, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR01: Zona – 25 M, 291168.20 m E, 9177588.00 m S.....	138
Tabela 27: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 01, na Casa do Sr. Manassés, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR01: Zona – 25 M, 291168.20 m E, 9177588.00 m S.....	139
Tabela 28: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 02, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.....	139
Tabela 29: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 02, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.....	140
Tabela 30: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 03, na Casa do Sr. Severino, no município de Pitimbu – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR03: Zona – 25 M, 295556.30 m E, 9170656.10 m S.....	140
Tabela 31: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 03, na Casa do Sr. Severino, no município de Pitimbu – PB, no mês de novembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR03: Zona – 25 M, 295556.30 m E, 9170656.10 m S.....	141
Tabela 32: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 04, na Casa do Sra. Romilda, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR04: Zona – 25 M, 292290.50 m E, 9176679.40 m S.....	141
Tabela 33: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 04, na Casa do Sra. Romilda, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR04: Zona – 25 M, 292290.50 m E, 9176679.40 m S.....	142



- Tabela 34: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 05, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR05: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S..... 142
- Tabela 35: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 05, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR05: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S..... 143
- Tabela 36: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 01, na Casa do Sr. Manassés, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR01: Zona – 25 M, 291168.20 m E, 9177588.00 m S..... 143
- Tabela 37: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 01, na Casa do Sr. Manassés, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR01: Zona – 25 M, 291168.20 m E, 9177588.00 m S..... 144
- Tabela 38: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 02, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S..... 144
- Tabela 39: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 02, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S..... 145
- Tabela 40: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 03, na Casa do Sr. Severino, no município de Pitimbu – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR03: Zona – 25 M, 295556.30 m E, 9170656.10 m S..... 145
- Tabela 41: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 03, na Casa do Sr. Severino, no município de Pitimbu – PB, no mês de novembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR03: Zona – 25 M, 295556.30 m E, 9170656.10 m S..... 146
- Tabela 42: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 04, na Casa do Sra. Romilda, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR04: Zona – 25 M, 292290.50 m E, 9176679.40 m S..... 146
- Tabela 43: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 04, na Casa do Sra. Romilda, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR04: Zona – 25 M, 292290.50 m E, 9176679.40 m S..... 147
- Tabela 44: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 05, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018.



Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR05: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.....147

Tabela 45: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 05, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR05: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.....148

Tabela 46: Níveis de sons estabelecidos na NBR 10.151 e no Decreto Estadual 15.357/93. Na tabela já estão incluídos no nível básico de 45 dB(A) os critérios de correção diurno (O dBA), noturno (-5 dBA) e os critérios de zona hospital (O dBA), residencial urbana (ZA152

Tabela 47 - Coordenadas de localização dos pontos amortais para a área 1153

Tabela 48 - Coordenadas de localização dos pontos amortais para a área 2154



ÍNDICE – FIGURAS

Figura 1: Mapa geológico simplificado do Estado da Paraíba.....	14
Figura 2: Sub bacia do Miriri, Alhandra e Olinda, com destaque da área de estudo.	15
Figura 3: Afloramentos da Formação Maria Farinha na Praia de Tambaba, Conde - PB.....	21
Figura 4: Coluna Estratigráfica Esquemática da Bacia Pernambuco-Paraíba no trecho da Sub-bacia Alhandra	23
Figura 5: Nomenclatura das Dobras.....	25
Figura 6: Charneira, eixo e plano axial da dobra.....	25
Figura 7: Nomenclatura das falhas.....	26
Figura 8: Plano de falha normal	27
Figura 9: Mapa geológico da área de estudo referente as poligonais ANM de nº 846.235/2007 e 846.236/2007.....	28
Figura 10: Mapa de localização dos furos de sondagem litológica e seções de perfil longitudinal	30
Figura 11: Perfil dos furos de sondagem ALH 25, 13, 12 e 11 que compõe a seção longitudinal Oeste-Leste 06 referente a cava 235 a norte	31
Figura 12: Perfil dos furos de sondagem ALH 8, 7, 6 e 26 que compõe a seção longitudinal Leste-Oeste 03 referente a cava 236 a sul.....	32
Figura 13: Perfil geológico E-W da área mapeada e suas unidades litoestratigráficas discriminadas.....	33
Figura 14: Mapa hipsométrico do Estado da Paraíba	40
Figura 15: Geomorfologia do Estado da Paraíba	40
Figura 16: Imagem Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) e carta hipsométrica de parte da Depressão do Abiaí	42
Figura 17: Afloramento de calcário, bastante comum na área de estudo	42
Figura 18: Extração irregular de calcário.....	43
Figura 19: Mapa das características geomorfológicas da área de estudo.....	44
Figura 20: Mapa planialtimétrico a apresentado as curvas de nível equidistantes 1 metro para a Cava 235.....	45



Figura 21 - Mapa planialtimétrico a apresentado as curvas de nível equidistantes 1 metro para a Cava 236.....	46
Figura 22 - Mapa hipsométrico para a cava 235	46
Figura 23 - Mapa hipsométrico para a cava 236	47
Figura 24: Mapa de declividade para a cava 235.....	49
Figura 25 - Mapa de declividade para a cava 236.....	49
Figura 26: Mapa da dissecação do relevo para as áreas de cava 235 e 236	50
Figura 27: Características dos relevos presentes na região	50
Figura 28: Tabuleiros cortados por vales	51
Figura 29: Pluviosidade anual média (mm)	54
Figura 30: Mapa Climatológico.....	55
Figura 31: Precipitação em milímetros registrada na usina Tabu, Caaporã/PB	57
Figura 32: Gráfico da velocidade média do vento por mês no período de 2007 a 2017 em metros por segundo.....	59
Figura 33: Gráfico da variação da temperatura ao longo do ano para dados de 2007 a 2017	60
Figura 34: Variação mensal da precipitação e evapotranspiração (potencial e real) entre 1911 e 1990 na estação meteorológica de Alhandra.	64
Figura 35: Variação da deficiência e excedente, entre 1911 e 199, Alhandra.	65
Figura 36: Variação mensal da precipitação e evapotranspiração (potencial e real) entre 2007 e 2017 na estação meteorológica de João Pessoa.....	67
Figura 37: Variação da deficiência e excedente, entre 2007 a 2017 em João Pessoa.	67
Figura 38: Registro fotográfico do leito e margens do rio Abiaí.....	69
Figura 39: Localização das áreas a serem licenciadas dentro da bacia hidrográfica	70
Figura 40: Captação de água bruta por meio de bombeamento no leito do rio Abiaí e Papocas	72
Figura 41: Cursos da bacia hidrográfica do rio Abiaí – Papocas.....	73
Figura 42: Mapa das sub-bacias componentes a bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas, a área de cava está localizada nas sub-bacias do rio Aterro ilustradi na cor verde e Papocas na cor amarela.....	75



Figura 43: Perfil Longitudinal do rio Abiaí-Papocas.....	75
Figura 44 - Coleta de água superficial para análise dos parâmetros físico, químicos e biológicos	78
Figura 45: Mapa com os afloramentos visitados, as áreas de concessão para pesquisa geológica e localização das cavas.	85
Figura 46: Divisão das bacias Pernambuco, Paraíba e Potiguar de acordo com Barbosa et al., 2004.	87
Figura 47: Quadro esquemático com o modelo proposto para a estratigrafia da Bacia Paraíba, comparando as colunas das sub-bacias Olinda e Miriri/Alhandra, na porção emersa da bacia	88
Figura 48: Mapa de elevação da área mapeada, com destaque para a área em preto, onde ficarão localizadas as cavas.....	89
Figura 49: Mapa hidrológico, com destaque para a área mapeada localizada na região de baixo curso dos rios.....	90
Figura 50: Furos de sondagem elaborados com direção E-W.	91
Figura 51: Perfil geológico E-W da área mapeada e suas unidades litoestratigráficas discriminadas.....	92
Figura 52: Poços artesianos cadastrados na região com seu número de ordem ao lado	94
Figura 53: Medidor de nível d'água elétrico usado no teste de aquífero.	96
Figura 54: Gráfico interpretado através do método de Cooper/Jacob.....	98
Figura 55: Gráfico interpretado através do método de Theis.	98
Figura 56: Gráfico interpretado da recuperação do poço.	99
Figura 57: Mapa geológico com os afloramentos encontrados das Formações Gramame e Barreiras	106
Figura 58: Provável dinâmica do fluxo de água subterrânea nas formações do sistema aquífero.	107
Figura 59: Mapa potenciométrico da área do empreendimento indicando o sentido do fluxo do aquífero Beberibe.	107
Figura 60: Mapa evidenciando as fraturas propostas como zonas de descarga do aquífero Beberibe.....	108
Figura 61: Perfil esquemático exibindo a profundidade máxima que a cava deve ter.	110
Figura 62 - Perfil de Argissolo Vermelho- Amarelo Eutrófico típico.....	115



Figura 63: Mapa pedológico do Estado da Paraíba	117
Figura 64 - Mapa pedológico.....	119
Figura 65 - Detalhe do perfil de solo típico de Argissolo Vermelho-Amarelo, Formação Barreiras.....	120
Figura 66: A escala de propensão susceptibilidade à perda de solo.....	124
Figura 67 - Mapa de uso e ocupação do solo	128
Figura 68 - Plantação de Inhame	128
Figura 69 - Plantação de Acerola.....	129
Figura 70 - Plantação de Macaxeira.....	129
Figura 71 - Uso da terra para pecuária	129
Figura 72 - Mapa de fragilidade ambiental - susceptibilidade a perda de solo.....	130
Figura 73: Amostradores de qualidade do ar no ponto de coleta 01 (QAR01), localizado na casa do Sr. Manassés, no município de Alhandra – PB. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR01: Zona – 25 M, 291168.20 m E, 9177588.00 m S.	133
Figura 74: Amostradores de qualidade do ar no ponto de coleta 02 (QAR02), localizado na casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.	133
Figura 75: Amostradores de qualidade do ar no ponto de coleta 03 (QAR03), localizado na casa do Sr. Severino, no município de Pitimbu – PB. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR03: Zona – 25 M, 295556.30 m E, 9170656.10 m S.	134
Figura 76: Amostradores de qualidade do ar no ponto de coleta 04 (QAR04), localizado na casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR04: Zona – 25 M, 292290.50 m E, 9176679.40 m S.	134
Figura 77: Amostradores de qualidade do ar no ponto de coleta 05 (QAR05), localizado na casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.	135
Figura 78: Multifuncional ITMP-600 Instrutemp.....	150
Figura 79: Mapa de localização das áreas.....	153
Figura 80: Distribuição espacial dos pontos amortrais de ruído para a área1.....	154
Figura 81: Distribuição espacial dos pontos amortrais de ruído para a área 2.....	155



Figura 82: Mapa acústico das ÁREAS 01 e 02.	156
--	-----

1 GEOLOGIA

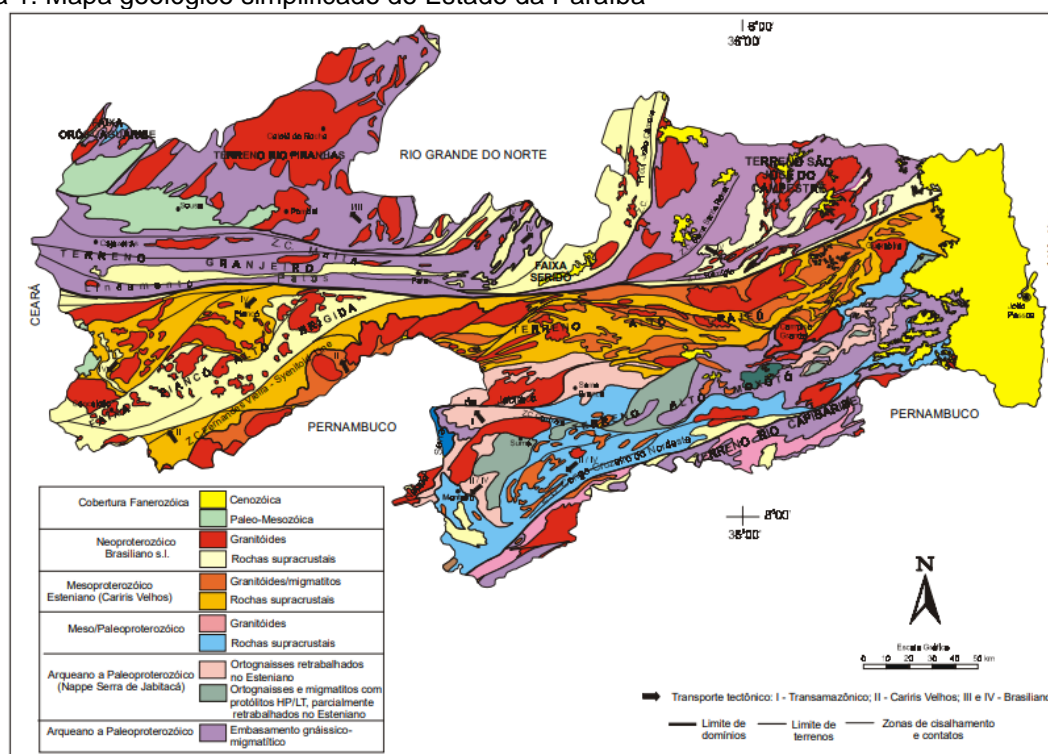
O substrato geológico paraibano é formado predominantemente por rochas pré-cambrianas, as quais ocupam mais de 80% do seu território, sendo complementado por bacias sedimentares, rochas vulcânicas cretáceas, coberturas plataformais paleógenas/neógenas e formações superficiais quaternárias. As diferenças entre os domínios e terrenos envolvem, sobretudo, a diversidade dos episódios de acreção, sedimentação, vulcanismo e plutonismo pré-brasileiros, porquanto a deformação e o plutonismo graníticos brasileiros afetaram todos os segmentos, domínios e terrenos (SANTOS, 2002).

A área pré-cambriana engloba partes da Província Borborema um cinturão orogênico meso/neoproterozóico que se estende por grande parte do Nordeste, desde Sergipe até a parte oriental do Piauí (ALMEIDA et al., 1977). Modelos de compartimentação tectônica foram elaborados por diversos autores (Brito Neves, 1975; 1983; Santos & Brito Neves, 1984; Jardim de Sá, 1994), reconhecendo-se uma complexidade estratigráfica e geocronológica, que levou a maioria a conceber uma longa história pré-cambriana (SANTOS, 2002).

Os registros geológicos fanerozóicos do Estado da Paraíba são representados por raros remanescentes da Bacia do Araripe, por sedimentos cretácicos das formações Rio Piranhas, Sousa e Antenor Navarro (Bacia do Rio do Peixe), pela rocha vulcânica félsica Itapororoca, formações Gramame e Beberibe/Itamaracá (Bacia Pernambuco-Paraíba), sedimentos paleógenos e paleoneógenos das formações Serra do Martins, Campos Novos, rocha vulcânica máfica Boa Vista, Grupo Barreiras e por formações superficiais quaternárias restritas (SANTOS, 2002). O mapa da Figura 1 ilustra as unidades litoestratigráficas do Estado da Paraíba dentro do seu contexto tectonoestratigráfico.



Figura 1: Mapa geológico simplificado do Estado da Paraíba



Fonte: Santos, 2002.

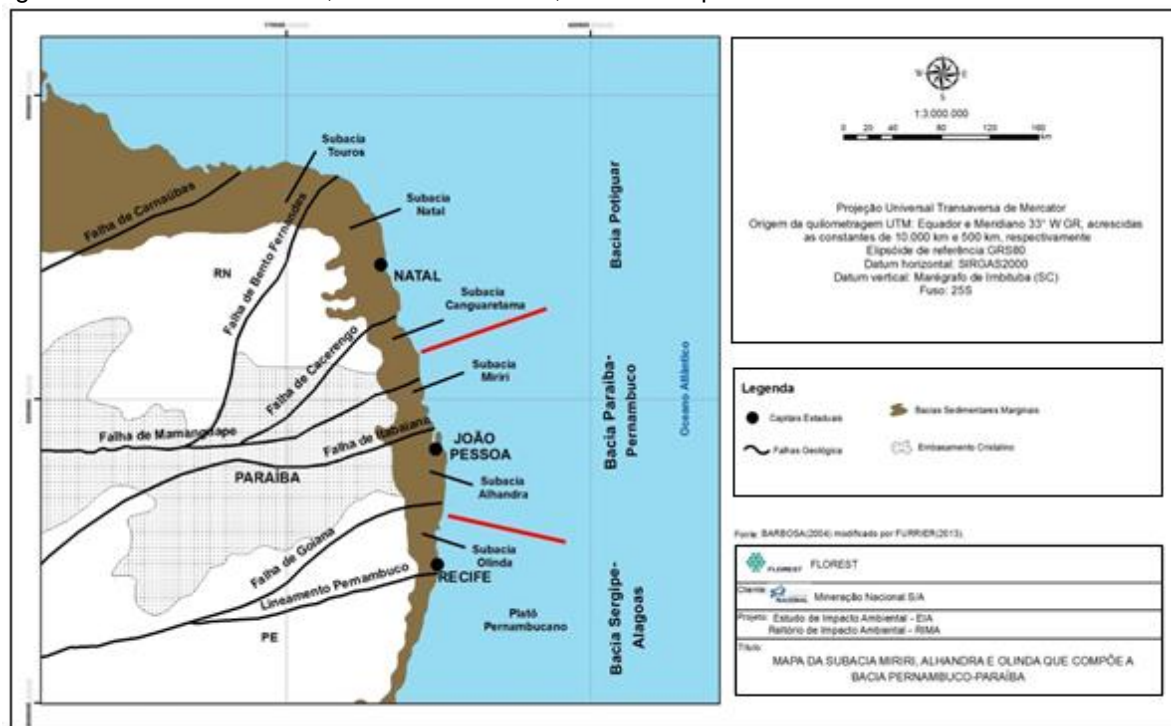
Direcionando o foco da análise geológica para a porção leste do estado na qual está inserida a área de estudo, a Figura 1 destaca em amarelo, uma região enquadrada na escala de tempo geológico mais recente, precisamente no Éon Fanerozoico, com formações geológicas formadas na Era Cenozoica. Nesta faixa costeira está localizada a bacia sedimentar marginal Paraíba (Figura 2), a última porção marginal da Plataforma Sul-Americana que se separou da atual África, na época da abertura do Atlântico, se comportando como uma rampa estrutural suavemente inclinada para leste. Esta característica demonstra que esta faixa resistiu ao processo de rifteamento ocorrido durante o Cretáceo, provavelmente permanecendo esta área em emersa até o Cretáceo superior (BARBOSA & FILHO, 2005).

Por muito tempo admitia-se esta região como sendo uma grande área denominada Bacia Pernambuco-Paraíba, porém, a separação das bacias Paraíba e Pernambuco tornou-se cada vez mais evidente a partir do trabalho de Mabesoone & Alheiros (1993). Outros autores já haviam apontado divisão das bacias Pernambuco, Paraíba e Potiguar conforme foi interpretada neste trabalho modificado de

(Mabesoone & Alheiros, 1988), diferenças estruturais (Rand, 1967, 1976) e geomorfológicas (Neumann, 1991) entre as duas bacias. Contudo, foram os trabalhos de Lima Filho (1998) e Lima Filho et al. (1998) que trataram de forma enfática as diferenças entre a faixa costeira que ocorre ao sul e ao norte do Lineamento Pernambuco, separando as duas bacias e determinando a antiga Sub-bacia Cabo como uma bacia individualizada da Bacia Paraíba, denominando-a de Bacia Pernambuco (BARBOSA et al., 2004).

Diante do exposto podemos destacar que a bacia Paraíba é dividida em três sub-bacias baseada na estratigrafia e tectônica, sendo elas: sub-bacia Olinda, Alhandra e Miriri. A sub-bacia Olinda fica localizada entre a Zona de Cisalhamento de Pernambuco e o Alto de Goiana, as sub-bacias de Alhandra e Miriri estão fixadas em um depocentro limitado na faixa costeira a Norte pela falha de Mamanguape e a Sul pelo Alto de Goiana (MORAIS, 2008), esta possui sua distribuição territorial nos estados de Pernambuco e Paraíba (SANTOS et al. 2012).

Figura 2: Sub bacia do Miriri, Alhandra e Olinda, com destaque da área de estudo





1.1 Grupo Paraíba

A região litorânea da Paraíba é formada por litologias sedimentares da Bacia Paraíba. Especificamente, a sub-bacia de Alhandra, onde está localizada a área de estudo, é representada por sequências de rochas marcadas por eventos deposicionais. O conhecimento sobre a Bacia Paraíba é proveniente, em quase sua totalidade, de trabalhos de superfície em afloramentos ao longo da costa, principalmente em áreas de mineração. Os poucos dados de sondagens indicam que a bacia possui uma coluna sedimentar constituída de rochas do Apitiano ao Holoceno (últimos 125 milhões de anos). A largura média da faixa sedimentar é de aproximadamente 25 km e sua espessura máxima pode atingir até 400m (SANTOS, 2002).

Segundo Mabesoone & Alheiros (1991), a bacia apresenta morfologia homoclinal, com mergulho suave em direção ao Oceano Atlântico e estratos bastante contínuos e homogêneos. As principais estruturas que afetam esta pilha sedimentar são as falhas de Goiana e Itabaiana-Pilar, ambas de direção aproximada E-W, sendo responsáveis pela compartimentação tectônica da Bacia.

Para Barbosa et al. (2004), admite-se a nomenclatura de Grupo Paraíba para as rochas sedimentares pertencentes à Bacia Paraíba, seu preenchimento sedimentar teve início durante o Santoniano com a Formação Beberibe, segundo Beurlen (1967), que é composta por arenitos continentais médios a grossos variando até arenitos conglomeráticos de ambientes flúvio lacustres.

Sobre a Formação Beberibe ocorre a Formação Itamaracá (Campaniano) que foi proposta por Kegel (1955), como uma unidade de transição para a fase marinha. Essa unidade é representada por depósitos costeiros de estuários e lagoas, contendo fósseis de ambiente marinho salobro. Ocorrem ainda níveis de fosfato sedimentar no topo dessa unidade que é composta por depósitos de arenitos carbonáticos, folhelhos e carbonatos com siliciclastos ricamente fossilíferos (BARBOSA et al., 2004).

Sobre a unidade Itamaracá está a Formação Gramame (Maastrichtiano), representada por calcários e margas depositados em uma plataforma carbonática não



muito profunda entre 100 a 150m (MUNIZ, 1993; FAUTH & KOUTSOUKOS, 2002). Em seguida, ocorrem os depósitos da Formação Maria Farinha (Paleoceno), cujo registro estratigráfico é mais complicado, devido à sua deposição ter se dado durante um evento regressivo que ocorreu na bacia a partir do final do Maastrichtiano. Os depósitos dessa unidade incluem calcários, calcários margosos e espessos níveis de marga na porção inferior, e calcários dolomíticos detríticos, contendo fauna fóssil de recifes e lagoas recifais na porção superior, divisão esta, proposta por Beurlen (1967). Todas estas unidades se encontram sobrepostas pelos arenitos marinhos da Formação Barreiras, de abrangência regional (BARBOSA et al., 2004).

Tendo em vista a importância das unidades litoestratigráficas da região evidenciadas anteriormente se apresenta a seguir uma discursão mais detalhada do tema.

1.1.1 Formação Beberibe

Denominação utilizada pela primeira vez por Kegel (1957) para designar o afloramento fossilífero das camadas microclásticas que ocorrem no vale do rio Beberibe, a Formação Beberibe engloba atualmente toda a sequência clástica basal do Grupo Paraíba.

Repousando discordantemente sobre o embasamento cristalino, trata-se, segundo Mabeoone & Alheiros (1991), de uma sequência essencialmente arenosa, em geral sem fósseis, constituída de arenitos friáveis, cinzentos acremes, mal selecionados, com componente argiloso. Sua deposição deu-se em ambiente flúvio-marinho com três faces que se interdigitam: lagunar, estuarina e fluvial. Possui uma espessura média de 250 metros.

Na base podem ocorrer leitos conglomeráticos e intercalações de níveis argilosos, enquanto que, no topo, predominam os arenitos médios a finos, nos quais se intercalam camadas siltico-argilosas com restos fossilíferos. Em subsuperfície, observa-se uma passagem lateral, caracterizada por interdigitação e, menos frequentemente, por gradação, para um arenito mais duro, com cimento carbonático



e fragmentos de organismos não reconhecíveis, representando uma fácies litorânea marinha. Apresenta coloração cinza a amarelada.

1.1.2 Formação Itamaracá

Segundo Barbosa et al. (2004), a Formação Itamaracá, que ocorre sobre a Formação Beberibe, foi proposta por Kegel (1955), posteriormente essa proposta foi abandonada quando Beurlen (1967a, 1967b) aboliu o termo Formação Itamaracá, incluiu os arenitos calcíferos transicionais na base da formação Gramane e passou o membro Beberibe a condição de formação.

A relação entre a Formação Beberibe e a Formação Itamaracá sempre foi controversa para alguns autores, pois a interpretação da Formação Itamaracá nunca foi completa, devido a sua pouca representatividade em afloramentos na bacia. A caracterização da Formação Itamaracá, também é bastante controversa, devido à existência de vários ambientes do antigo domínio transicional (lagunas costeiras, praias clásticas, estuários entre outros). Existem afloramentos onde níveis de siltito argiloso contendo fósseis marinhos se intercalam com arenitos conglomeráticos mostrando a variação horizontal com alternância de fácies continentais e transicionais (BARBOSA et al., 2004).

Uma das maiores dificuldades em identificar e interpretar as várias fácies da Formação Itamaracá está na intercalação desta com a Formação Beberibe na antiga zona proximal e na sucessão de ambientes que se superpõe com avanços e recuos típicos de uma zona costeira como foi possível verificar através dos testemunhos do Projeto Fosfato do CPRM (BARBOSA et al., 2004).

A sedimentação da formação Itamaracá provavelmente ocorreu em ambiente marinho próximo à costa. Apresenta interdigitação com a formação subjacente e espessura em torno de 100 metros. É composta predominantemente por arenito creme ou cinza de granulação média a grosseira, com estratificação plano-paralela mal desenvolvida e rico em fósseis. Apresenta forte cimentação calcítica a qual pode, localmente, predominar em relação às frações arenosas, formando um calcirrudito.



1.1.3 Formação Gramame

A Formação Gramame, definida por Oliveira (1940), é a primeira unidade carbonática do domínio marinho, e ocorre sobre a Formação Itamaracá. Esta unidade foi, provavelmente, depositada a partir do final do Campaniano, pois as camadas dessa formação começam sempre acima dos últimos níveis de fosfato, e prosseguem durante todo o Maastrichtiano (TINOCO, 1971).

A idade da Formação Gramame foi posicionada inicialmente por Maury (1930) como sendo do Campaniano, porém Beurlen (1967) revisou a idade dos estratos para o Maastrichtiano. Ambos os autores basearam suas conclusões na ocorrência de cefalópodes (*Pachydiscus* e *Sphenodiscus*), porém a ocorrência de outros fósseis invertebrados deixa a idade da base da Formação Gramame entre o Campaniano superior e o Maastrichtiano Inferior como afirmou Muniz (1993).

Tinoco (1967,1971 apud BARBOSA et al. 2004) realizou estudos micropaleontológicos baseados em foraminíferos na seção carbonática da Sub-bacia Olinda concluiu que a sucessão de estratos carbonáticos que comportam as formações Gramame (Maastrichtiano) e Maria Farinha (Daniano- Eoceno?), é muito semelhante a seções de mesma idade do Caribe e América do Norte, porém a base da Formação Gramame próximo ao contato com os arenitos calcíferos talvez, pudesse ser incluída no Campaniano Superior-Maastrichtiano Inferior.

Maury (1930) descreveu grande parte dos fósseis (a maioria moluscos) da Formação Gramame e os espécimes coletados provinham em grande parte da região de João Pessoa na Paraíba, onde existem afloramentos de calcário na margem direita do rio Gramame e em pedreiras próximas a João Pessoa. Nessa região também afloram as camadas de arenito calcífero do topo da Formação Itamaracá e calcários bastante fossilíferos que estão na base da Formação Gramame (LIMA & KOUTSOUKOS, 2002).

Segundo Barbosa et al. (2004), a Formação Gramame se inicia por um horizonte de coquina fosfática passando, acima, para arenito bem selecionado, muito calcífero; o teor de calcário pode ultrapassar 50% dos componentes da rocha,



evidenciando uma coloração acinzentada, passando a creme por intemperismo (PETRI; FÚLFARO, 1988 por BARBOSA, 2013). Essa litofácies arenosa passa, acima, para uma litofácies calcária, caracterizada por relativa homogeneidade. Trata-se geralmente de calcários margosos, cuja estratificação fina é ressaltada por delgadas películas de argila e engloba um pacote sedimentar com até 55 m de espessura (SANTOS, 2002). Brito Neves et al. (2009) após analisar dados de dezenas de poços verificou que a espessuras média predominantes para esta formação era de 40-50 m.

A Formação Gramame como trata Mabesoone & Alheiros (1991 apud SANTOS, 2002), pode ser dividida em três fácies: uma fácies basal, formada por calcarenitos e calcários arenosos, muito fossilíferos, que se interdigita com uma fácies média formada por fosforitos, sendo recobertas, no topo, por calcários biomicríticos argilosos, com uma fácies supra-mesolitoral, uma fosfática e uma marinha plena. De acordo com Brito Neves et al. (2009), em alguns casos ela funciona como horizonte guia, para a separação da Formação Beberibe (abaixo) da Formação Barreiras (situado na capa), se colocando esta como a melhor forma de identificação da Formação Gramame pelos pesquisadores.

1.1.4 Formação Maria Farinha

Távora et al. (2006), discute a respeito da Formação Maria Farinha afirmando que a formação está incluída na Sub-bacia Paraíba, e é formada por sistemas marinhos tanto rasos como profundos, sem os sistemas fluviais registrados na Sub-bacia de Pernambuco, sendo constituída por uma alternância entre calcários, calcários margosos, margas e folhelhos na porção inferior, e calcários dolomíticos detríticos na porção superior, depositados durante um evento de regressão marinha progressiva com exposição de plataforma e erosão, que ocorreu na bacia a partir do final do Maastrichtiano.

O conteúdo fossilífero atesta um ambiente costeiro raso com variadas condições ecológicas, variando entre litorâneo e mangue a partir de movimentos oscilatórios da linha de costa. Sobrepostas concordantemente aos carbonatos da



Formação Gramame, suas camadas estão dispostas em bancos (TÁVORA et al., 2016).

Para Petri e Fúlfaro (1988), a Formação Maria Farinha é constituída de quatro tipos de sedimentos, sucedendo-se na vertical. A partir da base ocorrem calcários litográficos a sublitográficos, que, de acordo com a classificação de Folk (1959, 1962 apud MABESOONE, 1967 apud PETRI; FÚLFARO, 1988), são micritos azoicos ou calcários microcristalinos.

Barbosa (2013), afirma que a espessura da Formação Maria Farinha é de cerca de 30 m, podendo apresentar ocasional espessamento em direção à plataforma continental. Referências de Leal e Sá (1998) constataram espessura máxima de 35 m da formação, provavelmente erodida em parte pela exposição subaérea anterior à deposição dos sedimentos continentais da Formação Barreiras. A Figura 3 ilustra um registro fotográfico aéreo do afloramento da Formação Maria Farinha na Praia de Tambaba, município do Conde.

Figura 3: Afloramentos da Formação Maria Farinha na Praia de Tambaba, Conde - PB.



Fonte: Adaptado de (RICARODO PAULO, 2002 apud FURRIER, 2007).



1.2 Grupo Barreiras

A Formação Barreiras constitui a unidade geológica de ocorrência mais expressiva da costa brasileira, aflorando desde o Estado do Rio de Janeiro até o Amapá. Estes depósitos vêm sendo estudados por diversos pesquisadores, alguns dos quais, mais recentemente, chamaram atenção para a necessidade de caracterização das suas fácies, visando uma melhor interpretação dos sistemas deposicionais envolvidos e sua correlação regional (ARAÚJO et al., 2006).

O Grupo Barreiras aflora em uma vasta área na porção leste do Estado, principalmente na Bacia Paraíba. Segundo Alheiros et al. (1988), esta unidade é caracterizada pela presença de fácies típicas de um sistema fluvial entrelaçado e transicionais para leques aluviais. A espessura da Formação Barreiras no Estado da Paraíba é bastante variável, atingindo espessuras máximas de 70 a 80 m (LEAL e SÁ, 1998 apud FURRIER, 2007).

A primeira delas é composta por depósitos de granulometria variada, apresentando cascalhos e areias grossas a finas, de coloração creme amarelada, com intercalações de microclastos de argila/silte. São observadas estratificações cruzadas multi-acanaladas de grande e pequeno porte e de médio e baixo ângulo, com sets granodecrescentes iniciados por cascalhos quartzo-feldspáticos e seixos de argila. Nesses depósitos são comuns intercalações de barras fluviais longitudinais com até um metro de espessura, apresentando estratificações tabulares/planares de forte ângulo, indicando alta descarga de um sistema fluvial em canais confinados que migram formando as barras (SANTOS, 2002).

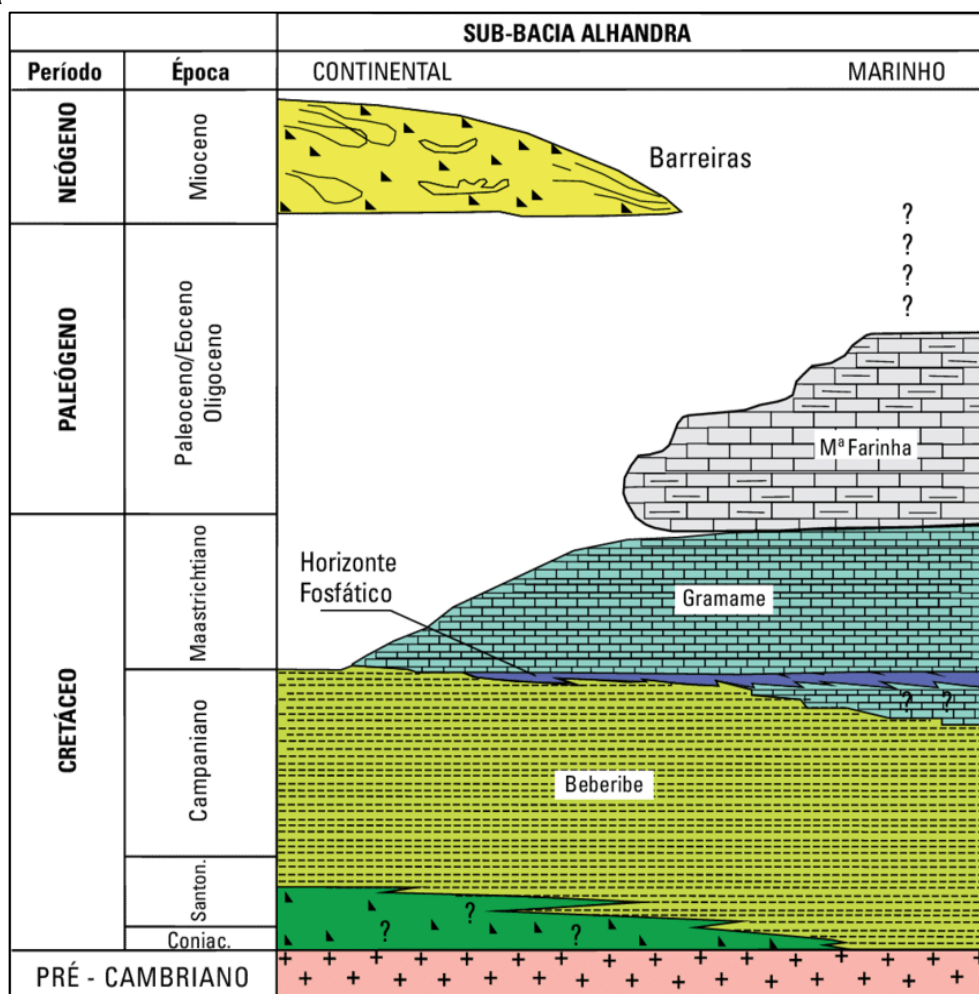
A fácies de leque é constituída por diamictito de coloração creme a avermelhada, com seixos e grânulos subangulosos de quartzo e blocos de argila retrabalhada, em corpos tabulares a lenticulares de até um metro de espessura, intercalados com camadas siltico-argilosas menos espessas. Essas litologias, segundo os autores, representam a porção distal de leques aluviais, construídos por fluxos de detritos afogados nos períodos de inundações. Alheiros et al. (1988) acreditam que o Grupo Barreiras representa a evolução de um sistema fluvial construído em fortes gradientes e sob clima predominantemente árido, sujeito a



oscilações. A ausência de fósseis no Grupo Barreiras impede uma datação precisa, de modo que os autores divergem entre si. Em geral, atribui-se um intervalo de sedimentação entre o Paleógeno (Oligoceno) e o Neógeno, chegando até o Pleistoceno (SALIM ET AL., 1975, MABESOONE ET AL., 1972; SUGUIO ET AL., 1986).

Tendo em vista a importância das unidades litoestratigráficas da região, evidenciadas da Bacia Paraíba apresentadas anteriormente a Figura 4, apresenta a formação esquemática da estratigrafia geológica da bacia Paraíba, sub-bacia Alhandra, desenvolvida por Barbosa et al. (2004), e adaptada por Furrier (2007).

Figura 4: Coluna Estratigráfica Esquemática da Bacia Pernambuco-Paraíba no trecho da Sub-bacia Alhandra



Fonte: Barbosa et al. (2004) adaptado por Furrier, 2007.



1.3 Geotecnia e Geologia Estrutural

A geofísica no contexto da geotécnica e da geologia estrutural é de importância crucial para investigações objetivando fins de construções e aplicações civis e na área de mineração. Da prospecção sísmica ao paleomagnetismo, entendimento dessa área constitui uma fonte essencial de um projeto científico, tanto como indicador da estrutura do subsolo quanto de uma escala de tempo que se trabalha. Essas noções elementares são de fundamental entendimento quando se interpreta mapas geológicos e hidro geológicos, tais quais aqueles que se apresentam ao longo desse capítulo.

1.3.1 Estrutura de deformação

As ditas propriedades reológicas (de deformação dos corpos reais) de uma rocha, fisicamente se enquadram entre comportamento ditos elástico, viscoso e plástico. Quando a mesma passa a sofrer uma deformação orientada e crescente, a sequência de stages se configura em um primeiro estágio de maneira elástica, depois, rapidamente de maneira rígida – plástica até um valor que a deformação foi tamanha que provoca sua ruptura.

Os limites os quais se encontram os domínios de ductilidade e de ruptura variam de acordo com o material, a temperatura e a pressão envolvida. As estruturas dobradas sinalizam a deformação dúctil, assim como as fraturas ou falhas sinalizam rupturas.

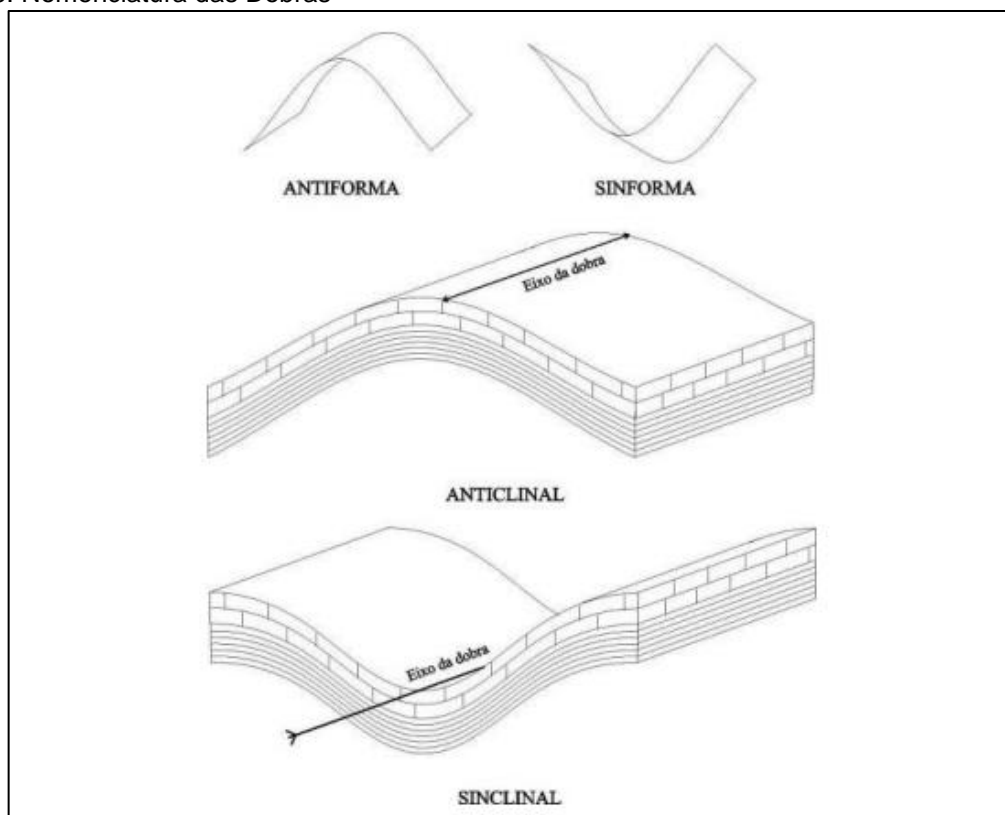
- **Dobras**

A dobra é formada pela resultante da torção ou flexão de rochas. Uma dobra em que se desenha uma curva convexa para cima é chamada de estrutura antiforma, quando é uma estrutura convexa para baixo, chama-se sinforma, os termos anticlinais e sinclinal são mais utilizados quando se relaciona a cronologia das camadas (Figura 5) Uma dobra é caracterizada pelas charneiras (região de curvatura máxima) e os flancos (parte situadas ente duas charneiras). O eixo da dobra é a linha que passa por



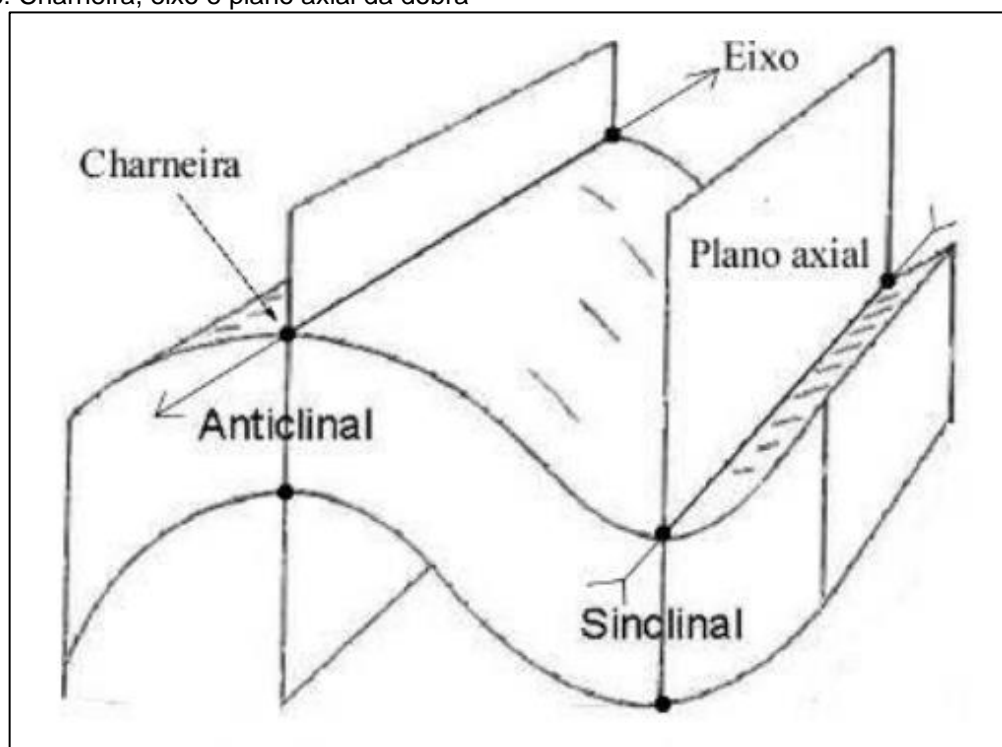
todas charneiras de mesma superfície, enquanto o plano axial passa por todos eixos (FIGURA 6).

Figura 5: Nomenclatura das Dobras



Fonte: FCUL, 2017.

Figura 6: Charneira, eixo e plano axial da dobra



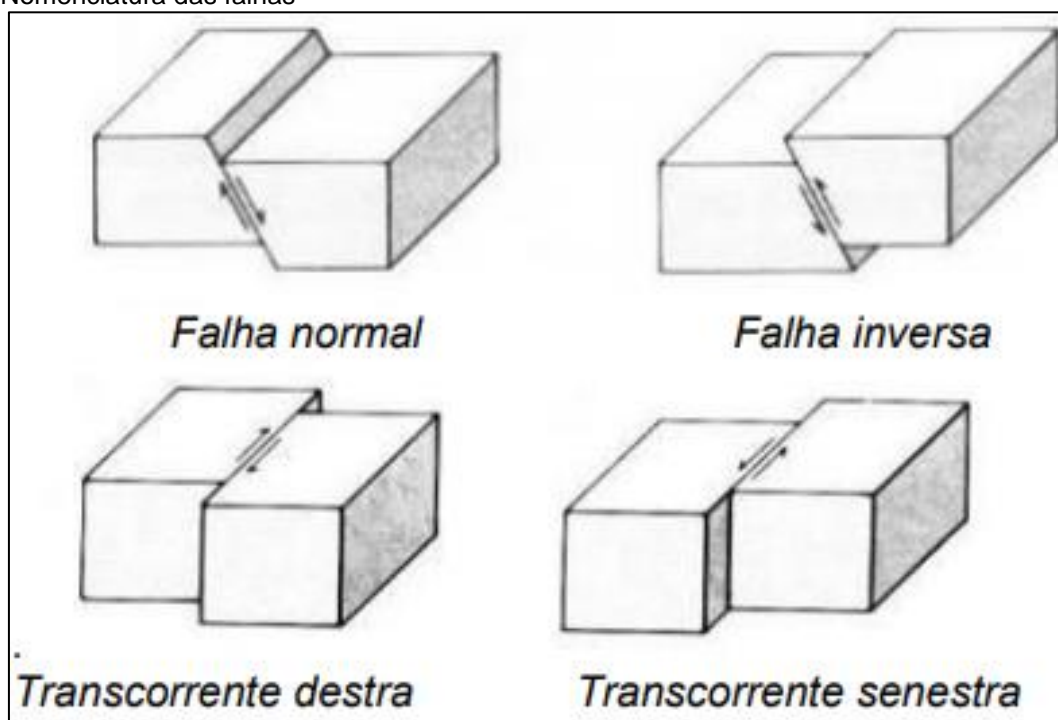
Fonte: FCUL, 2017.

- **Falhas**

Falha Geológica é a ruptura ou cisão de um bloco de rochas ou faixas estreitas da superfície que é responsável pelo deslocamento de suas partes. O acúmulo de energia e a eventual liberação desta em zonas de falhas geológicas é um dos fatores responsáveis pela ocorrência dos terremotos.

Os tipos de falha geológica variam conforme os critérios utilizados em sua classificação. Na presente abordagem, elas são tipificadas em três diferentes formas: normal, reversa e transcorrente (FIGURA 7).

Figura 7: Nomenclatura das falhas



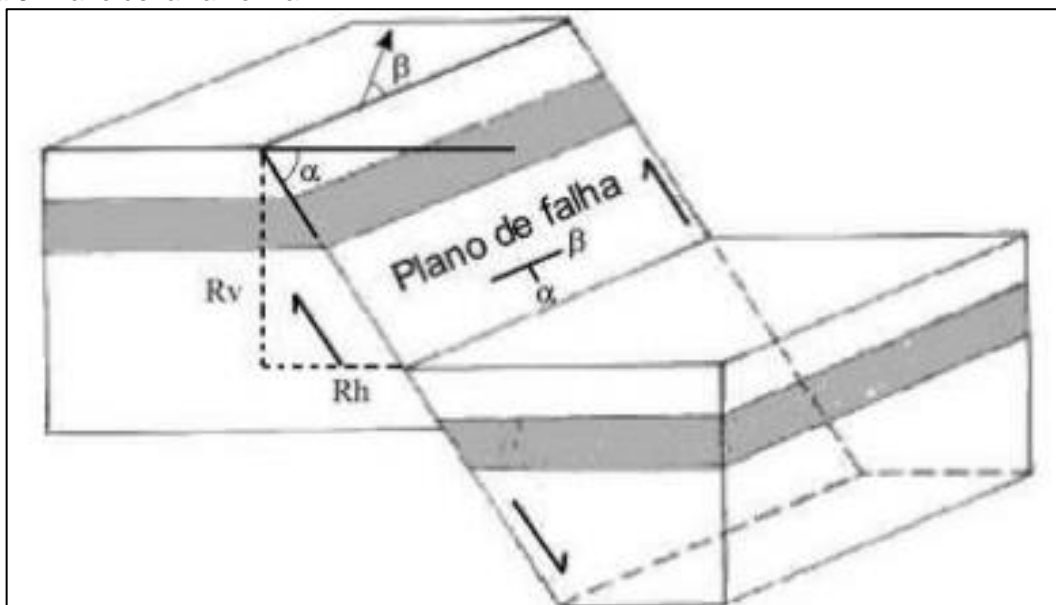
Fonte: FCUL, 2017.

Na estrutura da deformação o Plano de falha é definido pela atitude e rejeito (FIGURA 8). O rejeito horizontal R_h , corresponde à distância do deslocamento no plano horizontal; o rejeito vertical R_v , representa a distância do deslocamento no plano vertical. No campo, o plano de falha é reconhecido pelo preenchimento de minerais recristalizados, pelo intermédio de fluidos de percolação (águas enriquecidas em cálcio e silício) e de minerais neoformados. O movimento pode igualmente ser



determinado pela orientação das estrias geradas ao longo dos planos preenchidos (FCUL, 2017).

Figura 8: Plano de falha normal

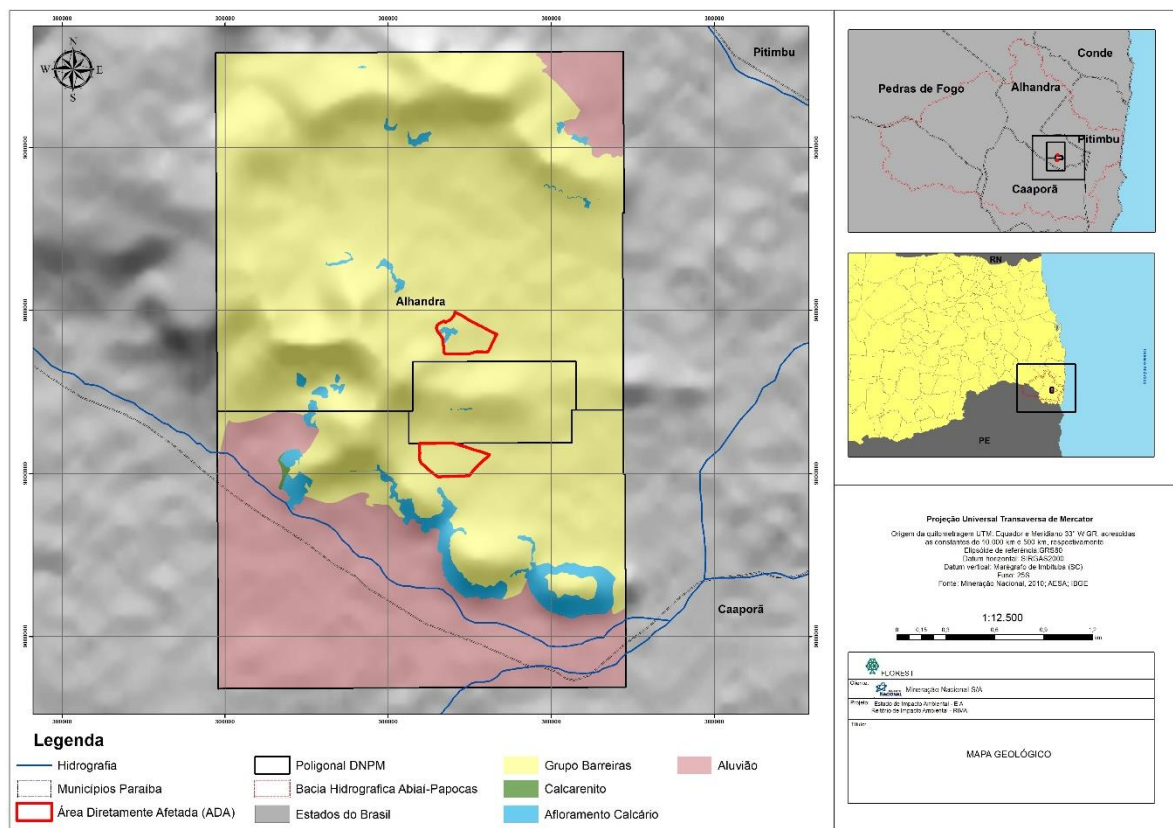


Fonte: FCUL, 2017.

1.4 Geologia Local

Neste momento voltamos os estudos a respeito da geologia para uma escala local. A área pretendida para o empreendimento está totalmente inserida na bacia sedimentar Paraíba-Pernambuco, delimitada entre duas falhas, a norte pela Falha Itabaiana e, ao sul pela Falha Goiana, conforme demonstrado na Figura 2. O mapa da Figura 9 apresenta a distribuição especial do levantamento geológico realizado pela equipe técnica da Brennand Cimentos no ano de 2010 para as duas áreas do ANM de número 846.235/2007 mais ao norte e 846.236/2007 ao sul e suas respectivas áreas das cavas.

Figura 9: Mapa geológico da área de estudo referente as poligonais ANM de nº 846.235/2007 e 846.236/2007



A Tabela 1, nos apresenta de maneira mais detalhada o quadro de área para cada formação e litologia identifica para a poligonal ANM de número 846.235/2007 a norte e sua respectiva cava.

Tabela 1: Quadro de áreas para as formações geológicas encontradas nas áreas de estudo referente a poligonal ANM de número 846.235/2007

ANM 846.235/2007 Norte			Cava Norte (ANM 846.235/2007)		
Formação	Área (ha)	Porcentagem	Formação	Área (ha)	Porcentagem
Barreiras	489,6	94,3	Barreiras	5,6	91,1
Calcareenito	0,0	0,0	Calcareenito	0,5	8,9
Afloramento Calcário	8,0	1,5	Afloramento Calcário	0,0	0,0
Depósitos Aluvionáres	21,5	4,1	Depósitos Aluvionáres	0,0	0,0
Total	519,0	100,0	Total	6,1	100,0

Observando a tabela acima para poligonal ANM de número 846.235/2007 é possível identificar que a formação barreiras é predominante na área da poligonal



representado 94,3% ilustrado no mapa na cor amarela com um total de 489,6 hectares, em seguida temos os depósitos aluvionários corresponde a 21,5 hectares, ou seja, 4,1% destacado na cor bege. Em azul temos os afloramentos de calcário representado 1,5% ou 8,0 hectares. Para a sua respectiva cava a formação barreiras predomina, foi identificado 0,5 hectares de calcarenito, as demais feições não foram registradas nesta área. A área total da poligonal é de 519 ha, a área da cava é de 6,1 ha.

A Tabela 2, nos apresenta de maneira mais detalhada o quadro de área para cada formação e litologia identifica para a poligonal ANM de número 846.236/2007 a sul e sua respectiva cava.

Tabela 2: Quadro de áreas para as formações geológicas encontradas nas áreas de estudo referente a poligonal ANM de número 846.236/2007

ANM 846.236/2007 Sul			Cava Sul (ANM 846.236/2007)		
Formação	Área (ha)	Porcentagem	Formação	Área (ha)	Porcentagem
Barreiras	139,4	34,5	Barreiras	6,5	100,0
Calcarenito	0,6	0,1	Calcarenito	0,0	0,0
Afloramento	29,6	7,3	Afloramento	0,0	0,0
Calcário			Calcário		
Depósitos	234,9	58,1	Depósitos	0,0	0,0
Aluvionários			Aluvionários		
Total	404,4	100,0	Total	6,5	100,0

De acordo com a tabela acima para as feições geológicas da poligonal ANM de número 846.236/2007 a formação barreiras predomina assim como na anterior. A área dos depósitos aluvionários aumenta e possui uma área de 234,9 hectares, os afloramentos de calcário representam um total de 7,3% da poligonal com 29,6 ha. 0,6 hectares de calcarenito foram identificados no mapa geológico. Para a cava de exploração ao sul o mapa geológico é predominantemente para a formação barreiras com 7,0 hectares.

Por meio dos estudos geotécnicos realizados por meio de furos de sondagem foi possível uma melhor interpretação das formações geológicas e sua geometria. O mapa da Figura 10 ilustra os furos de sondagem e as seções na direção Leste-Oeste

para elaboração do perfil geológico. A Figura 11 apresenta os dados estratigráficos para cada furo que compõe a seção 3. Os furos de soldagem para a seção 6 são apresentados na Figura 12. A seção 6 faz luz a cava 235 mais a norte e a seção 3 a cava 236 a sul.

Figura 10: Mapa de localização dos furos de sondagem litológica e seções de perfil longitudinal

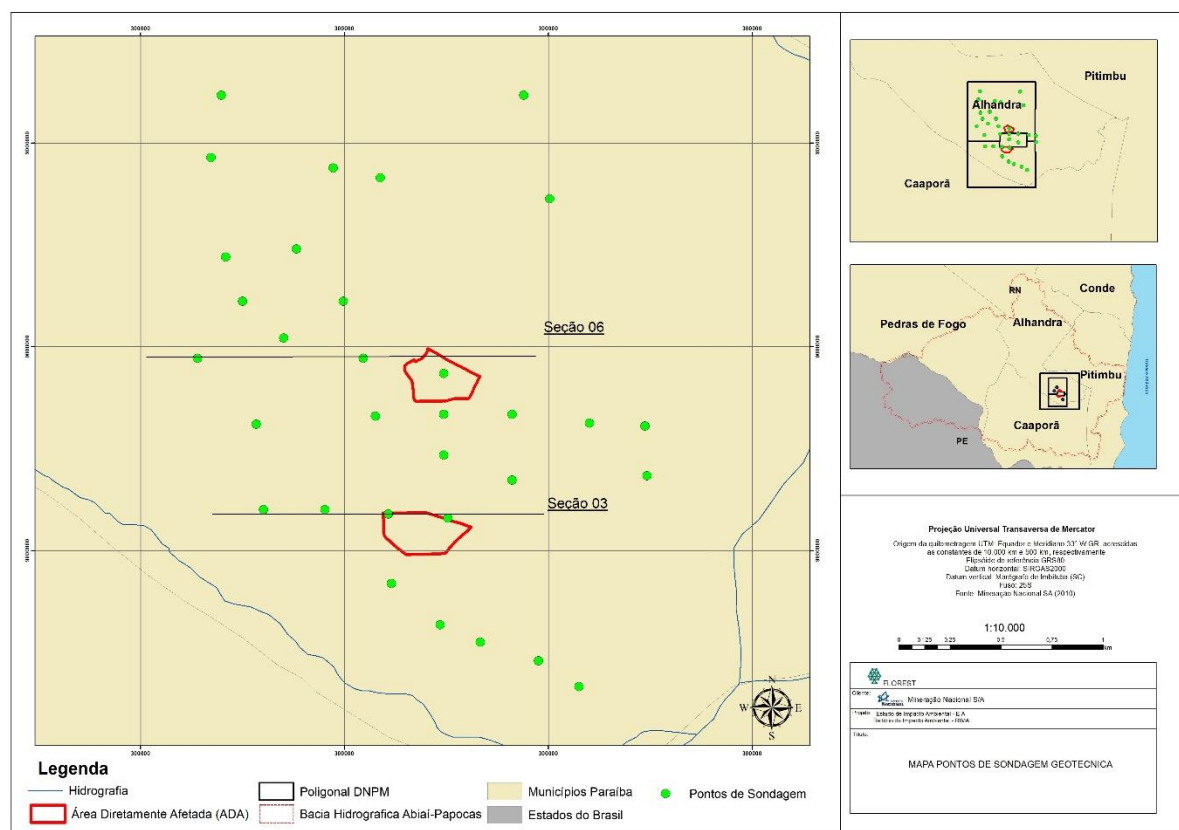


Figura 11: Perfil dos furos de sondagem ALH 25, 13, 12 e 11 que compõe a seção longitudinal Oeste-Leste 06 referente a cava 235 a norte

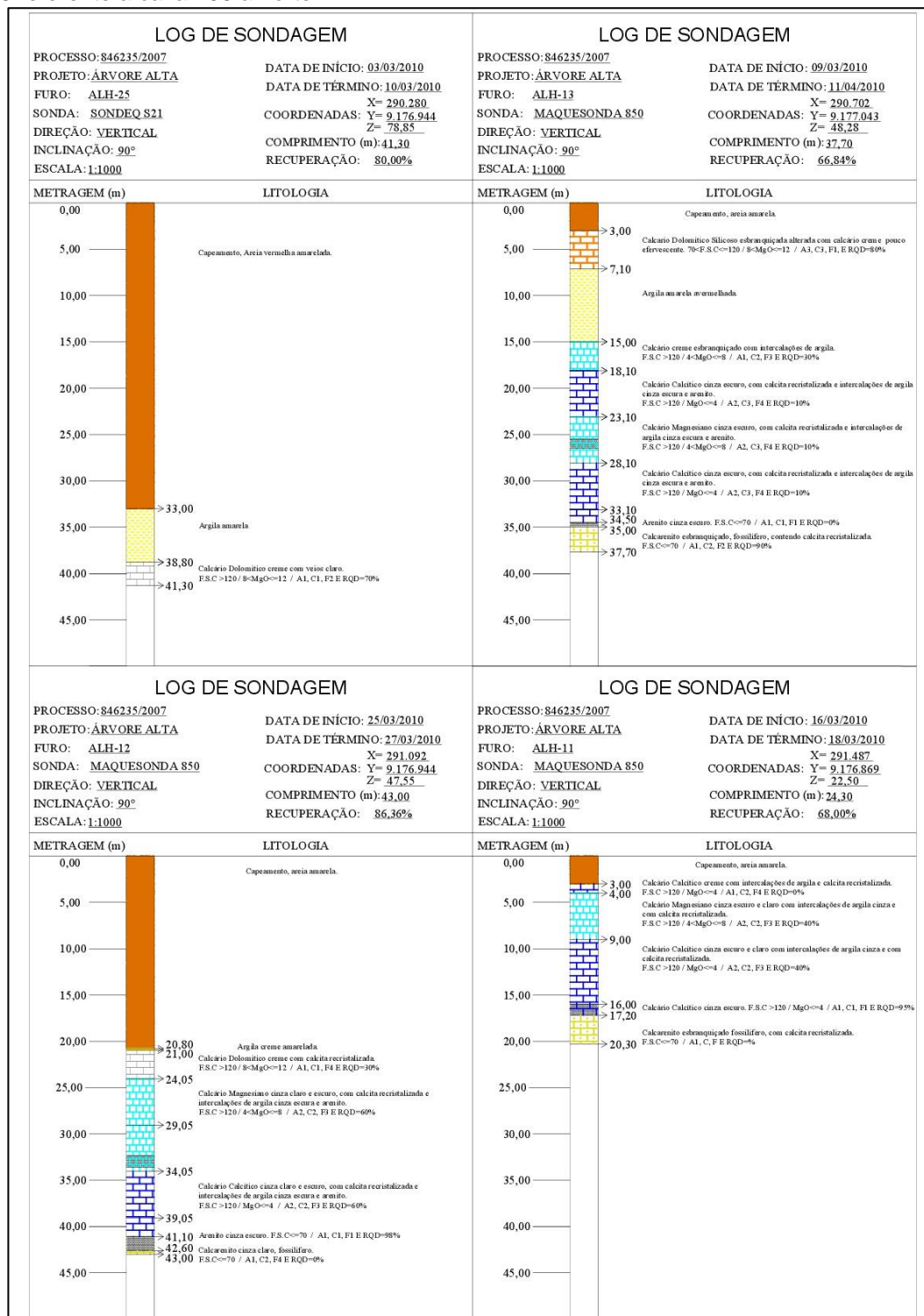
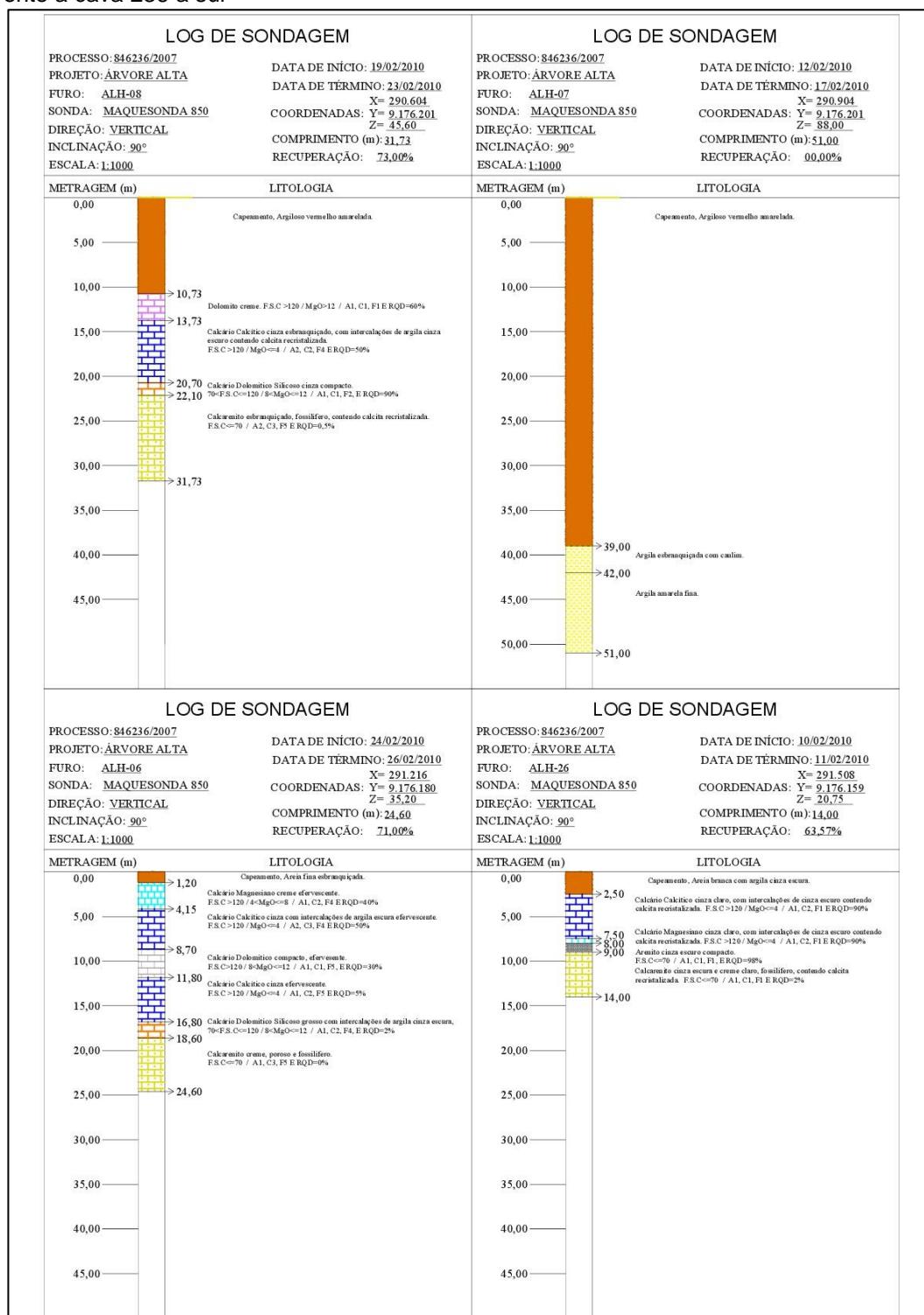


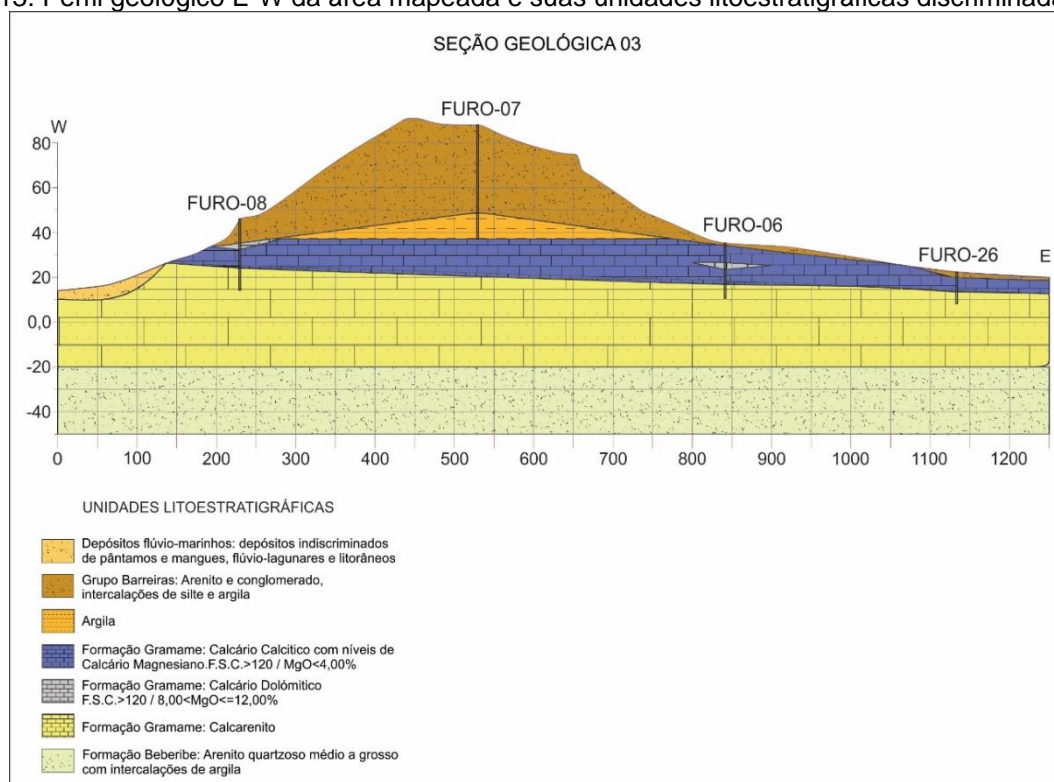


Figura 12: Perfil dos furos de sondagem ALH 8, 7, 6 e 26 que compõe a seção longitudinal Leste-Oeste 03 referente a cava 236 a sul



A Figura 13 apresenta o perfil da seção geológica 03 referente a cava 236 inserida na poligonal do ANM nº 846.236/2007.

Figura 13: Perfil geológico E-W da área mapeada e suas unidades litoestratigráficas discriminadas.



O perfil geológico elaborado através dos furos de sondagem mostra que a seção estratigráfica de fato segue o que já foi debatido anteriormente. É composta pela Formação Beberibe (arenito) na base, seguida pelos calcarenitos da Formação Itamaracá, posteriormente pelos calcários da Formação Gramame e por último o Grupo Barreiras, composto por uma camada argilosa na base e por arenitos no topo. Os arenitos do Grupo Barreiras ocorrem em áreas onde as cotas topográficas são mais altas, regiões onde há uma depressão ocorrem a formação Gramame e os depósitos flúvio-marinhos compostos por pântanos e mangues.

1.5 Espeleologia

A espeleologia é a ciência que estuda a formação, constituição, características físicas, formas de vida, e evolução ao longo do tempo das cavidades naturais e outros fenômenos cársticos. O relevo cárstico é um tipo de relevo geológico caracterizado pela dissolução química das rochas, que leva ao aparecimento de uma série de características físicas, tais como cavernas, dolinas, rios subterrâneos, canhões fluviocársticos, paredões rochosos expostos, entre outros. Diversas ciências



contribuem para o desenvolvimento do conhecimento espeleológico, entre elas a geologia, geografia, hidrologia, biologia (bioespeleologia), climatologia, arqueologia e química.

Os estudos espeleológicos têm sua importância e relevância para a humanidade visto a relação histórica entre os grupos humanos e as cavernas, os quais remonta os mais antigos registros e memórias que se tem notícia. Esses indícios, registros e citações vêm sendo transmitidos através dos tempos nas lendas, mitos, crenças, estando, ainda, presente nos escassos documentos que demonstram as relações históricas do homem com as cavernas (FIGUEIREDO, 2011).

Segundo Chaves (2014), No Brasil, a contribuição espeleológica é muito grande, com diversas descobertas e novas técnicas de mapeamento, o número de cavernas passa dos milhares e o esperado é que esse número aumente, fazendo assim novos registros para o banco de dados espeleológicos do país.

O levantamento e a caracterização e diagnóstico espeleológico na Área foi realizado em atendimento à Resolução CONAMA 347/2004, ao Decreto Federal 6.640/08 e da Instrução Normativa MMA 02/09.

Para a realização do levantamento de feições cársticas, utilizou-se como metodologia o levantamento bibliográfico no acervo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais CPRM, referente a publicações sobre a geologia e espeleologia das áreas estudadas, e nos sites da Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE (<http://www.sbe.com.br>). O banco de dados do CECAV (Centro Nacional de Estudos, Proteção e Manejo de Cavernas) também foi consultado.

1.5.1 Cavidades Naturais na Paraíba

Na Paraíba existem algumas cavidades que se espalham pelo Estado desde o Sertão até a Zona da Mata Paraibana, contendo composições variadas como: arenito, granito e gnaisses (DUARTE, 2008 apud CHAVES, 2014). A Tabela 3 apresenta os



registros de feições cársticas identificadas Zona da Mata Paraibana através dos levantamentos bibliográficos.

Tabela 3: Cavernas por município identificadas na Zona da Mata Paraibana

Cavidades	Município	Comprimento Total (m)	Litologia	Coordenadas
Caverna da Onça	João Pessoa	329	Arenítica	Lat 7° 12' 40" S Lng 34° 56' 48" W
Caverna do Marés	João Pessoa	162	Arenítica	Lat 7° 10' 27" S Lng 34° 57' 16" W
Caverna do Índio	Santa Rita	179	Arenítica	Lat 7° 14' 52" S Lng 34° 57' 51" W
Gruta do Lobo Guará	Santa Rita	85	Arenítica	Lat 7° 12' 59" S Lng 34° 57' 59" W
Gruta do Wilson	Alhandra	30	Carbonática	Lat 7° 26' 73" S Long 34° 53' 17" W

Fonte: Chaves, 2017; SBE, 2019.

Foram identificadas cinco feições cársticas registradas nos bancos de dados e estudos acadêmicos na zona da mata paraibana. Sendo duas delas localizadas no município de João Pessoa, a Caverna da Onça com 329 metros de comprimento em uma litologia arenítica e a Caverna do Marés com 162 metros de comprimento total também arenítica. No município de Santa Rita existe registro de mais duas cavidades uma denominada Caverna do Índio com comprimento de 179 metros e a Gruta do Lobo Guará com 85 metros. Todos estes registros são em arenito, características da formação Itamaracá, estão registradas no banco de dados da SBE.

Diferentemente destas a Gruta do Wilson, localizada no município de Alhandra foi identificada por Chaves, 2017 em sua dissertação de mestrado, a gruta tem característica carbonática intrínseca da formação Gramame, com um comprimento total de 30 metros. Todos as feições cársticas identificadas encontram-se a mais de 3 quilômetros do futuro empreendimento.



1.5.2 Espeleologia local

Para a realização do levantamento de feições cársticas local além de lançar mão do levantamento bibliográfico, foi realizada uma empreitada de campo.

Utilizando imagem de satélite recente para a área de estudo especulou-se alguns pontos, buscando identificar feições importantes, de modo a direcionar os trabalhos de campo. Foram também analisados mapas topográficos, geológicos e dados de sondagem como também verificadas as vias de acesso ao empreendimento pretendido.

A campanha de campo para constatar a existência de cavernas e feições cársticas significativas nas áreas pretendidas para a implantação do empreendimento, foi realizada no dia 10 de outubro de 2018. Em campo foram checados os pontos demarcados com ajuda da imagem de satélite e mapas geológicos. Também foram efetuadas entrevistas com moradores locais com conhecimento regional para identificação de possíveis locais com cavidades.

Contudo, após a empreitada a área do empreendimento proposto, não foram encontrados afloramentos de rocha em escarpamentos com possibilidade de formação de cavernas. Indícios de dissolução nos calcários da Formação Gramame também não foram encontrados, assim como indício de cavidade em arenito, tanto por meio do caminhamento quanto por meio de entrevistas.

2 GEOMORFOLOGIA

Entende-se por geomorfologia a ciência na qual as formas do relevo constituem o principal objeto de estudo. Como bem define Suguio (1998), é o ramo das geociências que, baseado na forma do terreno e nos aspectos geológicos, estuda os processos e produtos envolvidos no desenvolvimento de um relevo.

Nessa mesma perspectiva, Christofolletti (1980) também entende a geomorfologia como aquela que estuda as formas do relevo, bem com sua gênese, características morfológicas, bases litológicas e os processos modeladores e controladores.

Assim, a geomorfologia é parte da geografia que estuda as formas de relevo e suas modificações, podendo ser climática, estrutural ou antropogênica. De modo geral, se preocupa com a descrição, gênese, compreensão e evolução das formas de relevo (BARBOSA, 2016).

De maneira mais aprofundada, a atuação das forças endógenas (quando essas forças ou agentes agem de dentro para fora da Terra, são denominados agentes formadores internos, como o tectonismo, o vulcanismo e os abalos sísmicos) e exógenas (quando ocorrem da atmosfera para a litosfera, isto é, na superfície, temos os agentes modeladores externos do relevo, como: as chuvas, o gelo, mares, rios, animais e vegetais, e o próprio homem que altera a superfície do planeta). Juntas e em oposição, determinam toda a existência e toda a dinâmica do meio biótico e abiótico da superfície terrestre. Assim, as formas que o relevo apresenta são ao mesmo tempo consequências e causas da atuação dessas forças ROSS (2012).

Em uma divisão elaborada por Aziz Ab'Saber, citado por Casseti (1994), existem três principais níveis de abordagem da Geomorfologia que envolvem: a compartimentação morfológica, o levantamento da estrutura superficial e o estudo da fisiologia da paisagem.



A compartimentação morfológica inclui observações relativas aos diferentes níveis topográficos e características do relevo, que apresentam uma importância direta no processo de ocupação. Nesse aspecto a geomorfologia assume importância ao definir os diferentes graus de risco que uma área possui, oferecendo subsídios ou recomendações quanto à forma de ocupação e uso.

- I. compartimentação morfológica: análise e observação do relevo e as variações de suas topografias (o conjunto de acidentes geográficos e variações de altitude). É um procedimento útil na definição das áreas de ocupação e da delimitação das áreas de risco que um determinado ambiente possui, sendo importante e necessário para o correto uso do solo.
- II. levantamento da estrutura superficial: define as características e, enfaticamente, a fragilidade que um determinado terreno possui. É responsável também pela análise do histórico de formação por meio da atuação dos agentes exógenos e endógenos.
- III. estudo da fisiologia da paisagem: estudar a fisiologia de uma paisagem significa analisar o seu conjunto de funções e, no presente caso, a ação e impactos dos processos morfodinâmicos (movimentação das formas de relevo) na atualidade, o que inclui os efeitos da ação humana sobre o meio.

Portanto, ao entendermos esses níveis, podemos ter uma dimensão da complexidade e do alcance que a geomorfologia possui ao desnudar, em seus estudos, a alçada geológica da qual se formaram as estruturas terrestres – por meio do levantamento de sua genealogia – até os processos naturais e antrópicos que alteram as formas de relevo e a cadeia de elementos naturais relacionados.

Assim, o conhecimento geomorfológico surge como instrumental utilizado e inserido na execução de diversas categorias setoriais de planejamento (uso do solo, rural e urbano; execução de obras de engenharia; ambiental; exploração de recursos minerais e recuperação das áreas degradadas; e classificação de terrenos). Nesse novo processo surgem as ferramentas de geoprocessamento, como um instrumento

perspicaz para a investigação geomorfológica, permitindo análise setorizada e integrada da atuação dos processos geomorfológicos (CHRISTOFOLLETI, 2007).

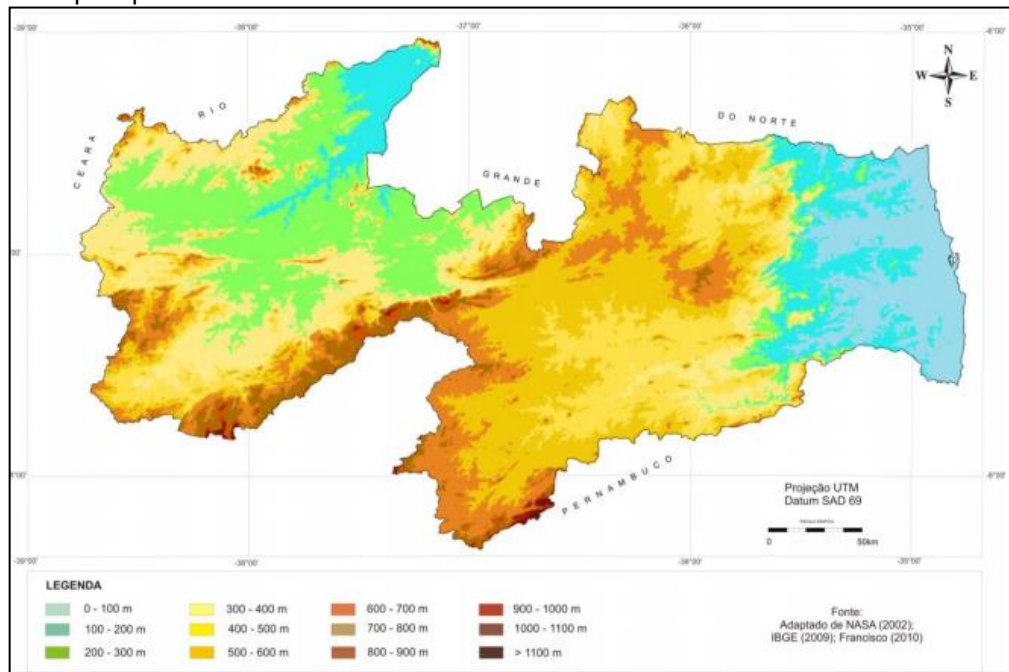
Para Argento (2007), os estudos de caráter geomorfológico são importantes, pois servem de base para a compreensão de estruturas espaciais. Segundo o autor, os projetos que utilizam metodologia de Estudos de Impactos Ambientais (EIAs) e Relatórios de Impacto sobre o Meio Ambiente (Rimas), comumente estão balizados em fundamentos geomorfológicos e geológicos devidamente amparados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), uma vez que tais conhecimentos e procedimentos possibilitam mapeamentos imprescindíveis para o planejamento das áreas.

Dessa forma, estudar as interações entre os processos formadores do relevo a partir de cartas topográficas e estudos quantitativos e qualitativos visando compreender como a litosfera pode sofrer alterações de natureza tectônica, erosiva ou de acumulação, representa um meio eficaz e indispensável, por meio do qual é possível interpretar as formas de um terreno (SOUZA et. al, 2013).

O relevo do Estado da Paraíba ilustrado no mapa da Figura 14, caracteriza-se de uma forma geral bastante diversificado, constituindo-se por formas de relevo diferentes, onde foram trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas. A topografia assume papel importante, com interferência de forma significativa no tocante ao clima, o que de certa forma tem atuado nas ocorrências de diversificações climáticas existentes no Estado.



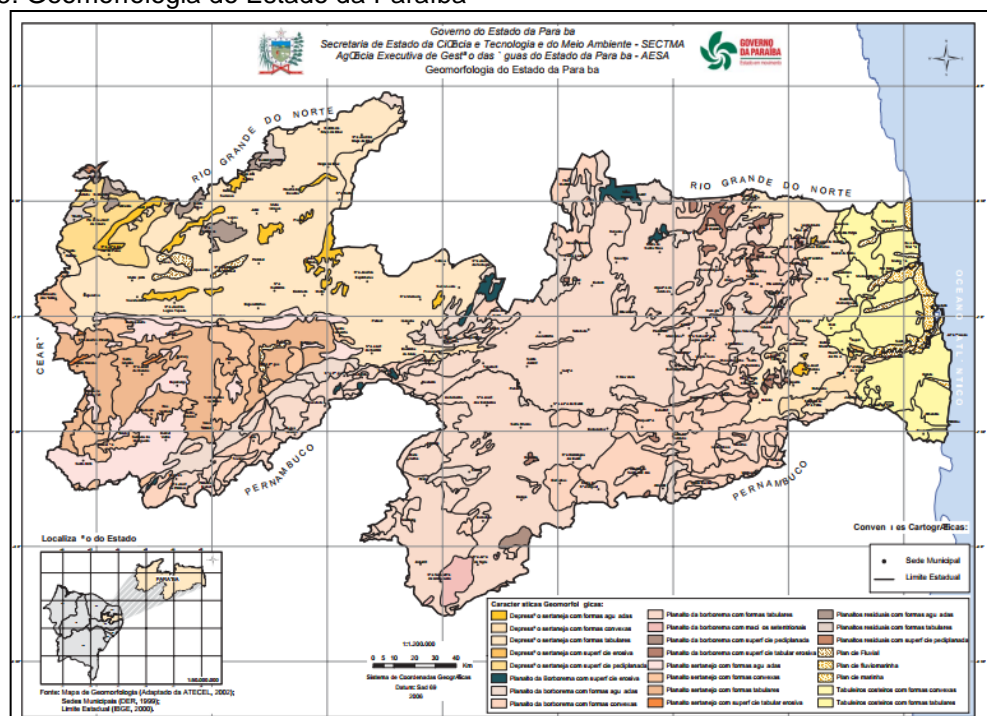
Figura 14: Mapa hipsométrico do Estado da Paraíba



Fonte: Francisco et al., 2014.

De acordo com a classificação de Carvalho (1982), a geomorfologia do estado da Paraíba (Figura 15), é compartimentada em dois grandes grupos: Setor Oriental Úmido e Subúmido; e Setor Ocidental Subúmido e Semiárido. Os dois setores têm como linha divisória a frente oriental do Planalto da Borborema (Tabela 4).

Figura 15: Geomorfologia do Estado da Paraíba



Fonte: Governo do Estado, AESA, SECTMA.



Tabela 4: Esquematização dos principais compartimentos geomorfológicos do estado da Paraíba, segundo Carvalho 1982.

Setor Oriental Úmido e Subúmido	Setor Ocidental Subúmido e Semiárido
Formação Recifais	Superfície Aplainada do Maciço da Borborema
Baixada Litorânea	Maciços Residuais: Serras e <i>Inselbergs</i>
Baixada Planalto Costeiro	Chapadas
Planícies Aluviais	Depressão do Curimataú
Chapadas	Pediplano Sertanejo
Depressão Sublitorânea	Depressão do rio do Peixe
Esporões do Maciço da Borborema	
Frente ou Escarpa Oriental da Borborema	

Fonte: Carvalho (1982).

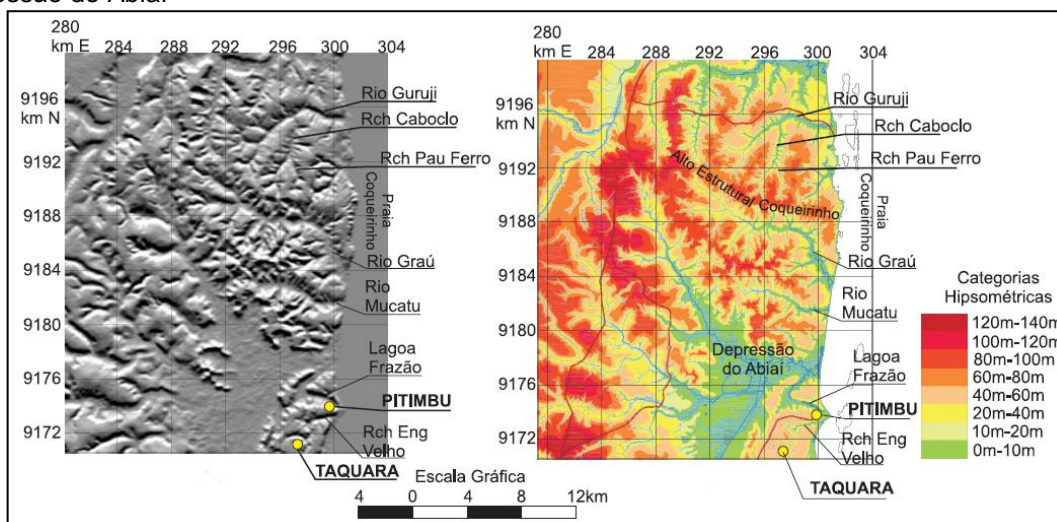
Analisando sobre a ótica dos aspectos tectônicos e estruturais, Asmus (1975) interpretou a Bacia Pernambuco-Paraíba como resultado da fase final da evolução tectono-sedimentar das bacias marginais, caracterizada pela subsidência continuada da margem continental, resultando no espessamento vertical e avanço progradacional dos sedimentos.

Mais recentemente, pesquisas apontam que eventos tectônicos cenozóicos têm uma importância determinante na configuração do relevo atual. Esses eventos tectônicos foram ignorados no passado, mas vêm sendo enfatizados em estudos recentes (FURRIER, 2006).

No que tange os aspectos estruturais e geomorfológicos da região do litoral sul paraibano, Furrier (2006) fez um estudo a respeito dos tabuleiros litorâneos do estado paraibano a partir das imagens Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), destacando que a depressão do Abiaí é um importante comportamento morfológico da região. Ele explica que sua origem pode estar relacionada à intensa erosão dos arenitos da Formação Barreiras e dissolução dos calcários sotopostos. Esses processos foram acelerados por falhas e fraturas, que condicionam atualmente uma rede de drenagem constituída por vários rios e riachos que convergem para a depressão do Abiaí (Figura 16).



Figura 16: Imagem Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) e carta hipsométrica de parte da Depressão do Abiaí



Fonte: adaptado de Furrie ,2006.

Provavelmente, essa intensa atividade mecânica, resultante da convergência da rede de drenagem local, provocou acelerada erosão nessa região. Outro fato que reforça esta interpretação é a existência de extensos afloramentos do Calcário Gramame nas vertentes voltadas para a depressão do Abiaí, que também ocorre em pequenos morrotes testemunhos e outras elevações no interior da mesma. Essas evidências sugerem uma origem denudacional da depressão e não por tectônica, como observado nos registros fotográficos da Figura 17.

Figura 17: Afloramento de calcário, bastante comum na área de estudo



Coordenadas:
292458.97 m E;
9175417.02 m S; Elv. 13 m



Coordenadas:
291425.57 m E;
9175272.46 m S; Elv. 16m

As rochas calcárias formam-se por processos orgânicos e inorgânicos. No primeiro caso resulta da deposição em fundo marinho, de grandes camadas de material calcário, sob a forma de carapaças e esqueletos de animais marinhos. Uma proporção menor dessas rochas forma-se inorganicamente pela precipitação direta de carbonato de cálcio em soluções aquosas.

Na visita de campo foi possível constatar a presença de mineradoras clandestinas, sem a devida autorização ambiental para extração, em pleno funcionamento, como registrado na Figura 18 Coordenadas 291.097,60 m E; 9.175.986,92 m S.

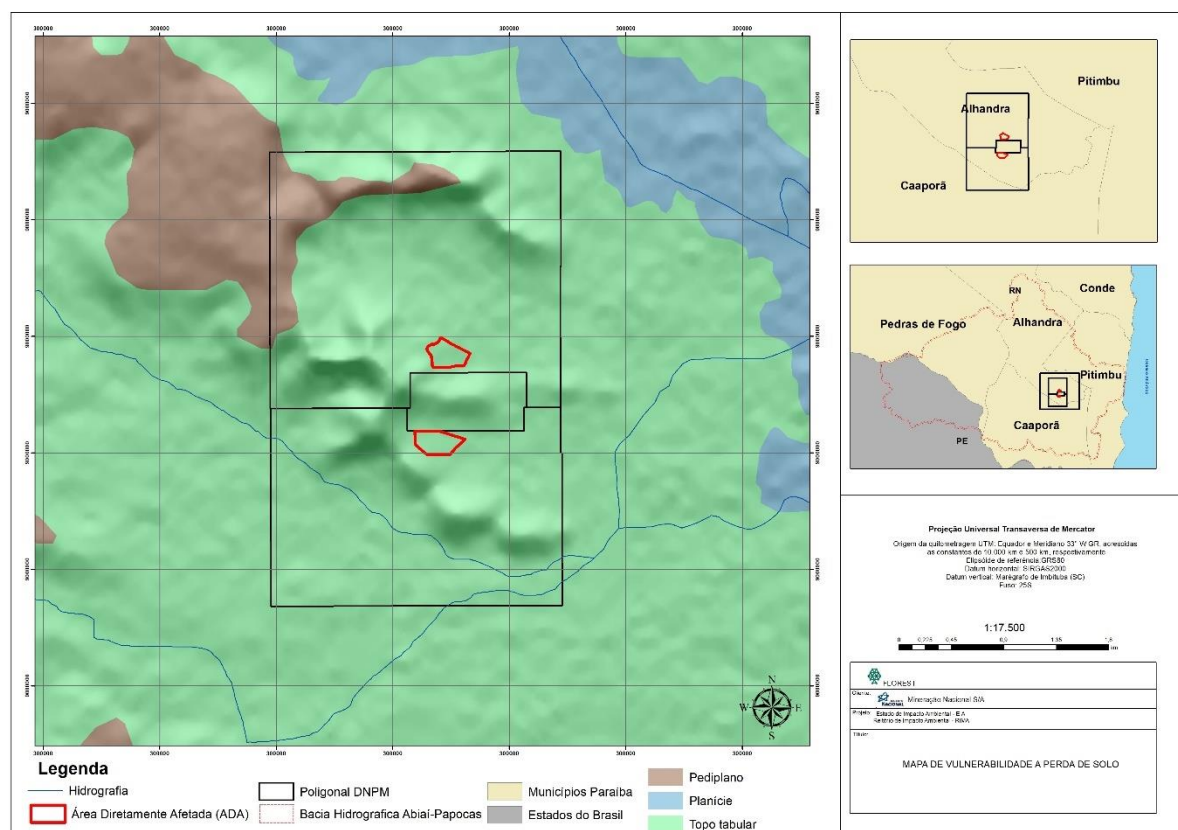
Figura 18: Extração irregular de calcário



Segundo Bezerra (2013), em termos geomorfológicos na região da bacia hidrográfica dos rios Abiaí e Papocas, onde está inserida a área de estudo, destacam as unidades da Planície Costeira e dos Tabuleiros Costeiros, caracterizados pelas baixas altitudes. O relevo pode variar de plano nas menores altitudes à forte ondulado nas maiores altitudes. A região está inserida na área de abrangência do grupo Barreiras, com idade do terciário superior, onde predominam arenitos finos a médios, ou conglomeráticos com intercalações de siltitos e argilitos. As rochas são localmente recobertas por extensas faixas arenosas coluviais e aluviais indiferenciadas que formam solos altamente permeáveis e lixiviados. A Figura 19 apresenta o mapa geomorfológico da região de estudo. Destaca-se as formações caracterizadas como Topo Tabular, Pediplano e Planície.



Figura 19: Mapa das características geomorfológicas da área de estudo



Bezerra (2013) identificou quatro unidades de variação no âmbito da amplitude do seu interflúvio da bacia hidrográfica do Abiaí-Papocas sendo estas entre 750 - 1000; 1000 - 1250; 1250 - 1500 e > 5000, dentro deste contexto a área analisada encontra-se em uma região com amplitude do interflúvio entre 750 e 1000.

Analisando a amplitude altimétrica da bacia do Abiaí-Papocas a menor altitude identificada foi a do nível do mar na desembocadura dos rios Abiaí-Papocas e a maior altitude a de 170m, a noroeste da bacia hidrográfica. Segundo Crepani et al. (2001), quanto maior a amplitude altimétrica maior é a energia potencial, logo a água apresentará maior energia cinética no seu percurso e, conseqüentemente, maior capacidade de erosão. Quando trazemos a análise para a área de estudo encontramos na cava de cima (Cava 235) uma altitude mínima de 12 metros e uma máxima de 33 metros. Para cava de baixo (Cava 236) verifica-se uma cota mínima de 09 metros e máxima de 31 metros de altitude, estes dados são ilustrados através dos mapas planialtimétricos das Figuras 20 e 21 para suas respectivas cavas, com curvas de nível cotadas de 1 em 1 metro. Os mapas hipsométricos das Figuras 22 e 23

apresentam as mesmas informações de forma que a variação da altitude é ilustrada com variação de cores, deixando ainda mais claro as características do relevo da área estudada.

Figura 20: Mapa planialtimétrico a apresentado as curvas de nível equidistantes 1 metro para a Cava 235

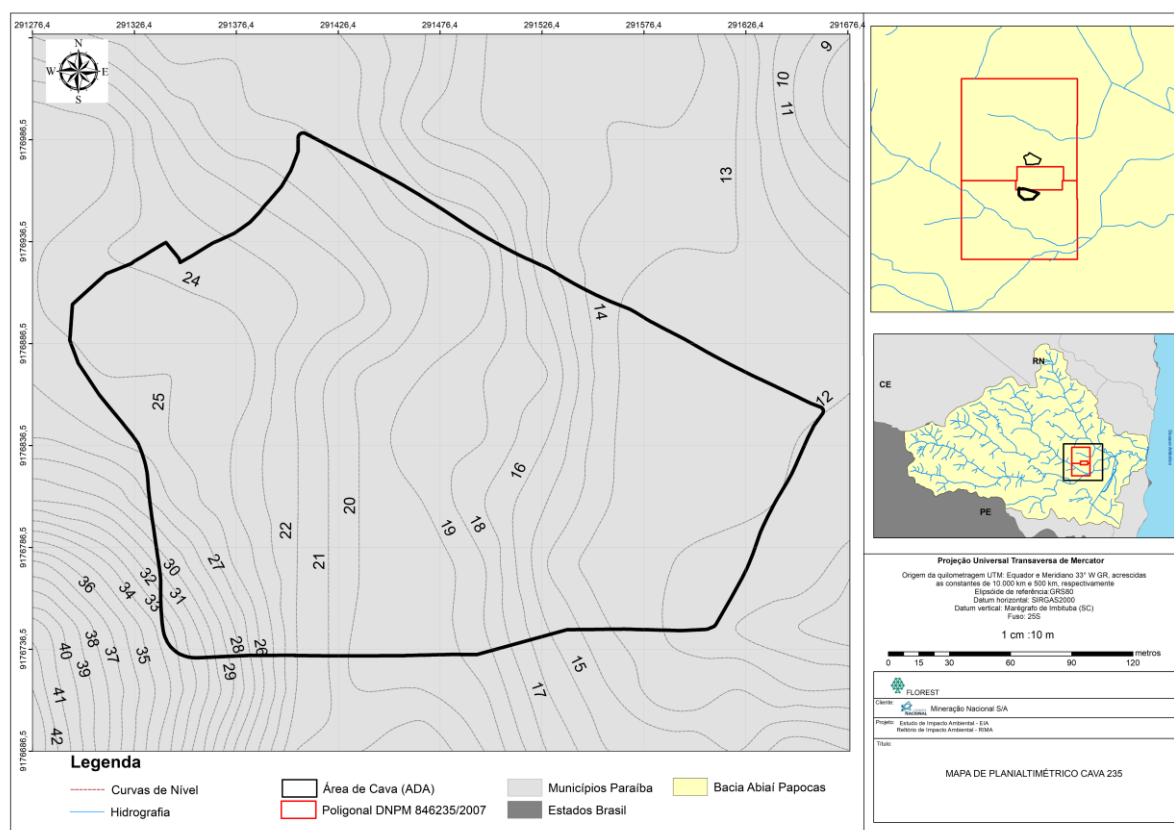




Figura 21 - Mapa planialtimétrico a apresentado as curvas de nível equidistantes 1 metro para a Cava 236

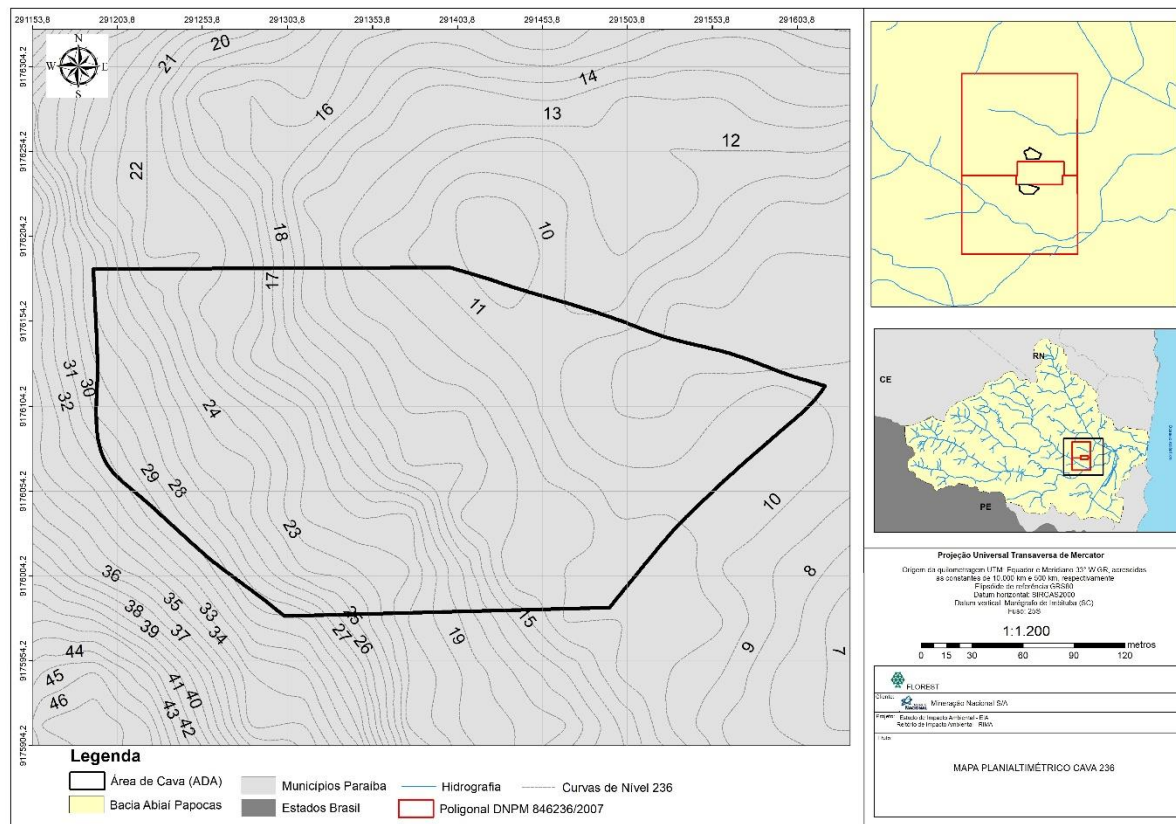


Figura 22 - Mapa hipsométrico para a cava 235

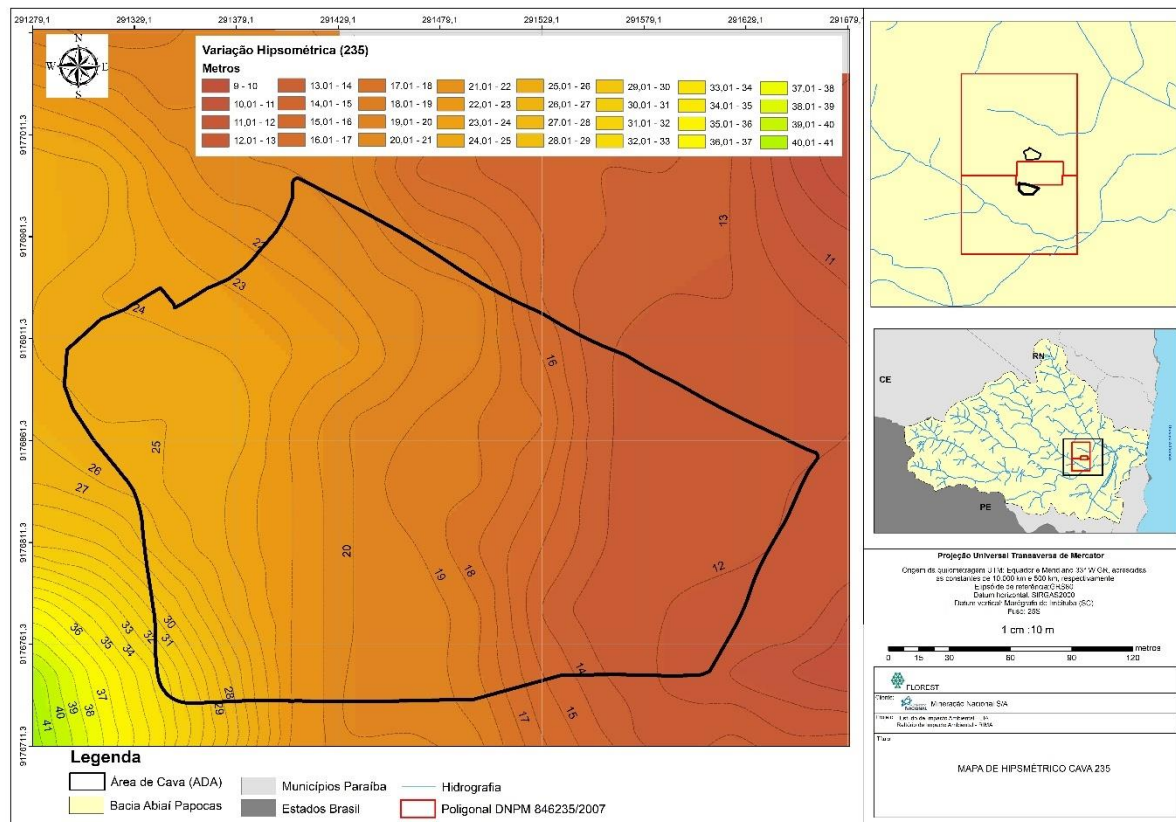
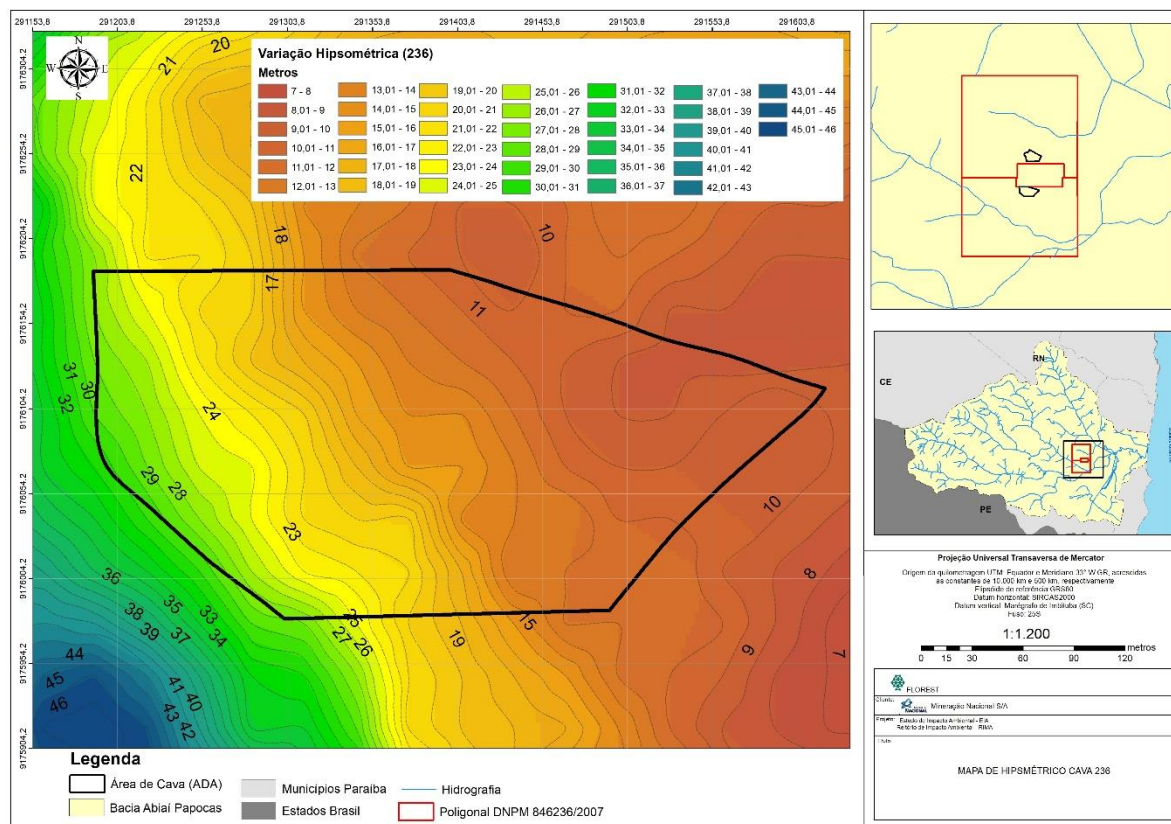


Figura 23 - Mapa hipsométrico para a cava 236



Com relação à declividade encontrada nas áreas de estudo contemplando as áreas cavas foi possível identificar três classes, sendo estas 0 a 5 classificado como relevo plano; de 5 a 12 relevo suave ondulado e 12 a 30 relevo ondulado, as classes de declividade seguiram o termo de referência para o estudo elaborado pela SUDEMA. A Tabela 5, apresenta os valores e a predominância de cada faixa de declividades para a cava 235 ao norte e cava 236 ao sul. As Figuras 24 e 25 apresentam os mapas de declividade para as respectivas cavas.



Tabela 5: Declividades encontradas na área analisada, classificação, área em hectares inseridas nos polígonos e percentual correspondente.

Declividade (%)	CAVA 235		CAVA 236	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
0 – 5	3,04	49,8	2,42	37,2
5 – 12	2,62	43,0	3,12	48,0
12 – 30	0,44	7,2	1,01	15,5
30 – 47	0,00	0,0	0,00	0,0
47 -100	0,00	0,0	0,00	0,0
<100	0,00	0,0	0,00	0,0
Total	6,1	100,0	6,5	100,0

Percebemos analisando a tabela que a classe de declividade que predomina dentro da cava 235 é de 0 a 5% com um total de 3,04 hectares equivalente a 49,8% de toda a área; em seguida temos a classe de 5 a 12% com uma área de 2,62 hectares e 43,0%, por último temos a classe de 12 a 30% ocupando 7,2% da área com 0,44 hectares.

Para a cava 236 a classe predominante foi de 5 a 12% presente em 48% do inteiro da cava com uma total de 3,12 hectares, em seguida a classe 0 a 5% com 2,42 hectares (37,2%) e por último a classe 12 a 30 com 1,01 hectares (15,5%).



Figura 24: Mapa de declividade para a cava 235

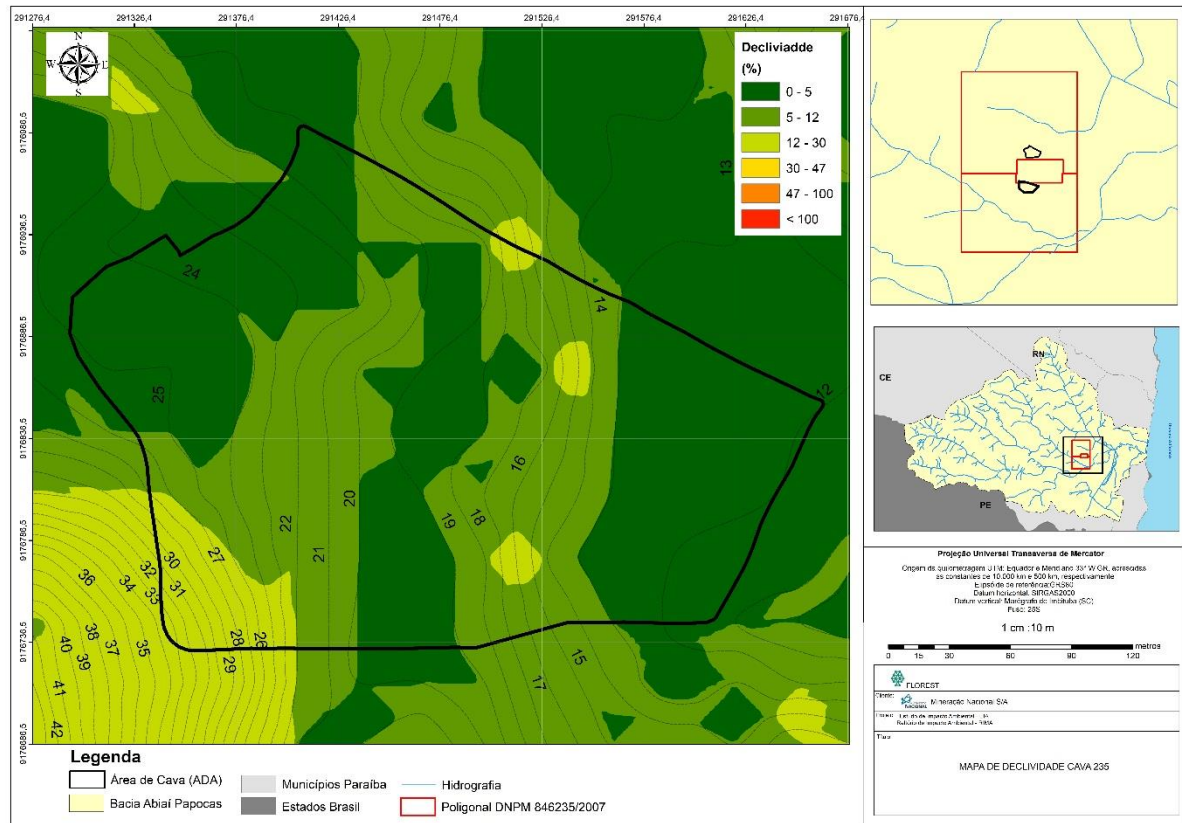
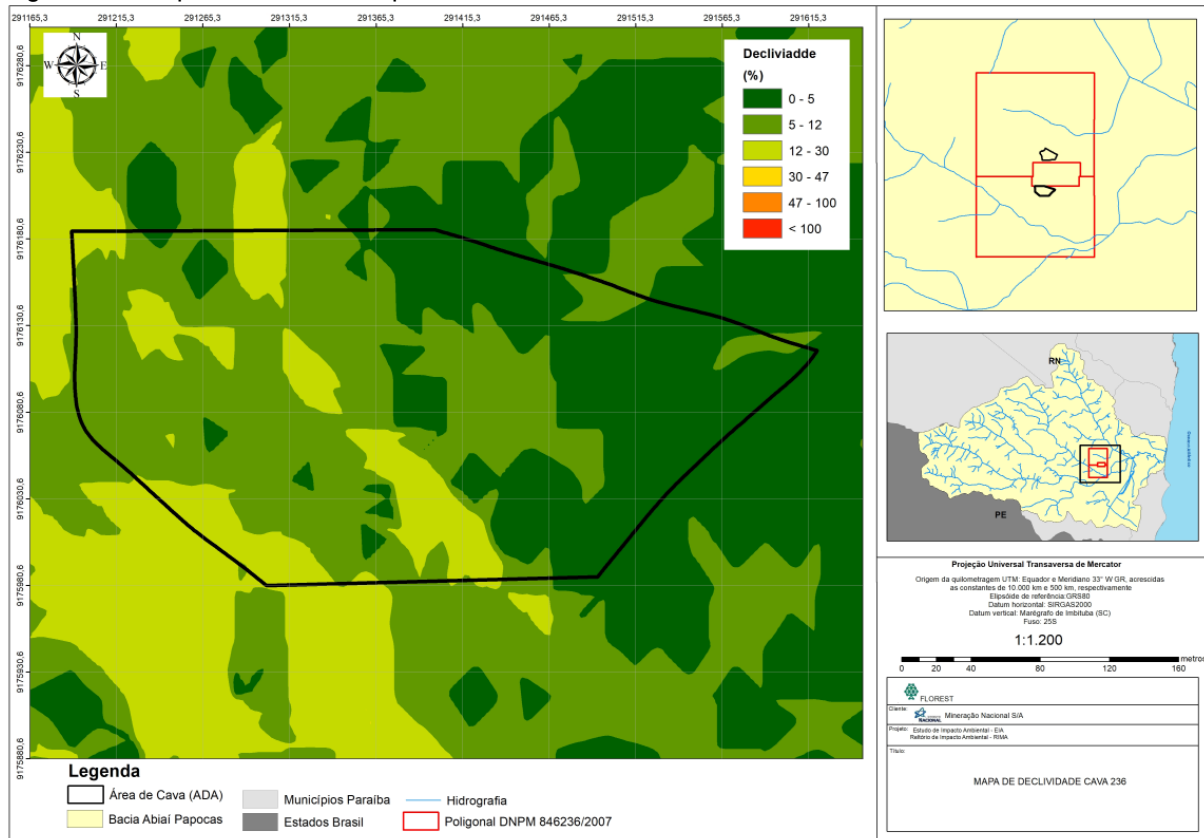
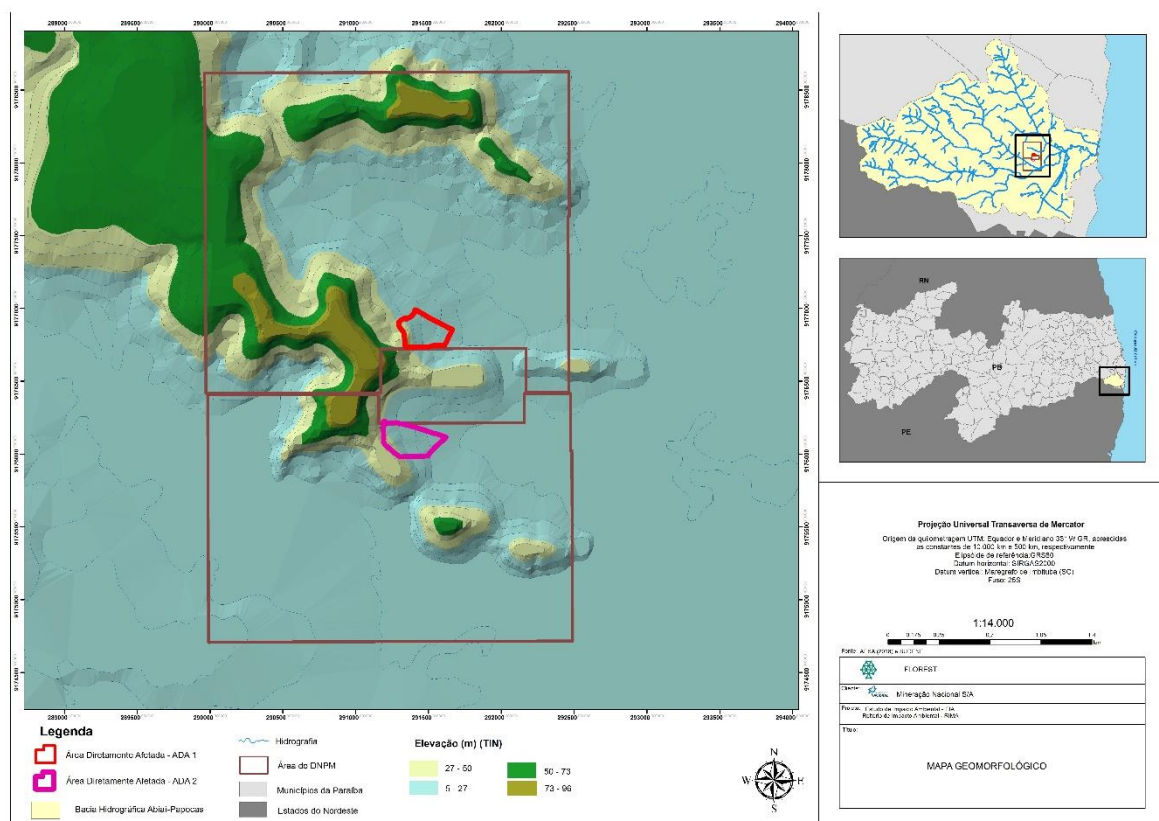


Figura 25 - Mapa de declividade para a cava 236



A combinação dos elementos apresentado embasa a carta do relevo apresentada (Figura 26), é possível observar os compartimentos morfogenéticos onde se destacam as formas cujos processos de dissecção são evidenciados pelo relevo em sua maioria suave e suave ondulado.

Figura 26: Mapa da dissecção do relevo para as áreas de cava 235 e 236



Os registros fotográficos apresentados a seguir nas Figuras 27 e 28 nos mostra uma visão a despeito das características geomorfológicas encontradas na área de estudo.

Figura 27: Características dos relevos presentes na região



Coordenadas: 294723.53 m E, 9179108.84 m S; Elv. 9m; sentido do registro 100 E.

Percebemos pela análise da Figura 26, que ao fundo em 1, temos um relevo que se caracteriza por ser do tipo suave ondulado. Em 2 percebemos um relevo um pouco mais declivoso enquadrado no tipo ondulado. Em 3 temos o vale da depressão do Abiai, que se apresenta com uma vasta área plana. Outra característica muito marcante na região.

Figura 28: Tabuleiros cortados por vales



Coordenadas: 291927.24 m E; 9175659.75 m S; Elv. 15m

Na Figura 28 podemos observar os tabuleiros (1) mais ao fundo “rasgados” pelos vales (2), repetindo a paisagem tabuleiro-vale-tabuleiro, tal formação se apresenta com os topos planos e vertentes elaboradas partir do escoamento superficial, apresentando um comportamento semelhante a um teclado de piano.

3 CLIMATOLOGIA

O clima é o conjunto de variações na atmosfera em um determinado local ou região. Nesse sentido, o clima pode ser compreendido a partir de seus fatores e elementos, termos que, aparentemente semelhantes, referem-se a questões totalmente diferentes. Os elementos climáticos são as grandezas atmosféricas que podem ser medidas ou instantaneamente mensuradas. Os fatores climáticos são as condições que determinam ou interferem nos elementos climáticos e os climas deles resultantes (PENA, 2017). Do ponto de vista taxonômico, o clima regional define-se através dos sistemas de circulação atmosférica, associados aos macro elementos da paisagem geográfica (PROMINA, 2014).

O estudo do clima aqui apresentado consiste na composição dos elementos atmosféricos e suas interações entre si e nos fatores ambientais, grande parte dos elementos foram extraídos do Instituto nacional de Meteorologia – INMET, alguns dados foram obtidos de estações pluviométricas existentes em empreendimentos próximos a área de estudo.

Conforme Sales e Ramos (2000), em todo o nordeste brasileiro e no território paraibano, as variações de temperatura do ar dependem mais de condições topográficas locais do que daquelas decorrentes de variações latitudinais. Os principais mecanismos causadores de chuvas são os Sistemas Frontais, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios (MOLION, 1985).

A dinâmica da atmosfera se processa em diferentes escalas de espaço e de tempo, em função da ocorrência de fenômenos que operam em escala global, tais como as grandes células de circulação meridional, El Niño/La Niña e Oscilação Sul (ENOS), Dipolo do Atlântico; e em fenômenos que se processam regionalmente, como no caso das massas de ar e dos sistemas atmosféricos secundários que são capazes de alterar o funcionamento habitual da circulação geral da atmosfera (VAREJÃO-SILVA, 2006; ARAGÃO, 1998; FRANÇA et al., 2000).

O Estado da Paraíba é caracterizado por dois regimes de chuvas, um de fevereiro a maio, nas regiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri/Curimataú; e o outro de abril a julho, no Agreste, Brejo e Litoral (BRAGA E SILVA, 1990).

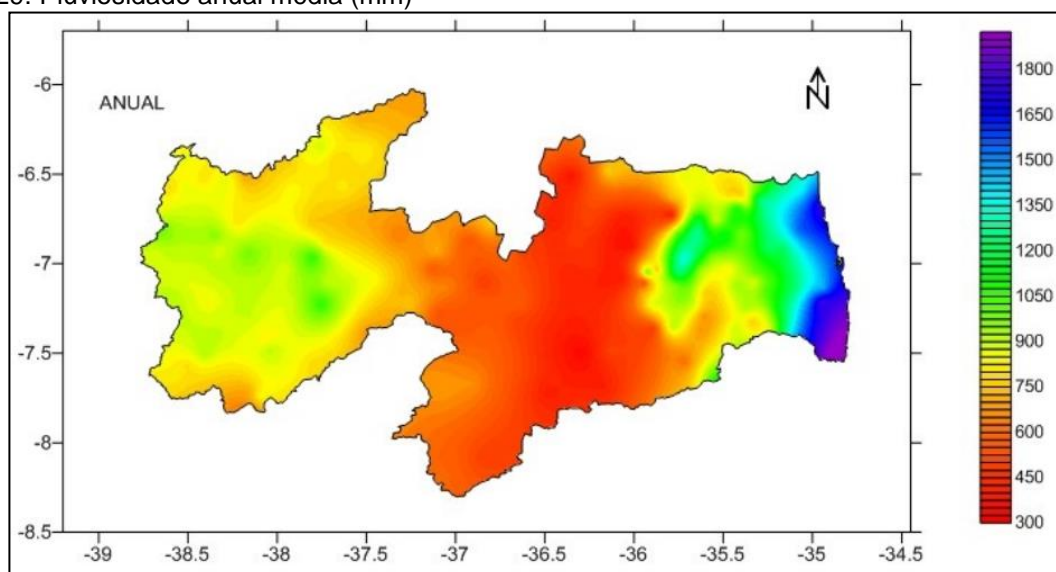
Kousky (1979), afirma que a frente fria é outro importante sistema causador de chuvas na Paraíba, estas são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, formando nuvens convectivas e estratiformes e, conseqüentemente, as chuvas.

O clima da região litorânea do estado paraibano, sofre forte influência da maritimidade em função da proximidade do oceano Atlântico e suas massas de ar características, como também pela ação da Zona de Convergência Intertropical, que dão feição a um clima peculiar para essa porção da região nordeste. Este sistema provoca chuvas principalmente na Zona da Mata, sua trajetória normalmente é de leste para oeste (KOUSKY & GAN, 1981).

Segundo Araújo et al. (2003), a Paraíba é o estado do Nordeste que apresenta uma das maiores variabilidades espacial nas chuvas. A Figura 29 apresenta o mapa da espacialização da pluviosidade média anual do estado identificando em gradientes de cores sua variação.



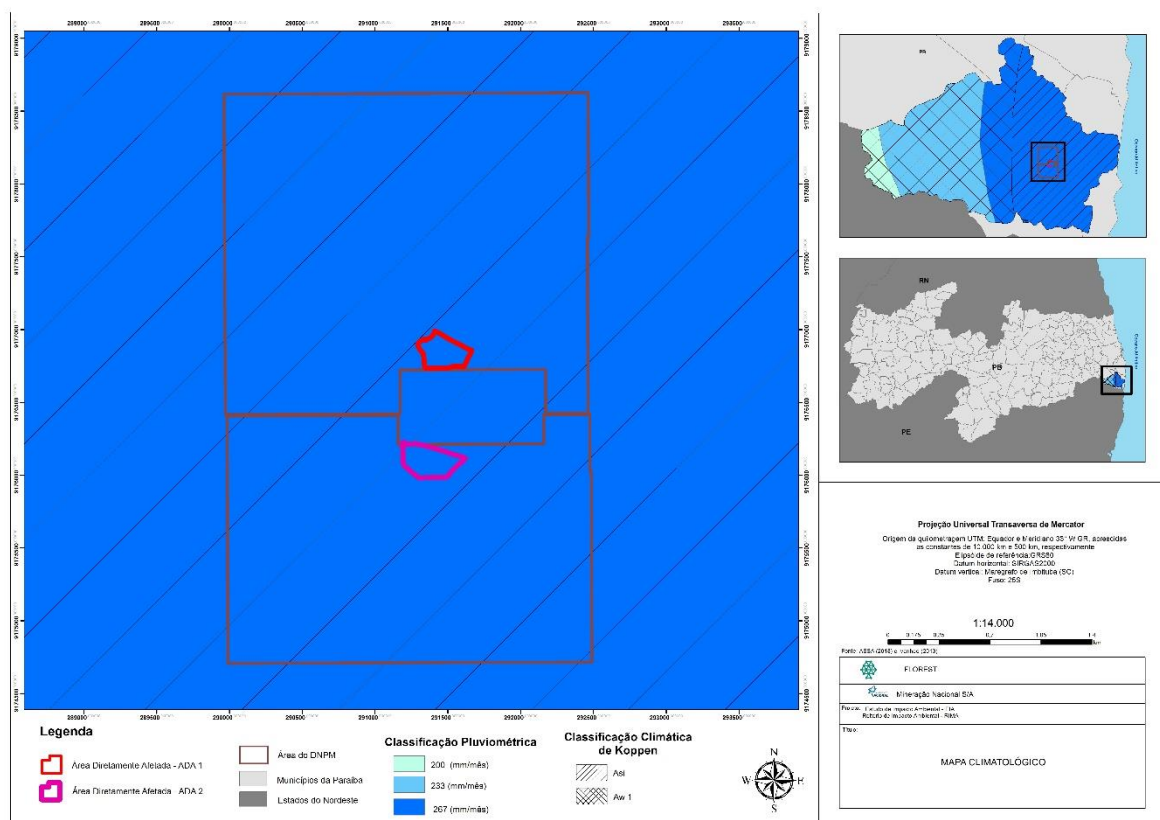
Figura 29: Pluviosidade anual média (mm)



Fonte: Francisco (2017).

Fazendo uma análise da climatologia a partir das classificações climáticas de Köppen a região é definida como Asi, clima tropical úmido apresentando verão seco, sendo a variação da temperatura média mensal do ar ao longo do ano praticamente desprezível (SILVA-VAREJÃO, 1984). Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2009), a região é definida pela formação de um clima úmido e quente litorâneo, que se diferencia dos climas mais secos característicos para o restante da região. A Figura 30 apresenta o mapa climatológico da região estudada.

Figura 30: Mapa Climatológico



Bezerra (2013) apresentou que a intensidade pluviométrica da bacia do Abiaí-Papocas varia entre 200 a 267 mm/mês. A Tabela 6 exhibe as precipitações mensais observadas na estação pluviométrica de domínio da AgroIndustrial Tabu, localizada no município de Caaporã.



Tabela 6: Dados pluviométricos da estação localizada na usina Tabu - Caaporã/PB para os anos de 2007 a 2017

Mês Ano	jan	fev	mar	abr	Mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
2007	71,9	252,4	135,4	275,1	275,8	497,6	166,2	203,9	107,2	43,5	27,9	25,7	2082,6
2008	94,9	13,5	207,0	281,0	353,1	352,2	207,1	296,5	64,2	59,3	9,5	36,7	1975,0
2009	108,0	249,4	123,8	365,1	435,7	298,2	453,9	271,8	66,1	5,4	53,4	36,7	2467,5
2010	138,7	96,2	100,1	200,9	115,6	291,6	196,1	149,4	54,6	32,3	5,9	34,9	1416,3
2011	212,3	170,3	89,5	403,0	506,0	301,3	643,2	203,2	42,3	28,2	28,4	28,0	2655,7
2012	200,2	127,4	32,3	19,1	144,0	407,0	247,7	58,2	14,4	30,9	1,2	14,3	1296,7
2013	54,0	90,9	61,4	255,9	167,8	433,4	392,1	213,6	171,5	59,5	58,3	35,6	1994,0
2014	103,2	122,9	145,1	98,4	241,1	274,3	196,3	122,5	224,9	89,9	22,1	42,1	1682,8
2015	51,9	85,7	286,3	67,4	116,4	317,8	333,7	80,4	23,0	8,9	2,0	170,2	1543,7
2016	127,0	101,4	248,6	330,4	431,7	203,8	63,1	32,1	46,3	12,2	7,6	117,2	1721,4
2017	31,6	46,2	163,9	263,7	411,0	279,6	370,7	88,6	99,2	51,3	12,4	11,1	1829,3
Média	108,5	123,3	144,9	232,7	290,7	332,4	297,3	156,4	83,1	38,3	20,8	50,2	1878,6

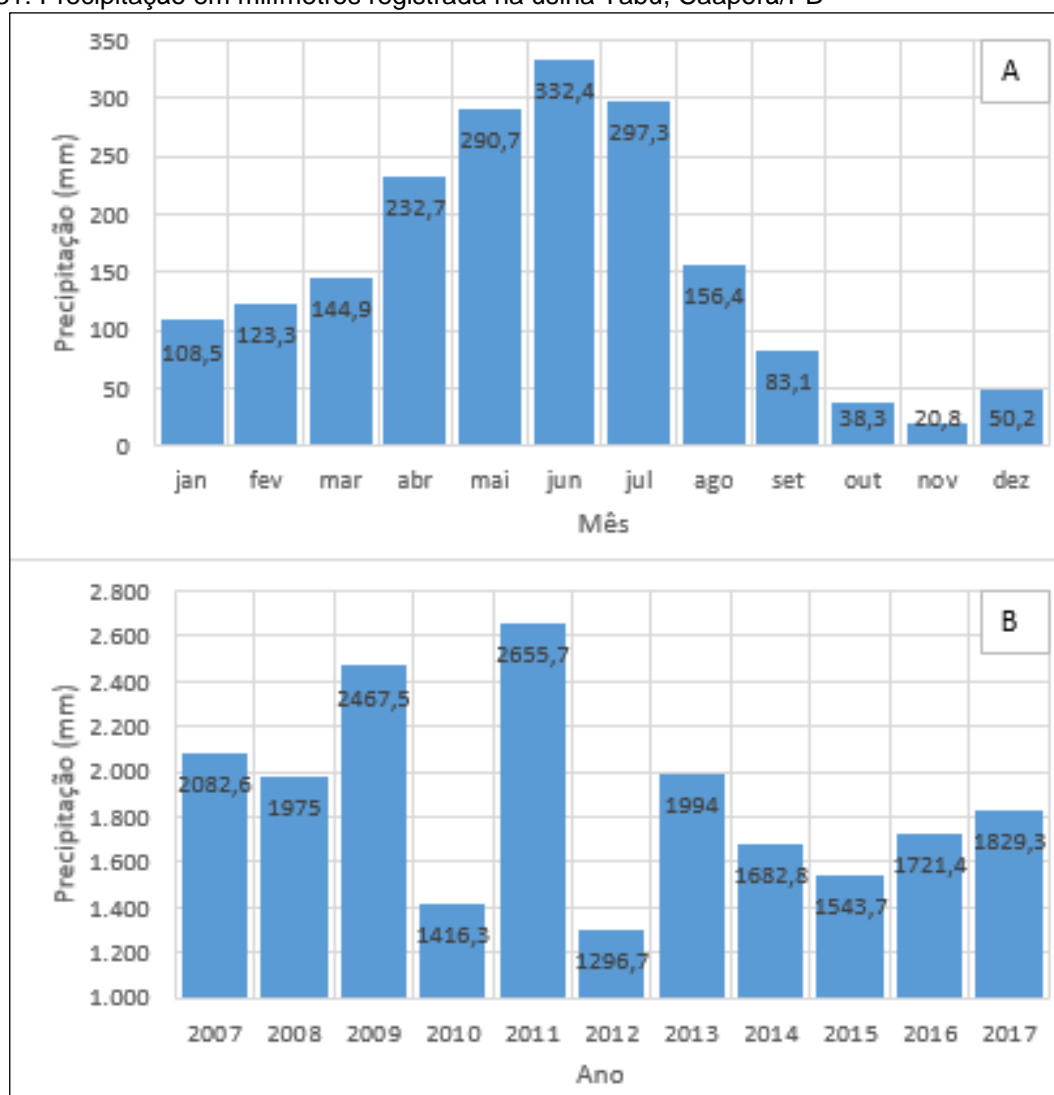
Fazendo uma análise das precipitações, pode-se destacar que dentro do período de 11 anos a maior precipitação registrada foi de 506 mm, no mês de maio do ano de 2011, em contrapartida o menor registro de chuva foi em novembro de 2012.

Observando o gráfico (A) da Figura 31 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, apresenta a média mensal das chuvas ao longo do ano, podemos destacar que o período de abril a julho é onde ocorrem os maiores índices de precipitação, estando estes acima de 200 mm/mês. Por outro lado, de outubro a dezembro é onde são evidenciados os menores volumes de chuva.

Lançando-se sob um olhar dos anos ao longo da série histórica, identifica-se que do período ano de 2009 a 2012 foi onde ocorreu a maior variabilidade de precipitação, intercalando-se entre um ano bastante chuvoso e um pouco chuvoso. O ano de 2011 foi o que apresentou o maior índice pluviométrico, registrando um acumulado de 2.655,7 mm e o ano de 2012 o menos com 1.296,7 mm, como é possível visualizar no gráfico (B) da Figura 31.



Figura 31: Precipitação em milímetros registrada na usina Tabu, Caaporã/PB



Em virtude da ausência de estações meteorológica no município estudados foram coletados dados do município mais próximo neste caso João Pessoa, disponíveis no banco de dados administrada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INME. Assim, foi possível analisar a direção predominante dos ventos na região ao longo dos meses no período de dez anos, de 2007 a 2017, como apresentado na Tabela 7.



Tabela 7: Direção predominante do vento por mês dos anos de 2007 a 2017

Mês Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2007	SE	SE	SE	SE	SE	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE
2008	SE	SE	SE	SE	S	S	S	S	SE	SE	SE	SE
2009	SE	SE	SE	SE	SE	S	S	SE	SE	E	SE	SE
2010	E	SE	E	SE	SE	SE	S	S	SE	SE	SE	SE
2011	SE	SE	SE	SE	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
2012	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
2013	SE	SE	SE	SE	SE	SE	S	SE	SE	SE	SE	E
2014	SE	SE	E	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	SE
2015	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	E
2016	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
2017	SE	SE	SE	SE	SE	S	S	SE	SE	SE	E	E

Fonte: BDMEP - Instituto Nacional de Meteorologia

É possível identificar que ao longo de todo o ano durante os dez anos estudados, que a direção predominante dos ventos é a Sudeste – SE. Observa-se também já com menos frequência ventos de Sul – S, ocorrendo no meio do ano e ventos de Leste – E, no inicial e no final do ano. Assim podemos concluir que na região, a variação do vento está sempre entre Sul e Leste, predominado a direção Sudeste.

A Tabela 8 apresenta a distribuição da velocidade média dos ventos ao longo dos dez anos analisados.



Tabela 8: Velocidade média do vento por mês de 2007 a 2017 em metros por segundo

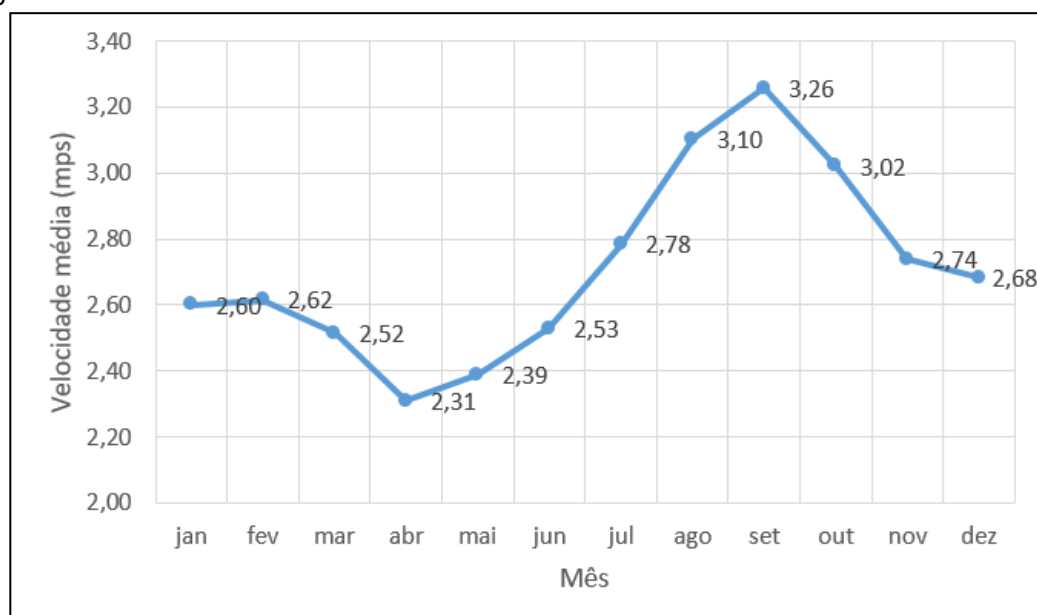
Mês Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2007	2,85	2,68	3,37	2,31*	2,39*	2,81	3,10	3,80	4,39	3,79	3,44	3,39
2008	3,23	3,11	2,36	2,24	2,49	3,21	3,70	3,56	3,97	3,81	3,12	2,65
2009	2,59	2,07	2,36	1,82	1,94	2,32	1,93	2,78	2,89	2,76	2,93	2,71
2010	2,35	2,56	2,36	2,52	2,58	2,54	3,03	3,28	3,38	2,79	2,77	2,56
2011	2,40	2,31	2,01	2,12	2,48	2,50	2,61	2,69	3,59	2,66	2,59	2,66
2012	2,31	2,86	2,81	2,77	2,62	2,59	2,76	3,32	3,20	3,16	2,41	2,64
2013	2,73	3,03	2,60	2,27	2,57	2,28	2,31	3,00	3,05	2,73	2,69	2,48
2014	2,68	2,24	2,44	2,24	2,51	2,72	3,09	3,55	3,08	3,15	2,64	2,66
2015	2,84	2,70	2,60	2,44	2,50	2,27	2,72	2,76	2,58	2,74	2,29	2,40
2016	1,98	2,49	2,32	2,40	2,22	2,23	2,58	2,66	2,45	2,64	2,68	2,59
2017	2,64	2,73	2,44	2,27	1,98	2,36	2,78	2,74	3,26	2,99	2,58	2,79
Média	2,60	2,62	2,52	2,31	2,39	2,53	2,78	3,10	3,26	3,02	2,74	2,68

* Valores inexistentes no banco de dados; preenchidos pela média do mês na série de 2007 a 2017.

Fonte: BDMEP - Instituto Nacional de Meteorologia

Sob a ótica deste parâmetro podemos destacar que a maior velocidade média detectada ao longo da série histórica foi de 4,39 mps, registrada em setembro de 2007 e a menor, 1,82 mps no mês de abril de 2009. Os meses de agosto a outubro apresentam as maiores velocidades média ao longo do ano, já os meses de abril e maio as menores. O gráfico da Figura 32 ilustra a variação da velocidade média dos ventos ao longo do ano.

Figura 32: Gráfico da velocidade média do vento por mês no período de 2007 a 2017 em metros por segundo



Fonte: BDMEP - Instituto Nacional de Meteorologia



Para o parâmetro temperatura a Tabela 9, traz as médias registradas para cada mês durante o período de 2007 a 2017.

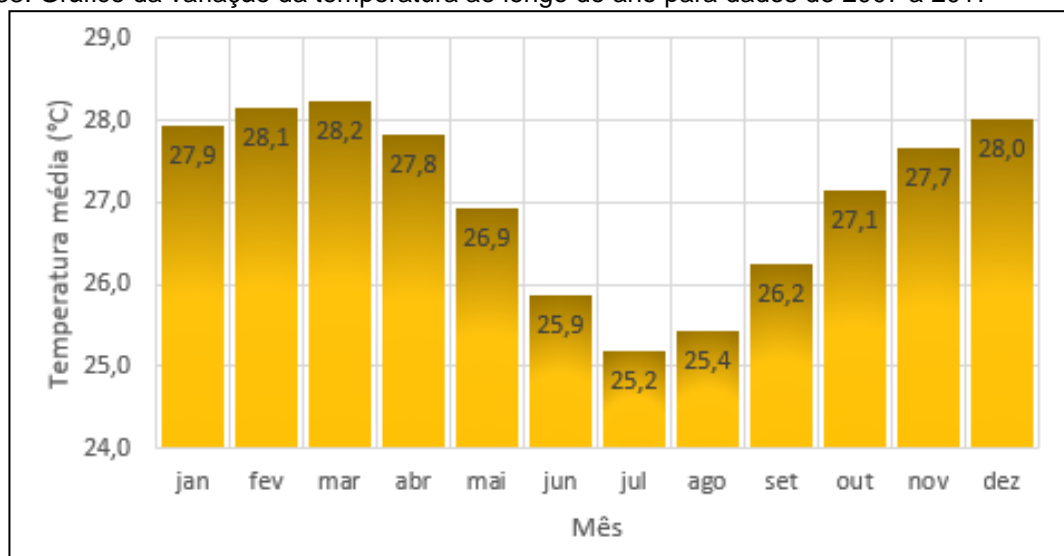
Tabela 9: Temperatura média mensal para os anos de 2007 a 2017

Mês Anos	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2007	28,4	28,2	27,9	27,7	26,7	25,4	25,3	25,1	25,7	26,6	27,1	27,7
2008	27,9	28,4	27,9	27,3	26,5	25,3	24,9	25,0	26,2	26,9	27,6	27,8
2009	28,0	27,6	28,2	27,4	26,4	25,8	25,0	25,8	26,6	27,3	27,5	27,8
2010	27,7	28,4	28,9	28,6	27,9	26,3	25,5	24,7	25,9	27,5	28,0	28,1
2011	27,8	28,3	28,6	27,2	26,5	25,9	25,0	25,4	26,3	27,2	27,7	28,1
2012	27,5	27,6	28,1	27,9	27,0	25,7	25,4	25,2	26,0	26,8	27,7	28,1
2013	28,2	28,6	28,9	27,9	27,3	26,0	25,0	25,7	26,2	27,4	27,5	28,0
2014	27,7	27,7	28,1	28,2	26,7	25,8	25,3	25,4	26,0	27,1	27,6	27,8
2015	27,8	28,4	27,8	28,4	27,7	26,1	25,5	25,9	26,7	27,1	27,7	27,9
2016	28,0	28,1	28,3	28,0	26,6	26,3	25,6	25,9	26,8	27,6	28,0	28,1
2017	28,1	28,2	28,0	27,7	26,9	26,3	24,5	25,8	26,1	27,1	28,0	28,7
Média	27,9	28,1	28,2	27,8	26,9	25,9	25,2	25,4	26,2	27,1	27,7	28,0

Fonte: BDMEP - Instituto Nacional de Meteorologia

Diante dos registros históricos podemos avaliar que a maior temperatura média observada foi no mês de março dos anos de 2010 e 2013 com 28,9°C. A menor média foi no ano de 2017 no mês de julho com 24,5 °C. No gráfico apresentado na Figura 33, é possível verificar que os meses de junho a agosto apresentam temperaturas inferiores a 26°C evidenciando o período mais frio.

Figura 33: Gráfico da variação da temperatura ao longo do ano para dados de 2007 a 2017



Fonte: BDMEP - Instituto Nacional de Meteorologia



As altas temperaturas nos outros meses podem ser explicadas, em parte, pela radiação solar, que se configura em um dos mais importantes gradientes, pois nas baixas latitudes ela é mais intensa devido ao ângulo de incidência, contribuindo para o aumento e permanência da alta temperatura o ano todo. Furrier (2007) concluiu, baseando-se em dados de Neves (2003), que as amplitudes térmicas sofrem variação mínima na região, raramente ultrapassando os 3 °C de variação térmica anual. Destaca-se também que devido à grande influência da maritimidade a umidade relativa chega a atingir índices superiores a 80% durante todo ano.

3.1 Balanço Hídrico

O balanço hídrico nada mais é do que o somatório das entradas e saídas de água de um sistema. Ou seja, é o cálculo que corresponde ao equilíbrio entre entrada, reservação e saída de água do sistema (SENTELHAS & ANGELOCCI, 2012).

Segundo Ciiagro (2012), para obtenção dos valores do balanço hídrico normal se faz necessário compreender as variáveis de evapotranspiração potencial (máxima capacidade de água capaz de ser perdida como vapor, em uma dada condição climática, por um meio contínuo de vegetação, que cobre toda a superfície do solo estando este na capacidade de campo ou acima desta. Desta maneira, inclui a evaporação do solo e transpiração de uma vegetação de uma região específica em um dado intervalo de tempo), e evapotranspiração real (processo de transferência de vapor onde o solo não está totalmente coberto e nem na capacidade de campo e ocorre nas condições atuais dos parâmetros meteorológicos, assim sendo, além dos fatores meteorológicos que condicionam a evapotranspiração tais como: radiação solar, vento, temperatura do ar, déficit de pressão de vapor, ela é grandemente afetada pelo tipo de cultura, porcentagem de cobertura do solo e disponibilidade de água no solo).

O saldo do cálculo do balanço hídrico normal (envolvendo a precipitação os dois tipos diferentes de evapotranspiração) pode ser positivo ou negativo, de maneira que, quando seus valores são negativos o sistema hidrológico sofre um processo de

perda de material, denominado de retirada ou deficiência hídrica (dependendo da quantidade de água que saiu do sistema).

Por outro lado, sendo o input de matéria superior à saída de água, dá-se o nome de excedente hídrico (ou reposição, nos casos em que a perda de água no período anterior correspondeu à deficiência hídrica). Estes valores de deficiência e excedente são, a rigor, parâmetros essenciais para consideração da oscilação do nível hidrostático e, portanto, da disponibilidade hídrica para servir a suas numerosas finalidades, dentre as quais se destaca o abastecimento, a irrigação, manutenção das atividades pecuárias, e a utilização das barragens de rejeitos, cuja possibilidade também está sujeita à variação sazonal do balanço hídrico.

Além desses aspectos, é fundamental notar a relevância que o cálculo do balanço hídrico possui sobre o ganho e a perda de água da atmosfera para a superfície, a saturação ou a secagem dos solos, e a ativação ou a desativação de diversos processos geomorfológicos.

Para o cálculo do balanço hídrico, utilizou-se aqui, dados climatológicos amostrais da estação meteorológica de Alhandra, administrada pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, com série histórica de 1911 a 1990, compreendendo um período de 79 anos.

Foi calculado também, o balanço hídrico com os dados climatológicos amostrais da estação meteorológica de João Pessoa, monitorada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, com uma série histórica de 2007 a 2017, abrangendo um período de 10 anos.

A variação mensal dos parâmetros envolvidos no cálculo do balanço hídrico para a estação meteorológica de Alhandra, município vizinho à Caaporã, está exposta na Tabela 10.



Tabela 10: Parâmetros utilizados no cálculo do balanço hídrico estação meteorológica de Alhandra de 1911 a 1900.

Mês	T	P	ETP	ARM	ETR	DEF	EXC
	°C	mm		mm	mm	mm	mm
jan	26,3	70	137	3	73,0	64,0	0,0
fev	26,3	108	127	3	109,0	19,0	0,0
mar	26,2	199	137	65	137,0	0,0	0,0
abr	25,7	230	122	100	123,0	0,0	72,0
mai	24,9	286	112	100	112,0	0,0	174,0
jun	23,9	296	94	100	94,0	0,0	202,0
jul	23,2	273	88	100	88,0	0,0	185,0
ago	23,4	149	91	100	91,0	0,0	58,0
set	24,2	75	100	78	97,0	3,0	0,0
out	25,1	38	118	35	81,0	37,0	0,0
nov	25,7	41	126	15	61,0	65,0	0,0
dez	26,2	50	140	6	59,0	81,0	0,0
Total	-	1815	1392	705	1125	269	691
Média	25,1	151,3	116,0	58,8	93,8	22,4	57,6

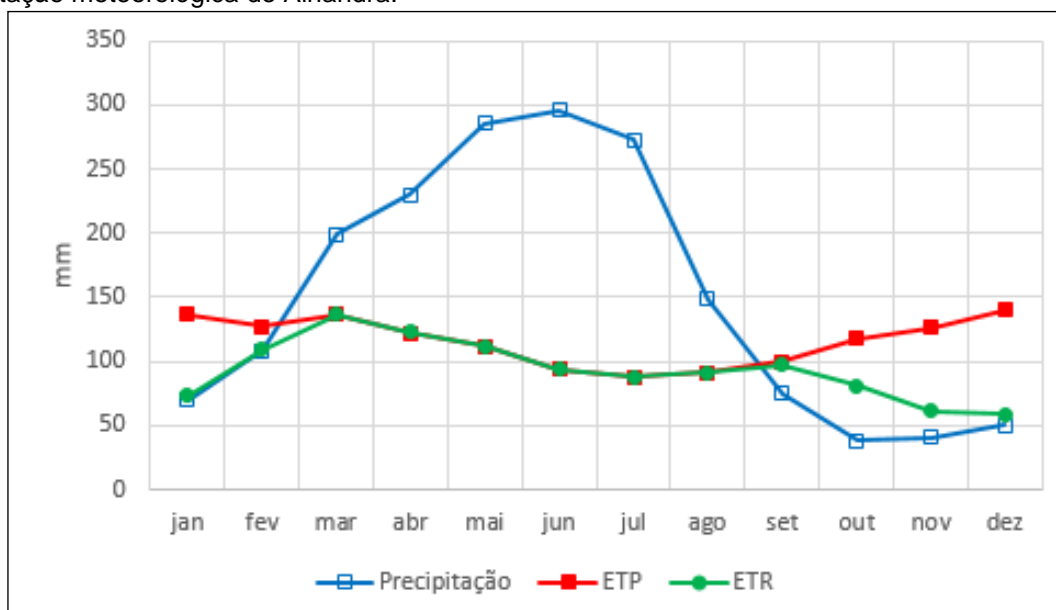
Onde: T = Temperatura, P = Pressão, ETP = Evapotranspiração potencial, ARM = Armazenamento de Água no Solo, ETR = Evapotranspiração potencial real, DEF = Deficiência hídrica, EXC = Excedente hídrico.

Para os dados apresentados, temos que a precipitação total anual é de 1.816 mm/ano. Contudo, este total distribui-se de maneira irregular sazonalmente, com concentração de chuvas entre os meses de março e agosto, tendo um período de estiagem entre setembro a abril. Sabendo-se que as temperaturas tendem a pequena variação ao longo do ano tendo média de 25°C, a sazonalidade bem definida dos períodos chuvoso e seco é o elemento que melhor indica as distribuições do balanço hídrico normal.

A variação ao longo do ano da precipitação em relação à evapotranspiração potencial e real, e as ocorrências das etapas de excedente hídrico, e deficiência respectivamente, estão ilustrados nos gráficos das Figura 34 e Figura 35.



Figura 34: Variação mensal da precipitação e evapotranspiração (potencial e real) entre 1911 e 1990 na estação meteorológica de Alhandra.



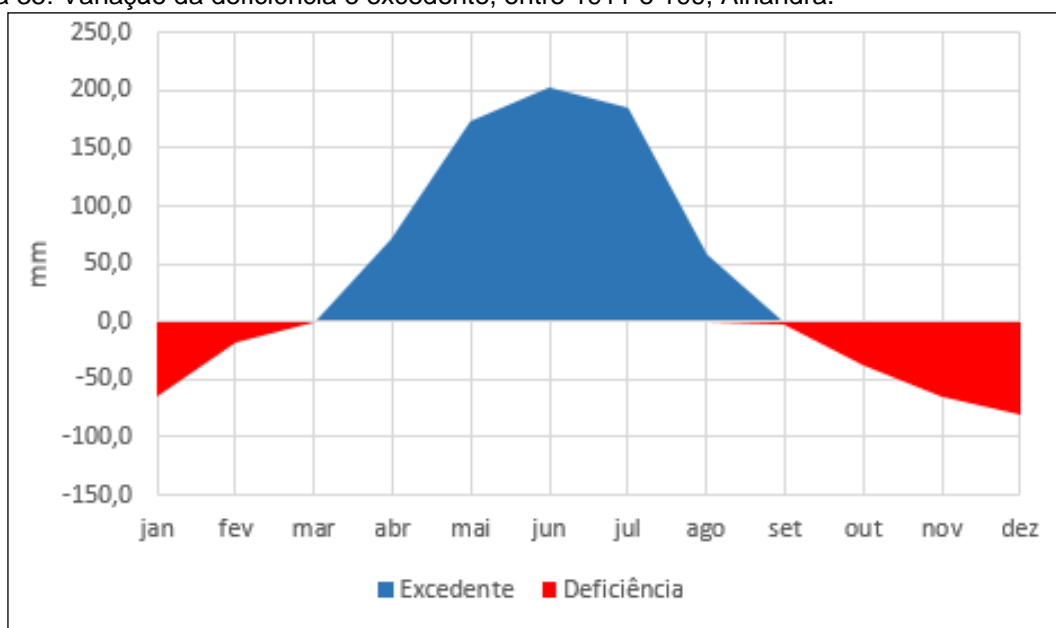
Observa-se uma variação da evapotranspiração potencial ao longo do ano, este fato está diretamente relacionado ao papel executado pela temperatura na expansão atmosférica e capacidade de reserva hídrica.

A diferença entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial, representa os momentos de deficiência hídrica sofrida pelo sistema

Esta etapa de redução da quantidade da água denota o rebaixamento do nível hidrosférico, com a diminuição efetiva da água dos leitos dos rios e das planícies de inundação e perda de umidade do solo.



Figura 35: Variação da deficiência e excedente, entre 1911 e 199, Alhandra.



Analisando o gráfico acima, temos que apesar da região apresentar valores de acumulados anuais de precipitação relativamente altos, a sazonalidade das chuvas e as elevadas médias térmicas resultam no predomínio de perda hídrica em seis meses ao longo do ano na região.

É possível destacar também que a partir de setembro até o retorno das precipitações frequentes (abril) ocorre uma oscilação crítica, passando por momentos de perda hídrica intensa, com rebaixamento dos níveis freáticos, e por etapa de reposição dos reservatórios superficiais.

Com relação aos períodos de excedente hídrico, este apresenta pico em junho, com 200 mm. Logicamente, este pico de excedente hídrico também está relacionado aos acúmulos hídricos dos meses anteriores (abril e maio) após ter sido realizada toda sua reposição.

A Tabela 11 apresenta a variação mensal dos parâmetros envolvidos no cálculo do balanço hídrico para a estação meteorológica de João Pessoa.



Tabela 11: Parâmetros utilizados no cálculo do balanço hídrico estação meteorológica de João Pessoa 2007 a 2017

Mês	T	P	ETP	ARM	ETR	DEF	EXC
	°C	mm		mm	mm	mm	mm
jan	27,9	96,6	172,4	17,8	97,3	75,1	0,0
fev	28,1	110,0	158,6	20,5	110,2	48,3	0,0
mar	28,2	150,8	174,5	17,5	150,9	23,7	0,0
abr	27,8	258,5	158,0	100,0	158,0	0,0	0,8
mai	26,9	299,7	144,7	100,0	144,7	0,0	155,0
jun	25,9	363,1	119,4	100,0	119,4	0,0	243,7
jul	25,2	300,1	112,9	100,0	112,9	0,0	187,2
ago	25,4	156,1	118,0	100,0	118,0	0,0	38,1
set	26,2	101,8	128,4	27,7	125,1	3,2	0,0
out	27,1	28,6	154,5	21,3	83,5	71,0	0,0
nov	27,7	19,5	159,8	20,2	35,9	123,8	0,0
dez	28,0	31,9	174,7	17,4	36,0	138,7	0,0
Total	-	1916,6	1775,8	642,5	1291,8	484,0	624,8
Média	27,1	159,7	148,0	53,5	107,6	40,3	52,1

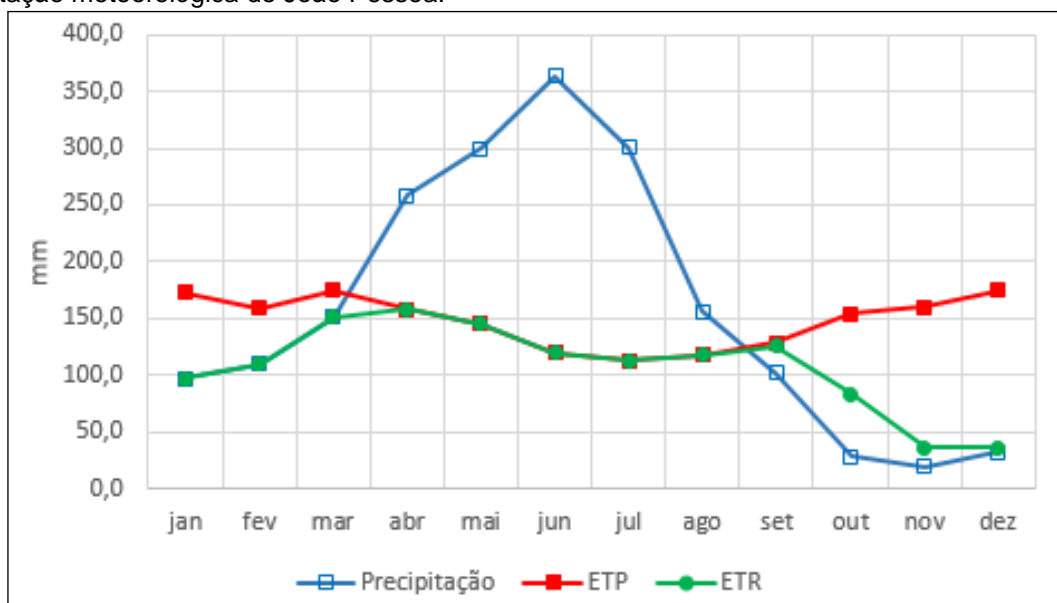
Onde: T = Temperatura, P = Pressão, ETP = Evapotranspiração potencial, ARM = Armazenamento de Água no Solo, ETR = Evapotranspiração potencial real, DEF = Deficiência hídrica, EXC = Excedente hídrico.

Analisando os parâmetros da estação de João Pessoa, vemos uma característica muito semelhante quando comparado com a estação de Alhandra, por mais municípios vizinhos, os dois estão em uma mesma região climatológica apresentando assim pequenas variações entre seus parâmetros.

A precipitação total da estação de João Pessoa é de 1.916,6 mm/ano, com temperatura média de 27°C, este um pouco maior se comparado a da estação de Alhandra. A Figura 36 e Figura 37 apresentam a variação ao longo do ano da precipitação em relação à evapotranspiração potencial e real, e as ocorrências das etapas de excedente hídrico, e deficiência respectivamente para esta estação climatológica.

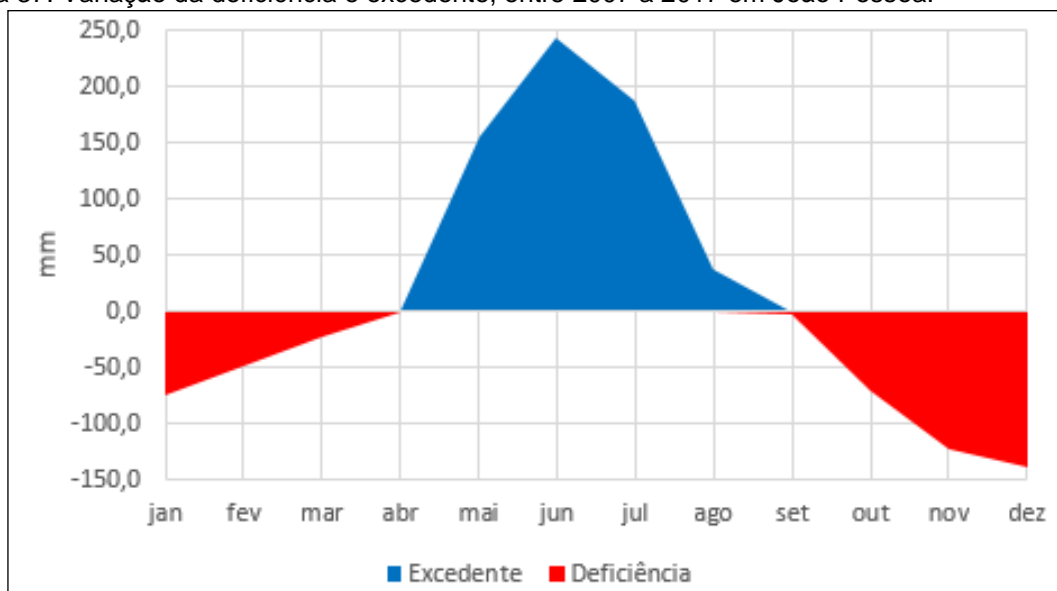


Figura 36: Variação mensal da precipitação e evapotranspiração (potencial e real) entre 2007 e 2017 na estação meteorológica de João Pessoa.



Quando comparamos a diferença entre a evapotranspiração (potencial e real) vemos uma variação maior entre esses dois parâmetros quando comparado aos dados da estação de Alhandra, além de valores um pouco mais elevados nos índices pluviométricos.

Figura 37: Variação da deficiência e excedente, entre 2007 a 2017 em João Pessoa.



No que diz respeito aos períodos de excedente e deficiência hídrica, assim como em Alhandra, João Pessoa apresenta as mesmas características. Porém, essa se diferencia por apresentar uma deficiência um pouco maior nos períodos de fim de



ano no caso de João Pessoa. Em contra partida o período de excedente possui um pico maior por influência das precipitações mais elevadas na capital.

4 RECURSOS HÍDRICOS

4.1 Características Físicas E Uso Das Águas Da Bacia Hidrográfica

No que concerne aos recursos hídricos, as novas áreas de lavras objeto do licenciamento, estão localizadas dentro do limite da bacia hidrográfica do Rio Abiaí (Figura 40). Segundo a Agência Estadual das Águas do estado da Paraíba a bacia hidrográfica do rio Abiaí localiza-se no litoral sul do Estado da Paraíba, na fronteira com o Estado de Pernambuco, entre as latitudes 7°10' e 7°30' Sul e entre as longitudes 34°48' e 35°06' Oeste, tendo uma área de 585,51 km² e um perímetro de 110,5 km, a população foi estimada em 51.857 habitantes correspondendo a uma densidade demográfica de 89 hab/km². O rio Abiaí (Figura 38), com extensão de 28,2 km, apresenta como seus principais afluentes os rios Taperubus e Cupissura e o riacho Pitanga.

Figura 38: Registro fotográfico do leito e margens do rio Abiaí



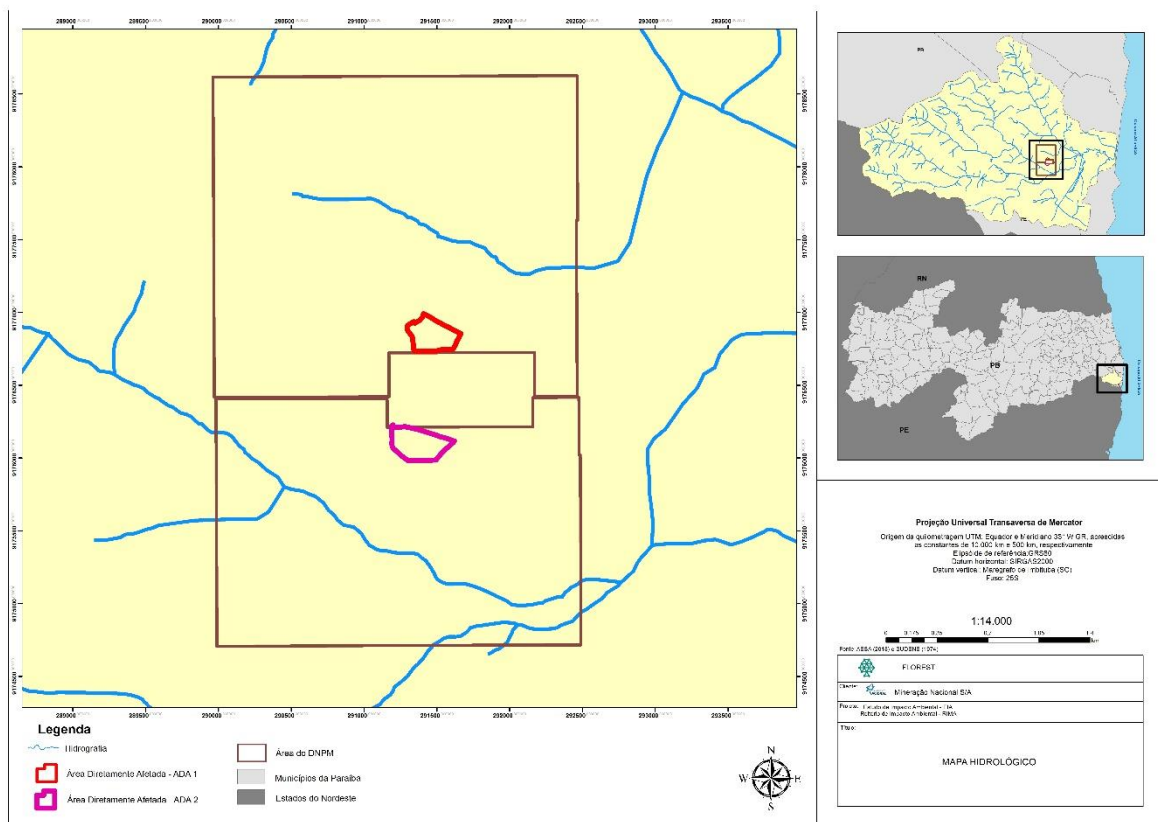
Coordenadas: 297237.86 m E; 9177790.41 m S

Na bacia hidrográfica alvo do estudo, identifica-se uma série de conflitos a respeito de degradação da própria bacia, irrigação, entre outros. Além disto, esta

Bacia tem sido estudada como uma das alternativas para a complementação do sistema de abastecimento d'água da Grande João Pessoa. O projeto de construção do Sistema Adutor Abiaí–Popocas, idealizado no governo de José Maranhão, é destinado a solucionar o problema de abastecimento de água tratada da Grande João Pessoa até 2025, evitando assim o colapso do Sistema Gramame–Mamuaba (ANA, 2015).

Mesmo sendo caracterizada como um grande potencial hídrico a bacia hidrográfica do rio Abiaí - Papocas é ainda pouco explorada quanto aos seus recursos hídricos. Esse potencial deve ser traduzido em aumento das atividades econômicas e consequente aumento da demanda, pois nessa bacia há a previsão de execução de quatro barragens para aumento do suprimento hídrico da RMJP (PIRES, 2015). O mapa da Figura 39 ilustra a localização da área de cavas e sua respectiva poligonal do ANM 234/2007 dentro da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas.

Figura 39: Localização das áreas a serem licenciadas dentro da bacia hidrográfica



Segundo Bezerra (2013), a bacia do Rio Abiaí é caracterizada por grande atividade granjeira, agropecuária, também voltadas para a produção sucroalcooleira e abastecimento humano nas áreas urbanizadas, em crescente evolução nas



margens da BR-101. A exploração granjeira é caracterizada pela presença de várias empresas avícolas, que possuem amplas áreas de pastagem e de galpões onde são criados os animais. Para estas atividades os maiores consumos dos recursos hídricos se dão pela irrigação, consumo dos animais, limpeza dos galpões e abastecimento de empregados que estão em atividade nas granjas. Na atividade de pecuária, que é caracterizada fisicamente pelas pastagens e currais, o consumo hídrico está envolvido na dessedentação animal e irrigação das áreas de pasto em épocas de estiagem (BEZERRA,2013). Nascimento (2012) por sua vez, destaca a carcinocultura como atividade que desempenha um papel importante no uso das águas da bacia, está presente em sua totalidade nas proximidades do estuário do rio Abiaí.

Com relação a evolução das atividades produtivas, para o ano de 2002, a atividade agrícola, a cultura mais importante cultivada na bacia é a da cana-de-açúcar. O valor da produção dessa cultura chegou a R\$ 34,64 milhões, seguido do coco-da-baía, que gerou com R\$ 4,05 milhões, e da banana, que gerou R\$ 1,61 milhões (AES, 2008).

As atividades ribeirinhas ainda são bastante evidentes as margens dos cursos d'água, a pesca artesanal ainda é uma atividade de subsistência e econômica para as famílias residentes na bacia. A atividade de coleta do caranguejo (gaiamum) é exercida por alguns grupos residentes, nas épocas permitidas por lei, sendo este utilizado como uma forma complementar a renda.

Junto às atividades supracitadas, existe uma intensa atividade agrícola na região, a monocultura da cana de açúcar, uma das principais do litoral paraibano, a qual objetiva principalmente a fabricação de seus insumos, que são o açúcar e o álcool. Com isso o uso da água é relacionado diretamente à irrigação das áreas de plantio. Sendo assim a atividade agrícola e a pecuária juntas compõem a maior atividade na bacia do Abiaí-Papocas (BEZERRA,2013).

Em visitas de campo é notável a grande influência antrópica na bacia, principalmente no que se refere a utilização dos recursos hídricos para agropecuária. A Figura 40 ilustra a captação de água bruta no leito do rio Abiaí.

Figura 40: Captação de água bruta por meio de bombeamento no leito do rio Abiaí e Papocas



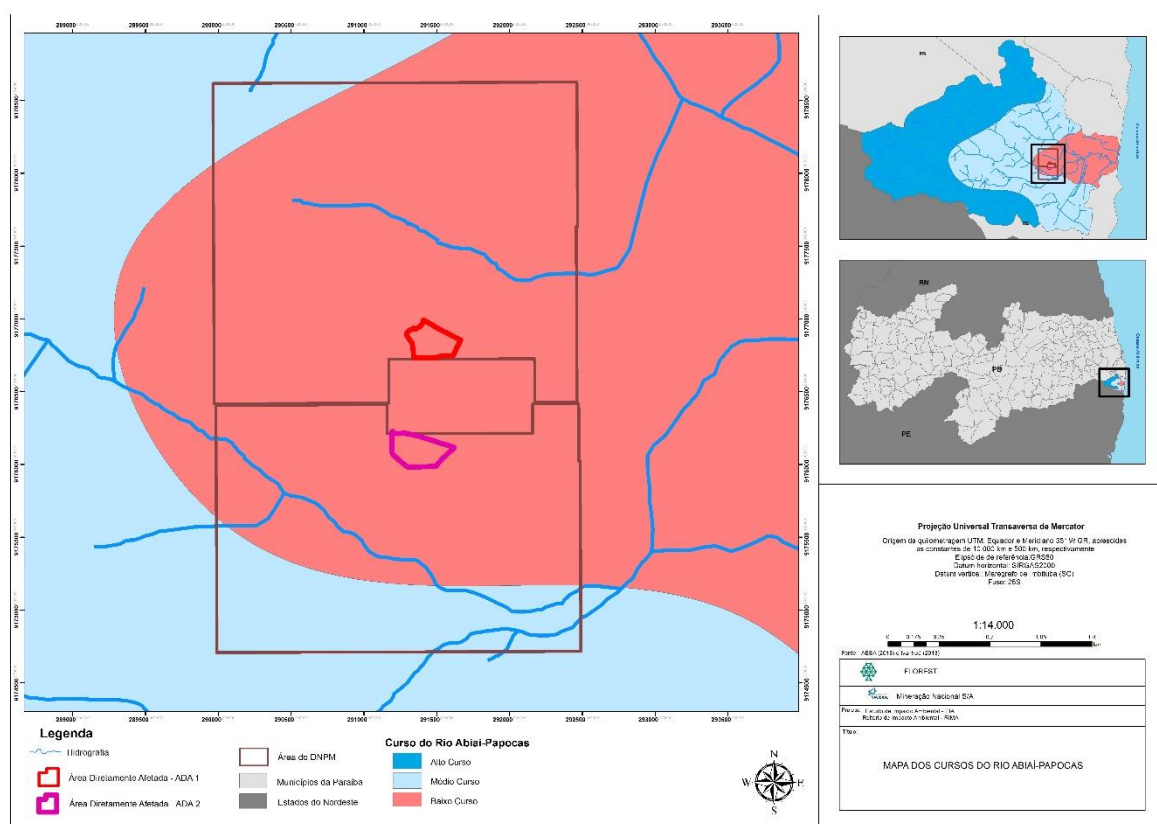
Um dos maiores problemas observados no tocante aos sistemas de abastecimento d'água dos municípios do Estado da Paraíba está relacionado à deficiência da manutenção de alguns sistemas que operam há muitos anos e não sofreram intervenções no período, além de passar por colapsos periódicos, por ocasião das secas frequentes que assolam o Estado. Segundo informações da CAGEPA, no ano de 2005 a bacia do Abiaí possuía 5484 domicílios abastecidos pela rede geral de água canalizada e 2.043 ligações em propriedades. O número de domicílios abastecido por poço era de 549 em propriedades o número registrado foi

de 263, o restante do abastecimento é de poço não canalizado com um total de 1.426 registros.

A área de estudo localiza-se no baixo curso da bacia, conforme podemos observar no mapa da Figura 41. Analisando as características físicas da bacia, do ponto de vista do alto, médio e baixo curso, podemos verificar que, o alto curso apresenta 237,21 km², correspondente a 51,33% da área da bacia, o médio curso 170,51 km² (36,88 %) e o baixo curso 54,64 km², correspondendo aos demais 11,82% da área de drenagem do rio.

Apesar de área original de Mata Atlântica e grande diversidade e densidade vegetal, praticamente inexistente mata ciliar na área de estudo e seu entorno, tendo apenas como exceção a essa constatação, áreas bem próximas a foz do rio, onde devido a influência da maré e altas salinidade, a área do entorno apresenta pouco valor comercial e potencial econômico.

Figura 41: Cursos da bacia hidrográfica do rio Abiaí – Papocas



Na bacia hidrográfica destacam-se como principais rios componentes, os rios Abiaí, Aterro, Camocim, Galo, Papocas e Pitanga, assim como os riachos Acaís,



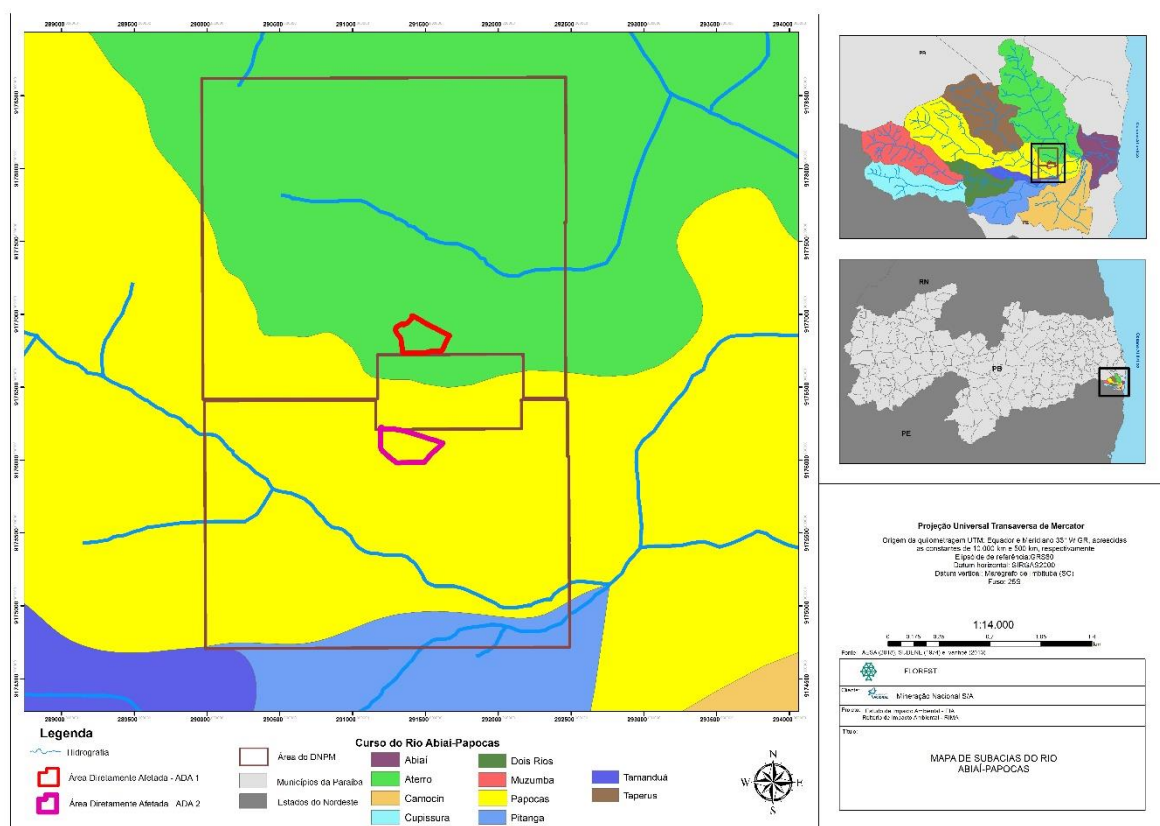
Caboclinho, Cupssura, Calaço, Dois Rios, Jaguarema, São Gomes, Lava Mangaba, Meirim, Muzumba, Sal Amargo, Sarampo, Taperubus, Tamanduá e Tamataépe, compreendendo aproximadamente 405,93 km de curso d'água (BEZERRA, 2013). Podendo a bacia hidrográfica, ser subdividida em 10 sub-bacias (FIGURA 42), nas quais suas principais características físicas são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12: Características das sub-bacias do rio Abiaí-Papocas

Sub-Bacia	Comprimento dos Rios (km)	Percentual (%)	Área (km²)	Percentual (%)
Abiaí	22,78	5,61	24,84	5,37
Aterro	83,40	20,54	93,25	20,17
Camocim	41,54	10,23	50,39	10,90
Cupissura	2,77	0,68	37,18	8,04
Dois Rios	19,10	4,70	23,69	5,12
Muzumba	52,88	13,03	49,22	10,65
Papocas	109,17	26,89	88,3	19,10
Pitanga	22,10	5,44	31,26	6,76
Tamanduá	9,00	2,22	7,38	1,60
Taperus	43,22	10,65	56,85	12,30
Total	405,96	100	462,36	100

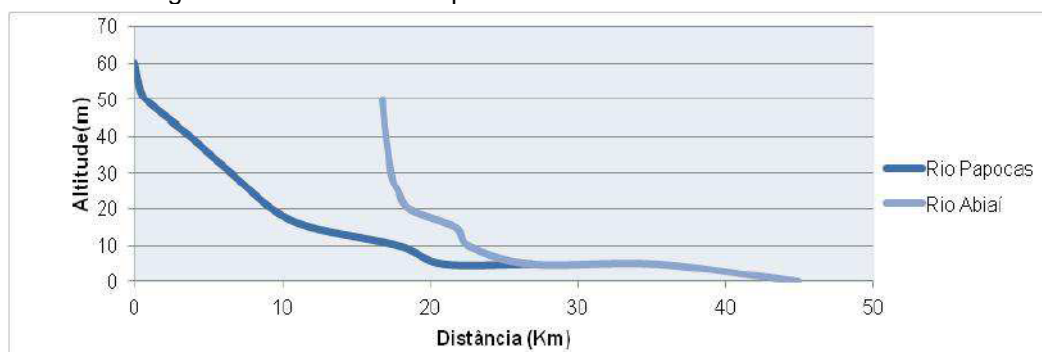
Fonte: Bezerra, 2013.

Figura 42: Mapa das sub-bacias componentes a bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas, a área de cava está localizada nas sub-bacias do rio Aterro ilustradi na cor verde e Papocas na cor amarela



Bezerra (2013), também destaca em seu trabalho o perfil longitudinal dos rios principais (FIGURA 43). Nesses destacam-se o ponto mais elevado do rio Abiaí como sendo 50 m de altitude e a nascente do rio Papocas, localiza-se a 60 m do nível médio do mar, desaguando no rio Abiaí.

Figura 43: Perfil Longitudinal do rio Abiaí-Papocas



Fonte: Bezerra, 2013.



4.2 Disponibilidade Hídrica

A disponibilidade hídrica constitui a parcela da potencialidade ativada pela ação do homem para o seu aproveitamento. No caso das disponibilidades de água subterrânea, estas são iguais à diferença entre o seu potencial e as demandas naturais, aí incluídas as perdas por evaporação, com todas essas variáveis quantificadas em termos de vazão. A disponibilidade hídrica superficial máxima representa, em volume ou vazão, a maior fração do potencial fluvial que pode ser disponibilizada para uso.

Segundo os estudos realizado pelo governo do estado da Paraíba através da Agência estadual de águas, a bacia do Abiaí possui um potencial superficial estimado de 343,74 hm³/ano. O potencial subterrâneo estimado é de 61,51 hm³/ano. A título comparativo no estado a bacia hidrográfica com maior potencial hídrico superficial é a do rio Piranhas com um estimado de 1.817,74 hm³/ano.

4.3 Qualidade Das Águas Superficiais E Subterrâneas

Para caracterizar uma água são determinados diversos parâmetros, que são indicadores da qualidade da água e se constituem não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Ao se abordar a questão da qualidade da água, é fundamental ter em mente que o meio líquido apresente duas características marcantes, que condicionam, de maneira absoluta, a conformação desta qualidade: capacidade de dissolução e capacidade de transporte.

Constata-se, assim, que a água, além de ser formada pelos elementos hidrogênio e oxigênio na proporção de dois para um, também pode dissolver uma ampla variedade de substâncias, as quais conferem à água suas características peculiares. Além disso, as substâncias dissolvidas e as partículas presentes no seio da massa líquida são transportadas pelos cursos d'água, mudando continuamente de

posição e estabelecendo um caráter fortemente dinâmico para a questão da qualidade da água.

A caracterização da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de estudo foi realizada por meio de coleta e análise de amostras, para a determinação de suas características físicas, químicas e bacteriológicas.

As coletas de amostras das águas superficiais foram realizadas nas sub-bacias dos rios Papocas, Aterro e Abiaí. A caracterização das águas subterrâneas foi realizada a partir das amostragens realizadas em seus três poços tubulares de captação particulares próximo a área de estudo.

No que se refere a qualidade das águas superficiais no entorno do empreendimento, foram selecionados 7 pontos amostrais, conforme apresentado na Tabela 13. A Figura 44 ilustra o momento da coleta das águas superficiais para análise. Após a realização da coleta, preservou-se as amostras conforme procedimento descrito no Guia de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional da Água e CETESB. As análises foram realizadas pelo laboratório Bioagri Ambiental, devidamente acreditada conforme requisitos estabelecidos na Norma ABNT NBR ISO/IEC NBR 17.025 – Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração.

Figura 44 - Coleta de água superficial para análise dos parâmetros físico, químicos e biológicos



As coletas foram realizadas no mês de dezembro, a presente data caracterizou-se por ser em uma época com menor densidade pluviométrica, consequentemente menores vazões. As análises de qualidade das águas neste período se fazem necessário do modo a entenderem-se as concentrações dos parâmetros analisados em estações de pouca vazão e consequentemente baixa diluição. As análises de água para o período chuvoso estão sendo analisadas no mês de julho de 2019 época chuvosa e seus resultados e discursões serão anexadas posteriormente ao estudo.



Tabela 13 - Coordenadas geográficas dos pontos coletados para análise da qualidade da água superficial e subterrânea

Ponto de coleta das águas superficiais	Coordenadas UTM	
	m E	m N
P1 _{sup}	293836.00	9178154.00
P2 _{sup}	294352.00	9177710.00
P3 _{sup}	290426.00	9175704.00
P4 _{sup}	291410.00	9175186.00
P5 _{sup}	292722.00	9175140.00
P6 _{sup}	297252.00	9177716.00
P7 _{sup}	297165.00	9178035.00
Ponto de coleta das águas subterrâneas	Coordenadas UTM	
	m E	m N
P1 _{sub}	291947.00	9175652.00
P2 _{sub}	290881.00	9175814.00
P3 _{sub}	291322.00	9177302.00

Fazendo uma análise espacial dos pontos de coleta das águas superficiais, identifica-se que os pontos P1_{sup} e P2_{sup} estão localizados na sub-bacia do rio Aterro. Os pontos P3_{sup} e P4_{sup} estão inseridos na sub-bacia do rio Papocas. Os pontos P6_{sup} e P7_{sup} localizados na sub-bacia do Abiaí. O ponto P5_{sup} está localizado na foz da sub-bacia do rio Pitanga, afluente do rio Papocas.

4.4 Resultado Obtidos Através Das Análises De Água

Os resultados das análises das águas superficiais foram confrontados com os limites legais definidos para águas de classe II, segundo a Resolução CONAMA 357/2005. Da mesma maneira que foram realizadas análises de qualidade físico química e microbiológica para as águas superficiais, coletou-se amostras em três pontos de modo a caracterizar as águas subterrâneas, a Tabela 14 apresenta os resultados dos parâmetros analisados.



Tabela 14 - Qualidade das águas superficiais para os sete pontos de coleta

Parâmetros	Un d.	P1 ^{sup}	P2 ^{sup}	P3 ^{sup}	P4 ^{sup}	P5 ^{sup}	P6 ^{sup}	P7 ^{sup}	P1 ^{sub}	P2 ^{sub}	P3 ^{sub}	CONAM A N° 357/05 Classe II
Dureza Total	mg/L	30,3	162	19,5	21,6	14,0	1.200	1.390	165	101	165	---
Alcalinidade Total	mg/L	26,7	77,9	10,6	14,5	13,4	49,8	53,8	152	92,5	152	---
Contagem Padrão de Bactérias Heterotróficas	UFC /mL	2,00x10 ³	4,70x10 ³	2,10x10 ³	2,70x10 ³	1,20x10 ⁴	2,00x10 ³	2,80x10 ³	1,50x10 ¹	3,80x10 ¹	1,50x10 ¹	---
Coliformes Termotolerantes (E. coli)	NMP/ 100m L	62	218	1.500	450	663	169	169	63	52	63	1000
Coliformes Totais	NMP/ 100m L	4.884	15.531	> 24.200	12.033	> 24.200	19.863	15.531	161	309	161	---
Fosfato (como P)	mg/L	0,02	< 0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	14,0	222	14,0	≤ 0,050*
Ferro Solúvel	mg/L	0,633	2,99	0,854	0,799	0,632	0,329	0,326	<10	<10	<10	0,3
pH (a 25°C)	---	6,96	7,12	6,69	7,04	7,35	6,83	6,92	7,44	6,52	6,52	6-9
Cor	CU	31,2	37,7	38,0	38,6	32,8	26,1	22,7	<5	<5	<5	75
Turbidez	UNT	1,55	16,0	4,06	3,32	5,13	2,06	1,66	0,11	0,15	0,15	100
Temperatura	°C	29,3	31,5	28,9	29,3	30,0	29,8	30,3	30,4	30,1	30,1	---
Oxigênio Dissolvido	mg/L	3,0	2,9	3,8	3,6	3,1	2,8	3,1	2,8	3,7	3,7	> 5
Nitrato	mg/L	0,61	0,71	2,08	0,90	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 500	3910	3910	10
Nitrito	mg/L	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	1
DBO	mg/L	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	5
DQO	mg/L	7,3	56,9	11,5	11,0	10,3	24,4	13,1	<5	<5	<5	---
Óleos e Graxas	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	---
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	---
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	62	430	20.054	57	64	7.067	8.270	289	153	153	≤ 500
Nitrogênio Total	mg/L	0,72	1,37	3,86	1,27	1,11	< 0,5	< 0,5	<0,5	3,92	3,92	2,18**
IQA		67	59	60	65	62	59	61	-			-

FONTE: Bioagri- Coleta: 04/12/2019

As seguintes análises foram realizadas no local da amostragem: Oxigênio Dissolvido, pH (a 25°C), Temperatura.

(*) - Limite de 0,030mg/l em ambientes lênticos, 0,050mg/l em ambientes intermediários.

(**) - Limite de 1,27mg/l em ambientes lênticos e 2,18mg/l em ambientes lóticos.



Com base nos resultados para os parâmetros estudados observando a tabela acima e fazendo-se uma avaliação mais individual para cada ponto, temos que o ponto P1 dentre todos analisados foi o que apresentou menos parâmetros fora da classificação CONAMA para rio classe II, ficando apenas o Oxigênio Dissolvido 3,0 mg/L abaixo do mínimo estabelecido pela portaria que é de 5 mg/L. O ponto P2, o parâmetro Ferro Solúvel apresentou valor de 2,99 mg/L muito acima do permitido pela portaria que é de 0,3 mg/L. O parâmetro OD foi de 2,9 mg/L também abaixo do mínimo. O ponto P3 dentre todos os pontos estudados foi o que apresentou a maior quantidade de parâmetros fora da faixa permitida pela legislação foram eles: Coliformes Termotolerantes com valor 1.500 NMP/100ml quando o máximo permitida é de 1000 NMP/100mL; Ferro Solúvel 0,854 mg/L; OD 3,8 mg/L; Sólidos Dissolvidos Totais 20.054 mg/L quando o máximo permitido é de 500 mg/L e Nitrogênio Total 3,86 mg/L o máximo permitido de 2,18mg/L em ambientes lóticos. O ponto P4 apresentou dois parâmetros fora o Ferro Solúvel com valor 0,799 mg/L e OD 3,6 mg/L. O ponto P5 por apresentar certa proximidade com o P4 apresentou os mesmos parâmetros fora do que preconiza a resolução estando o Ferro Solúvel com 0,632 mg/L e o OD 3,1 mg/L. No ponto P6 o OD apresentou o menor valor entre todos os pontos levantados com 2,8 mg/L, o parâmetro Sólidos Dissolvidos totais apresentou-se acima do máximo permitido com valor de 7.067 mg/L. Por fim o ponto P7 assim como o anterior apresentou os parâmetros Sólidos Dissolvidos e OD fora dos níveis permitidos pela resolução, sendo estes respectivamente 8.270 mg/L e 3,1 mg/L.

Trazendo o debate para uma avaliação mais individual para os parâmetros que ficaram fora do que preconiza a resolução CONAMA 357 para rio Classe II e a sua influência individual nas características da água temos que os Coliformes Termotolerantes que é um indicador de contaminação fecal seja pelas fezes humanas e outros animais de sangue quente, sendo a *Escherichia coli* o principal representante desse grupo de bactérias.

O Ferro Solúvel ocorrer sob diversas formas químicas e, frequentemente, aparece associado ao manganês, este parâmetro está diretamente ligado à cor e sabor da água.

Oxigênio Dissolvido é um fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. Durante a degradação da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Em todos os pontos analisados a concentração de OD encontrou-se abaixo do mínimo permitido, mesmo o índice de demanda bioquímica de oxigênio estando dentro dos valores permitidos.

Os sólidos dissolvidos totais (ou SDT) são uma medida de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas em um dado líquido, revelando a proporção de diferentes sólidos, podem influenciar na cor e turbidez da água.

Nos corpos d'água o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Pelo fato de os compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização. As fontes de nitrogênio para os corpos d'água são variadas. Em áreas agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes pode justificar um valor elevado para este parâmetro.

Analisando o IQA verifica-se que para todos os pontos coletados os valores podem ser considerados como bom segundo a escala da CETESB que varia de uma escala entre $52 \leq \text{IQA} < 80$.

5 HIDROGEOLOGIA

5.1 Introdução

A Mineração Nacional (Grupo Ricardo Brennand) está fazendo um estudo hidrogeológico para operar uma lavra de calcário a aproximadamente 50 quilômetros ao sul de João Pessoa, na zona rural do município de Alhandra, no estado da Paraíba. A Cimento Nacional contratou os serviços da Florest, que contratou os serviços dos geólogos Renan Siqueira e Felipe Oliveira Tenório da Silva com o objetivo de planejar o futuro de suas operações conduzindo um estudo hidrogeológico na área e as consequências em função da abertura de novas cavas para extração de calcário.

O presente estudo contou com três etapas de campo: a primeira etapa consistiu um conhecimento inicial da área, realizado no mês de outubro de 2018, tendo como objetivo um mapeamento inicial da área, conhecimento dos poços e medição de seus níveis estáticos para dar início ao estudo hidrogeológico, ou seja, uma avaliação inicial da área. A segunda etapa consistiu em um mapeamento detalhado da área, coleta de amostras, assim como um detalhamento das camadas estratigráficas, definindo seus limites e composições. Também foram coletadas informações de mais alguns poços da região para enriquecimento do trabalho. A terceira etapa teve como finalidade o bombeamento do poço considerado ideal para definir os padrões hidrodinâmicos do poço, executar os ensaios de aquíferos, elaboração do modelo numérico de fluxo e definir o modelo hidrogeológico conceitual.

5.2 Objetivos Do Trabalho

Objetivo geral: caracterização hidrogeológica da área do empreendimento.

Este trabalho teve por finalidade as seguintes atividades:

- Elaboração do inventário dos pontos d'água;
- Caracterização do(s) aquífero(s) a partir da tipologia litológica e definição dos parâmetros hidrodinâmicos;

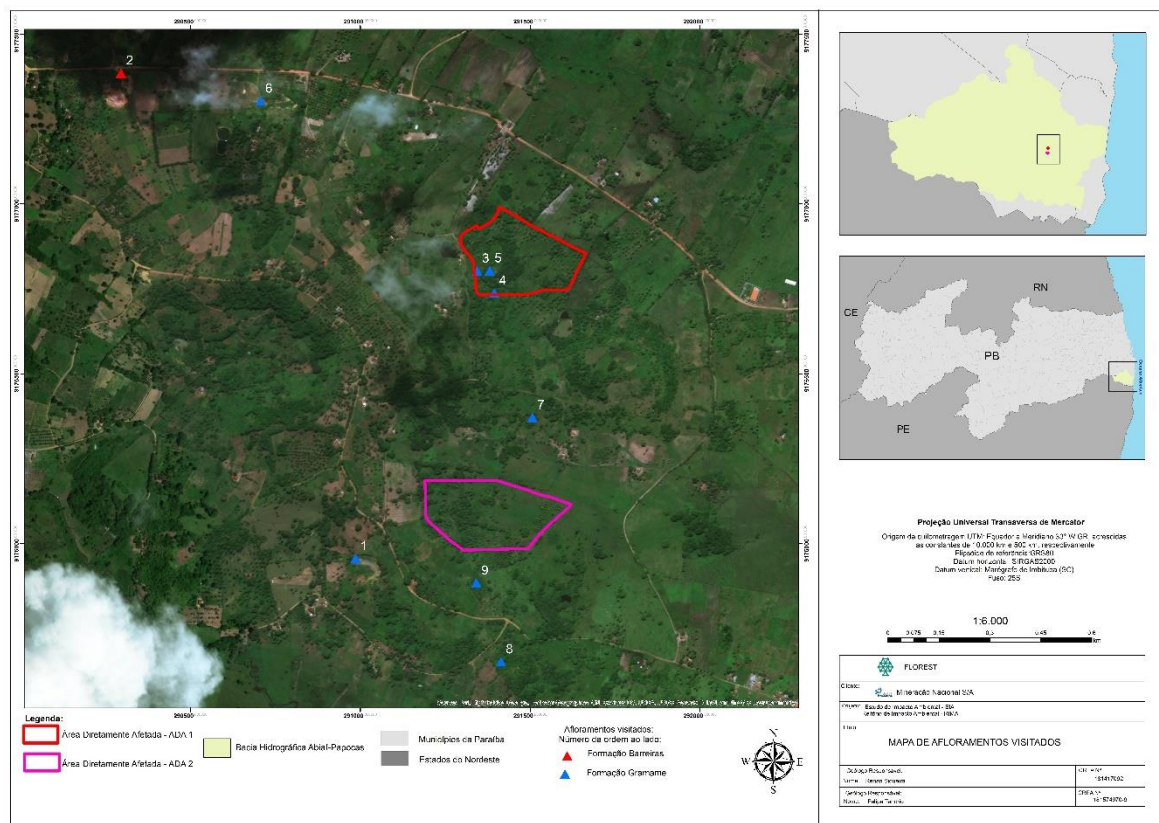
- Caracterização das áreas de recarga, circulação e descarga do(s) aquífero(s), destacando as fraturas que a água percorre;
- Relação das águas subterrâneas com as águas superficiais e com as de outros aquíferos;
- Avaliação da permeabilidade da zona não saturada;
- Distância entre a lavra e o aquífero destacando o último patamar de extração do calcário com perfil esquemático;
- Avaliação da permeabilidade da zona não saturada;
- Possíveis impactos futuros do empreendimento sobre as águas subterrâneas.

5.3 Características Da Área

5.3.1 Localização

A área mapeada está localizada na zona rural do município de Alhandra, litoral sul do estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil. O acesso à área se dá pela PB-034 ou pela PB-044 e por estradas de terra, ficando exatamente entre as cidades de Alhandra e Pitimbu, na Paraíba. As coordenadas UTM no mapa a seguir exibem a localização exata da área (FIGURA 45).

Figura 45: Mapa com os afloramentos visitados, as áreas de concessão para pesquisa geológica e localização das cavas.



5.3.2 Geologia

A área estudada neste trabalho localiza-se em região costeira, onde ocorrem os sedimentos da Bacia Paraíba, com idade de formação no final do Cretáceo. Esta bacia costeira abrange uma faixa sedimentar que existe desde o Lineamento Pernambuco, nas proximidades da cidade de Recife-PE, até o alto estrutural de Mamanguape ao norte de João Pessoa-PB. Sua carta estratigráfica é definida por Barbosa et al. 2004, da seguinte forma, da base para o topo:

A Formação Beberibe de idade Santoniana, é a base da sequência estratigráfica da bacia, ela é composta por arenitos quartzosos médios a grossos variando até arenitos conglomeráticos, por vezes argilosos, cor cinza a creme, mal selecionados, formados em ambientes flúvio lacustres e podem atingir espessuras entre 150 e 250 metros.



Sobre a Formação Beberibe ocorre a Formação Itamaracá, de idade Campaniana, essa unidade é representada por depósitos costeiros de estuários e lagoas, contendo fósseis de ambiente marinho salobro, ocorrem ainda níveis de fosfato sedimentar no topo dessa unidade que é composta por depósitos de arenitos carbonáticos, folhelhos e carbonatos com siliciclastos ricamente fossilíferos.

Sobre a unidade Itamaracá está a Formação Gramame, de idade Maastrichtiana, representada por calcários, dolomitos e margas depositados em uma plataforma carbonática com espessura entre 100 a 150m. Esta é a formação alvo da lavra pela Cimento Nacional.

Em seguida, ocorrem os depósitos da Formação Maria Farinha (Paleoceno), com espessuras em torno de 25 a 40 metros e constituída por calcários, calcários margosos e espessos níveis de marga na porção inferior, e calcários dolomíticos detríticos, contendo fauna fóssil de recifes e lagoas recifais na porção superior, sua coloração pode variar entre cinza e creme.

No topo da sequência estratigráfica está o Grupo Barreiras, de idade Plioceno-Pleistoceno, que é constituída por arenitos grossos a argilosos, fragilmente consolidados, com intercalações de níveis silte-argilosos e conglomeráticas, coloração vermelha, amarelada e branca e presença de concreções ferruginosas. A espessura desta sequência pode chegar a 100 metros, além de ocorrer estratificações plano-paralelas. Conforme ilustrado nas Figuras 46 e 47.



Figura 46: Divisão das bacias Pernambuco, Paraíba e Potiguar de acordo com Barbosa et al., 2004.

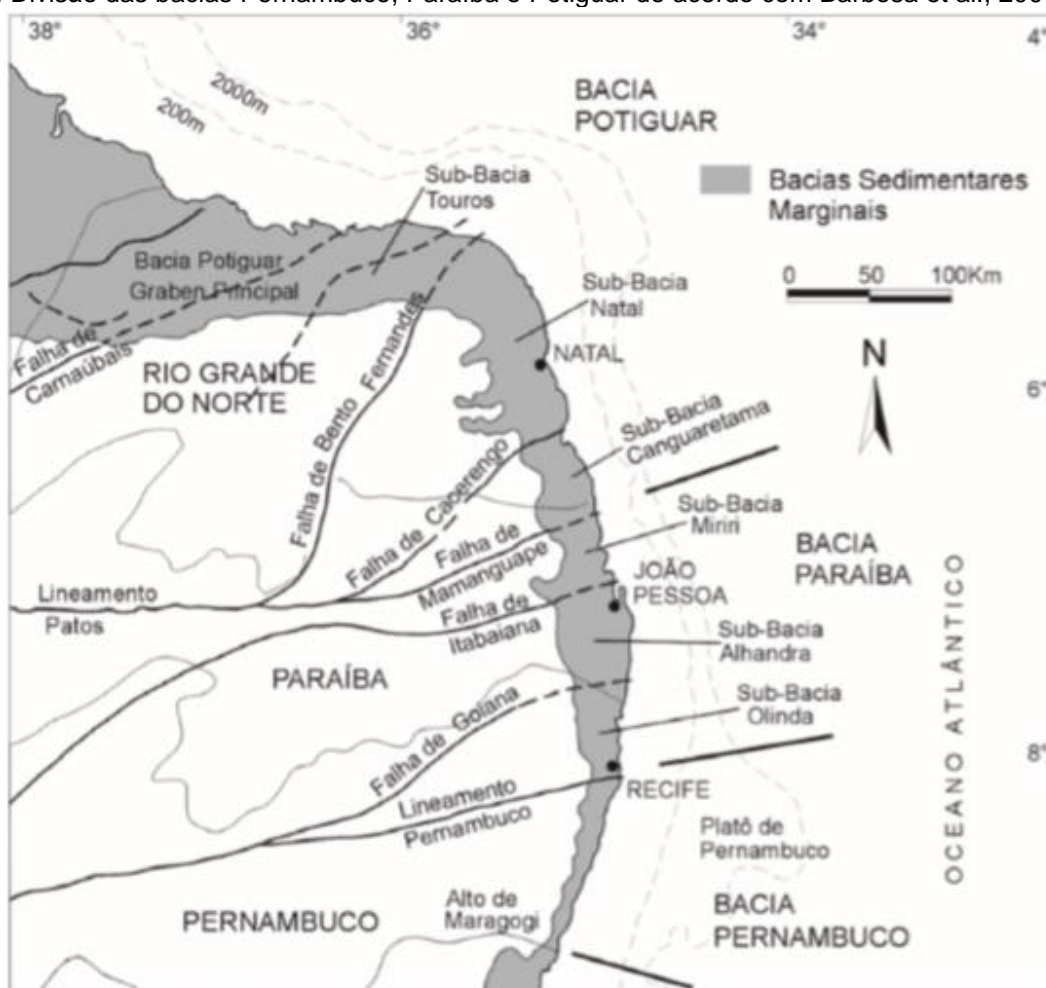
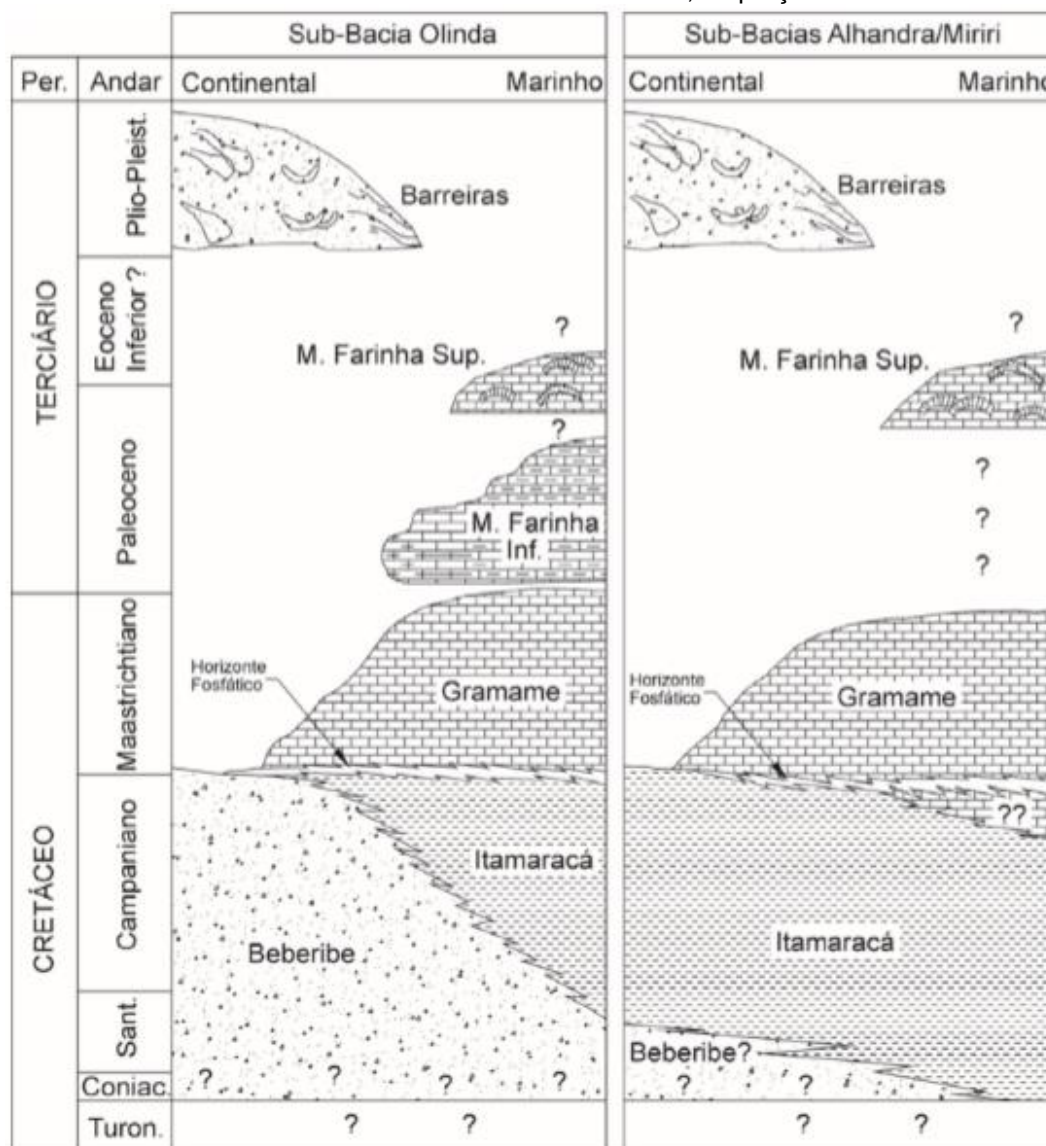




Figura 47: Quadro esquemático com o modelo proposto para a estratigrafia da Bacia Paraíba, comparando as colunas das sub-bacias Olinda e Miriri/Alhandra, na porção emersa da bacia

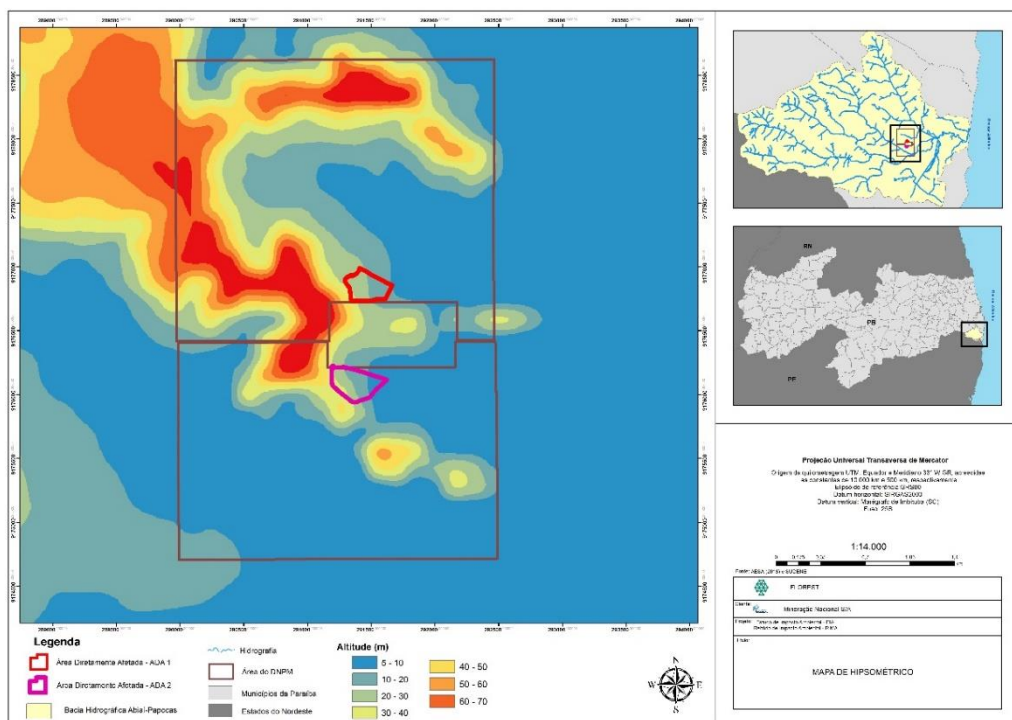


Fonte: Barbosa et al., 2004.

5.3.3 Geomorfologia

A área mapeada encontra-se numa região chamada de depressão do Abiaí, com cotas variando de 3 a 10 metros, mas com elevações de até 80 metros em certos locais que afloram o Grupo Barreiras. De acordo com Furrier et al. 2006, a depressão do Abiaí, localizada no extremo sul da área de estudo, constitui um importante compartimento geomorfológico da região. Sua origem pode estar relacionada à intensa erosão dos arenitos da Formação Barreiras e dissolução dos calcários sotopostos. Esses processos foram acelerados por falhas e fraturas, que condicionam atualmente uma rede de drenagem constituída por vários rios e riachos que

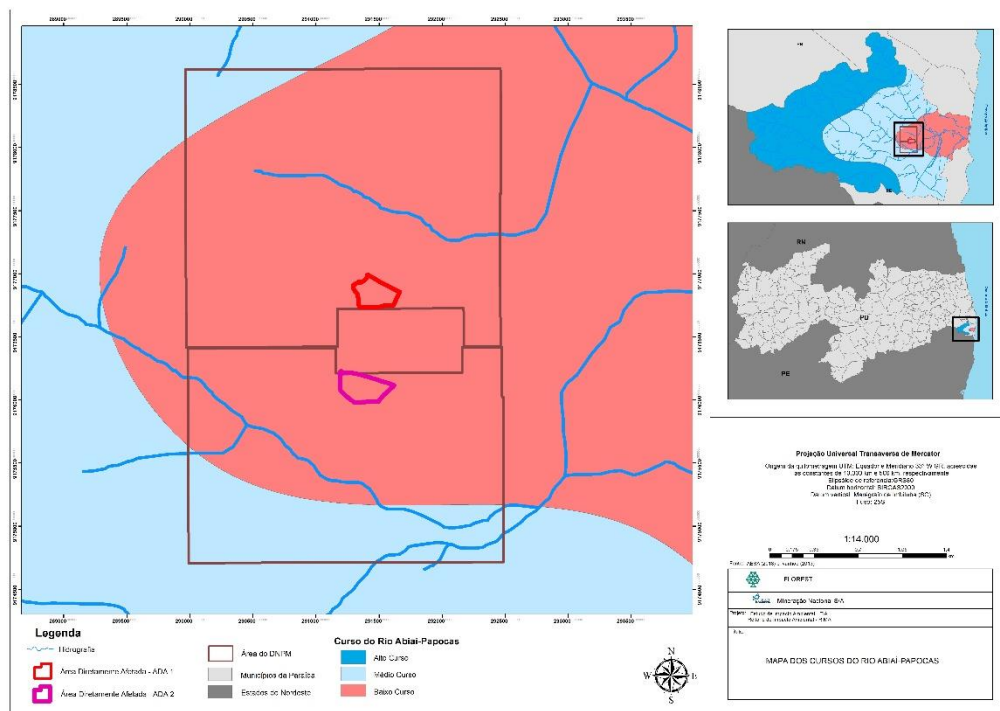
Figura 48: Mapa de elevação da área mapeada, com destaque para a área em preto, onde ficarão localizadas as cavas.



5.3.4 Hidrologia

A área de estudo é drenada pelo rio Abiaí, correndo com direção noroeste-leste. Área é constituída em parte por uma depressão, gerando uma planície de inundação e em parte por terrenos mais elevados o que gera as drenagens bem definidas. Redes de canais escavados na região tem a finalidade de manter o solo superficial seco para plantações de pequenos agricultores.

Figura 49: Mapa hidrológico, com destaque para a área mapeada localizada na região de baixo curso dos rios.



5.3.5 Dados De Sondagem

Os estudos em furos de sondagem permitiram uma melhor interpretação das formações geológicas e sua geometria. Essa análise dos furos permite uma melhor caracterização e compreensão de como se comporta o aquífero no tipo de ambiente geológico que se encontra, pois, cada formação se comporta de uma maneira distinta para o aquífero e tem uma transmissividade hidráulica distinta.

Ao menos 10 perfis geológicos, com direção E-W, foram analisados para entender o arcabouço estrutural da bacia sedimentar que as formações se encontram, o perfil 03 foi usado como modelo por melhor representar as seções geológicas estudadas e por se localizar dentro da área (Figura 50).

O perfil geológico elaborado através dos furos de sondagem mostra que a seção estratigráfica é composta pela Formação Beberibe (arenito) na base, seguida pelos calcarenitos da Formação Itamaracá, posteriormente pelos calcários da Formação Gramame e por último o Grupo Barreiras, composto por uma camada argilosa na base e por arenitos no topo. Os arenitos do Grupo Barreiras ocorrem em

áreas onde as cotas topográficas são mais altas, regiões onde há uma depressão ocorrem a formação Gramame e os depósitos flúvio-marinhos compostos por pântanos e mangues (Figura 51).

Figura 50: Furos de sondagem elaborados com direção E-W.

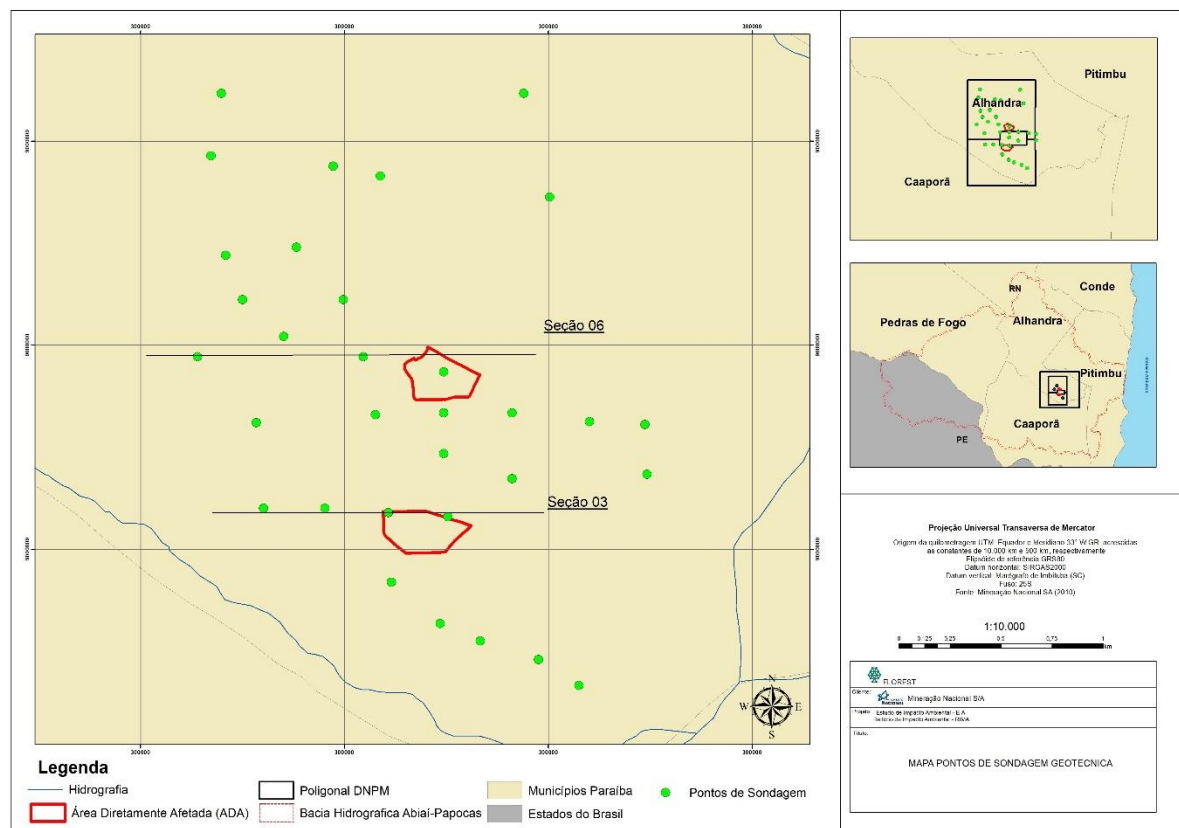
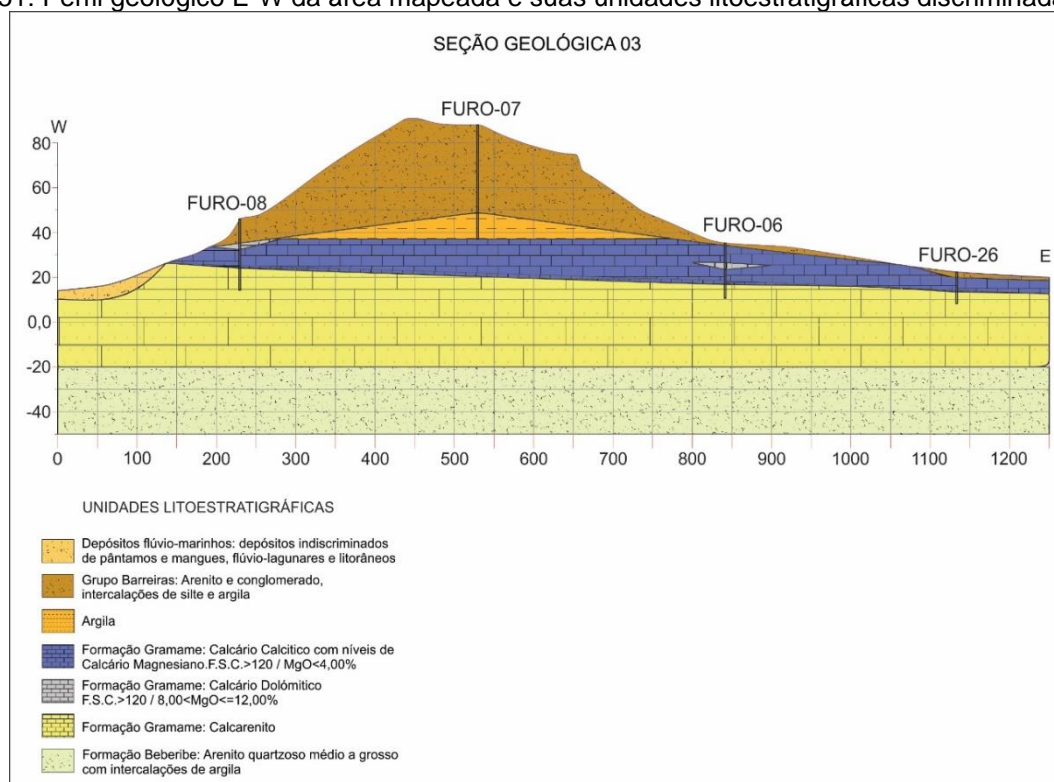




Figura 51: Perfil geológico E-W da área mapeada e suas unidades litoestratigráficas discriminadas.



5.4 Informações Dos Poços Artesianos Da Região

Os estudos hidrogeológicos foram projetados através do acompanhamento dos poços da região. Ao todo, 9 poços foram cadastrados dentro e nas proximidades da área do empreendimento, com o objetivo de obter os parâmetros do aquífero Beberibe e entender como se comporta as águas subterrâneas na formação que leva o mesmo nome.

As etapas foram determinadas da seguinte forma:

- Primeiramente mapear e registrar todos os poços da região que possam ter impacto direto ou indireto com poços do futuro empreendimento;
- Medir os níveis estáticos dos poços mapeados;
- Identificar o poço ideal para fazer um teste de bombeamento contínuo, com o objetivo de definir os parâmetros do aquífero, sem que haja interferência de poços vizinhos;

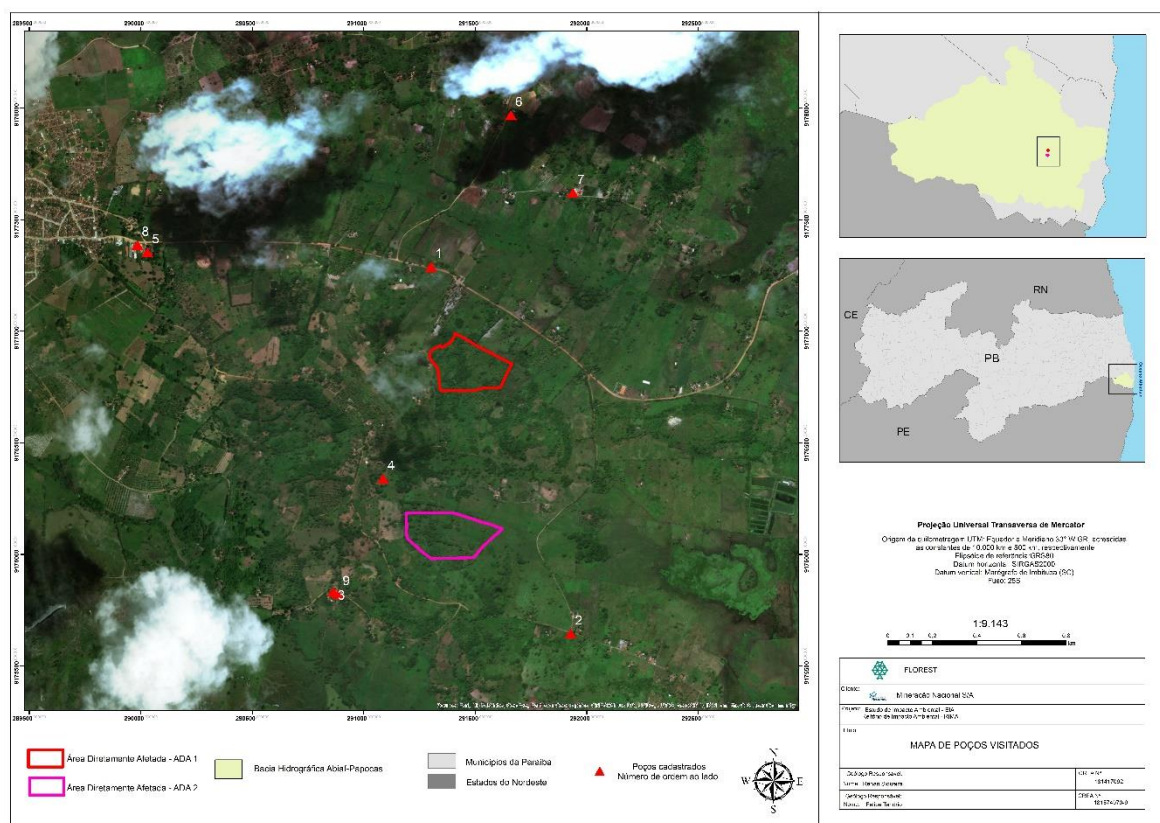


- Instalar um escoadouro de orifício circular para medir e controlar a vazão do poço, sempre medindo o rebaixamento nos tempos adequados e posteriormente medir a recuperação.

No que tange a escolha dos poços para a realização do teste de aquífero objetivou-se definir dois poços dentro da área do empreendimento, ou mais próximo possível, para servir de poço de bombeamento e de observação. A distância entre esses também é um fator relevante, pois com distâncias maiores que 500 metros o poço de observação poderia não reagir aos efeitos do bombeamento. Diante disso cogitou-se a possibilidade de utilização dos poços 3 e 9 (vide figura 52), porém o poço 9 possui uma profundidade de 20 metros e capta as águas do Aquífero Barreiras, enquanto o poço 3 tem uma profundidade de 200 metros e explora as águas do Aquífero Beberibe, aquífero esse objeto de estudo aqui. Tendo em vista o panorama apresentado desconsiderou-se a possibilidade de utilização dos poços 3 e 9. Também não foi possível fazer os testes de bombeamento no poço 04, que é o único dentro da área do empreendimento, este estava desativado por problemas na construção do poço, o que gerava uma baixa captação de água. Isso deve ter ocorrido devido a uma forma errada na perfuração, uso excessivo de bentonita ou uso de material inadequado para revestir o poço.

Diante da impossibilidade de utilização de um poço de observação considerou-se a possibilidade de realização de um teste de vazão contínuo ocorrendo o bombeamento e o registro dos rebaixamentos em um mesmo poço para a avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos. Tal procedimento se embasa em uma ampla gama de estudos hidrogeológicos disponíveis na literatura, podendo se destacar: comportamento das bacias sedimentares da região semiárida do Nordeste brasileiro. Hidrogeologia da Bacia do Jatobá: Sistema Aquífero Tacaratu/Inajá. Recife: UFPE/CPRM/FINEP. 2008 e Estudo hidrogeológico da bacia sedimentar do Jatobá: relatório final: texto / Secretaria de Recursos Hídricos. - Recife: SRHE, 2010.

Figura 52: Poços artesanais cadastrados na região com seu número de ordem ao lado



A Tabela 15 ilustra os dados dos poços da região, sua localização precisa, profundidade dos poços, níveis estáticos e o aquífero que está sendo explorado.

Tabela 15: Inventário dos pontos d'água da região.

Poço	Latitude	Longitude	Município	NE	Prof. Poço	Aquífero
1	9177288	291298,76	Alhandra	5,3	88	Beberibe
2	9175644	291925,82	Alhandra	7	90	Beberibe
3	9175832	290860,93	Alhandra	5,86	200	Beberibe
4	9176339	291084,53	Alhandra	52,97	86	Beberibe
5	9177353	290027,47	Alhandra	33,98	92	Beberibe
6	9177968	291657,39	Alhandra	25,08	88	Beberibe
7	9177620	291935,5	Alhandra	12	35	Barreiras
8	9177386	289982,3	Alhandra	29,45	Sem informações	
9	9175822	290883,08	Alhandra	6,6	20	Barreiras



5.5 Ensaios De Aquífero

Ensaios ou testes de bombeamento representam a forma mais tradicional e objetiva na determinação de parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos e para verificação da qualidade de obras que visam o aproveitamento das águas subterrâneas. Soma-se a isso a grande importância de determinar as vazões de exploração de poços.

De maneira genérica os ensaios de bombeamentos podem ser classificados em: testes de aquífero e testes de produção.

O teste de aquífero pode ser definido como um bombeamento que tem por finalidade a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos do meio poroso, seriam esses parâmetros: transmissividade (T), condutividade hidráulica (K) e coeficiente de armazenamento (S). De maneira sucinta sua execução se dá bombeando um poço, com uma vazão constante, e acompanhando a evolução do rebaixamento em um poço de observação situado a uma determinada distância (Feitosa *et al*, 2008).

O teste de produção é definido com um bombeamento que visa a determinação da vazão de exploração e as perdas de cargas totais que ocorrem no poço. É realizado através de um bombeamento e registro no próprio poço bombeado da evolução dos rebaixamentos (Feitosa *et al*, 2008). Como o objetivo do presente trabalho é a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero e não sobre as especificidades dos poços propriamente ditos o teste produção não foi realizado.

O poço 01 escolhido para realizar o teste de aquífero tem uma vazão máxima de até 5 m³/h, portanto, foi definida uma vazão menor (4,65 m³/h) para que houvesse um controle melhor da vazão e que não houvesse variações no decorrer do teste. O bombeamento do poço ocorreu por 24h ininterruptas, utilizando uma taxa de bombeamento constante e ao final foi medida a recuperação total até o nível estático original.

Neste tipo de ensaio, o poço deve estar parado por pelo menos 12h, ou seja, sem estar bombeando durante esse tempo. Durante o teste, a vazão deve ser controlada e mantida constante para que não haja erros, a variação do nível d'água



deve ser monitorada constantemente tanto para aferições, quanto para possíveis interferências de poços vizinhos. As medições do nível d'água foram feitas por um medidor de nível elétrico da Hidrosuprimentos com trena de espaçamento milimétrico, isso permite obter resultados precisos.

Figura 53: Medidor de nível d'água elétrico usado no teste de aquífero.



5.5.1 Resultados

Deve-se enfatizar que o parâmetro do coeficiente de armazenamento não pode ser obtido por não haver um poço de observação, apenas a transmissividade e condutividade hidráulica puderam ser avaliadas.

Para as interpretações das curvas rebaixamento versus tempo foram utilizados os métodos de Theis e de Cooper/Jacob (quando $u < 0,01$). Tais métodos foram escolhidos a partir da observação de perfis litológicos de sondagens realizados na área do empreendimento, que deixam claro o confinamento total que os calcários das formações Gramame e Maria Farinha dão aos arenitos da Formação Beberibe.



As interpretações são realizadas através das seguintes expressões:

Método de Theis

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

$$K = \frac{T}{b}$$

Método de
Cooper/Jacob

$$T = \frac{0,183Q}{\Delta s}$$

$$K = \frac{T}{b}$$

Onde:

s (L) = rebaixamento do poço de observação a uma distância r do poço bombeado.

$Q \text{ (L}^3/\text{T)}$ = vazão de bombeamento

$T \text{ (L}^2/\text{T)}$ = transmissividade do aquífero

$K \text{ (L/T)}$ = condutividade hidráulica do aquífero

b (L) = espessura do aquífero

t (T) = tempo de bombeamento

Onde:

t_1 e t_2 (T) = tempos escolhidos no gráfico para um ciclo logarítmico

$\Delta s \text{ (L)} = s_2 - s_1$

s_1 e $s_2 \text{ (L)}$ = respectivos rebaixamentos observados no gráfico para t_1 e t_2

$Q \text{ (L}^3/\text{T)}$ = vazão de bombeamento

$T \text{ (L}^2/\text{T)}$ = transmissividade do aquífero

S = coeficiente de armazenamento

$K \text{ (L/T)}$ = condutividade hidráulica do aquífero

b (L) = espessura do aquífero

Os gráficos abaixo expõem as interpretações dos testes de aquífero dos poços em questão. Foi feita a interpretação da recuperação do poço para corroborar os valores de T e K encontrados.



Figura 54: Gráfico interpretado através do método de Cooper/Jacob.

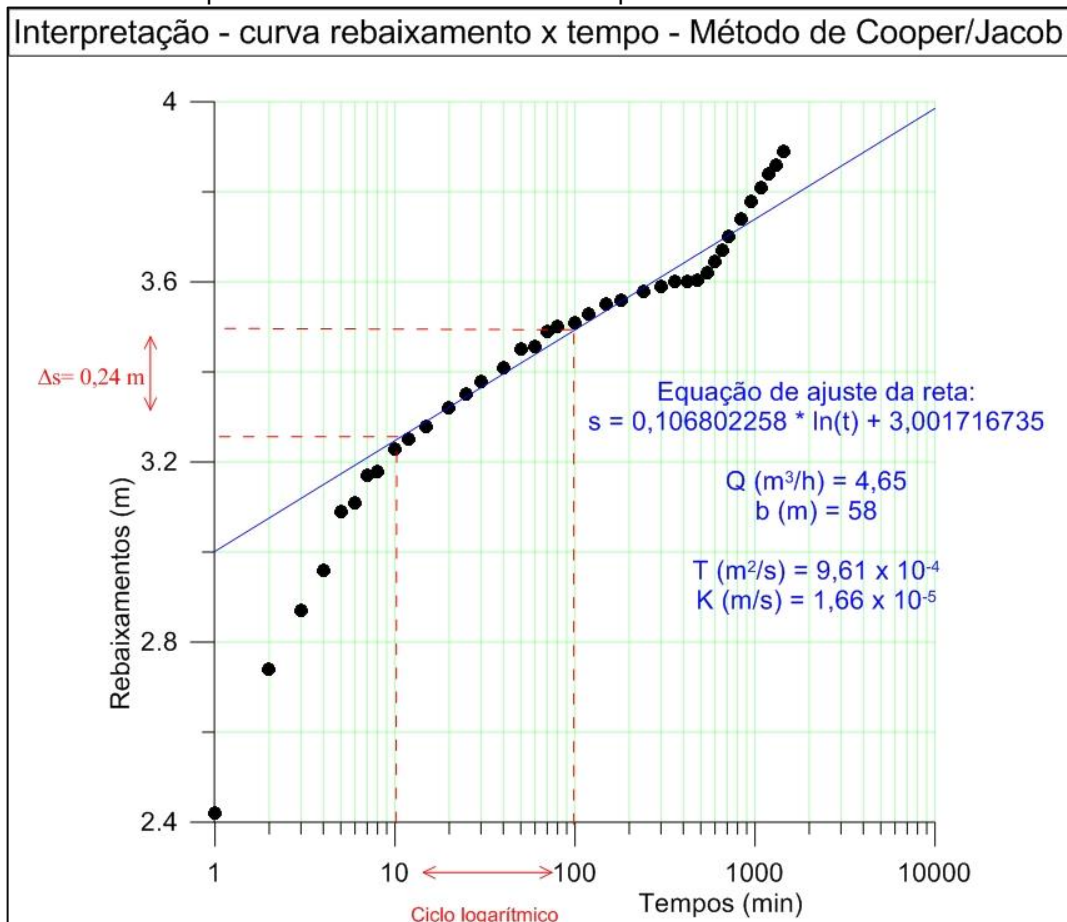


Figura 55: Gráfico interpretado através do método de Theis.

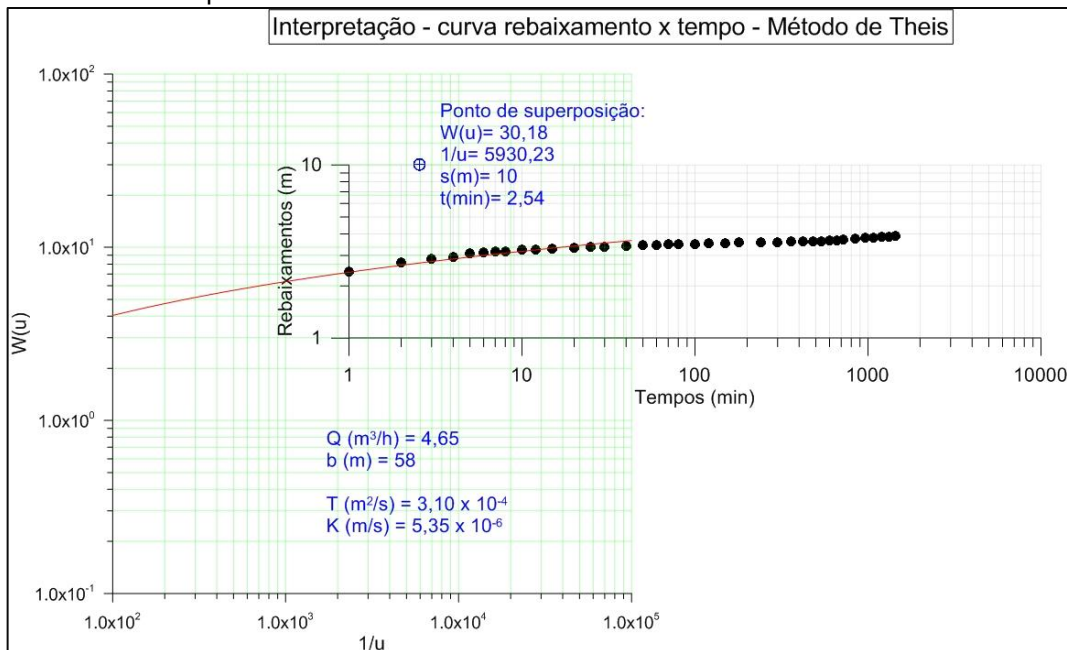
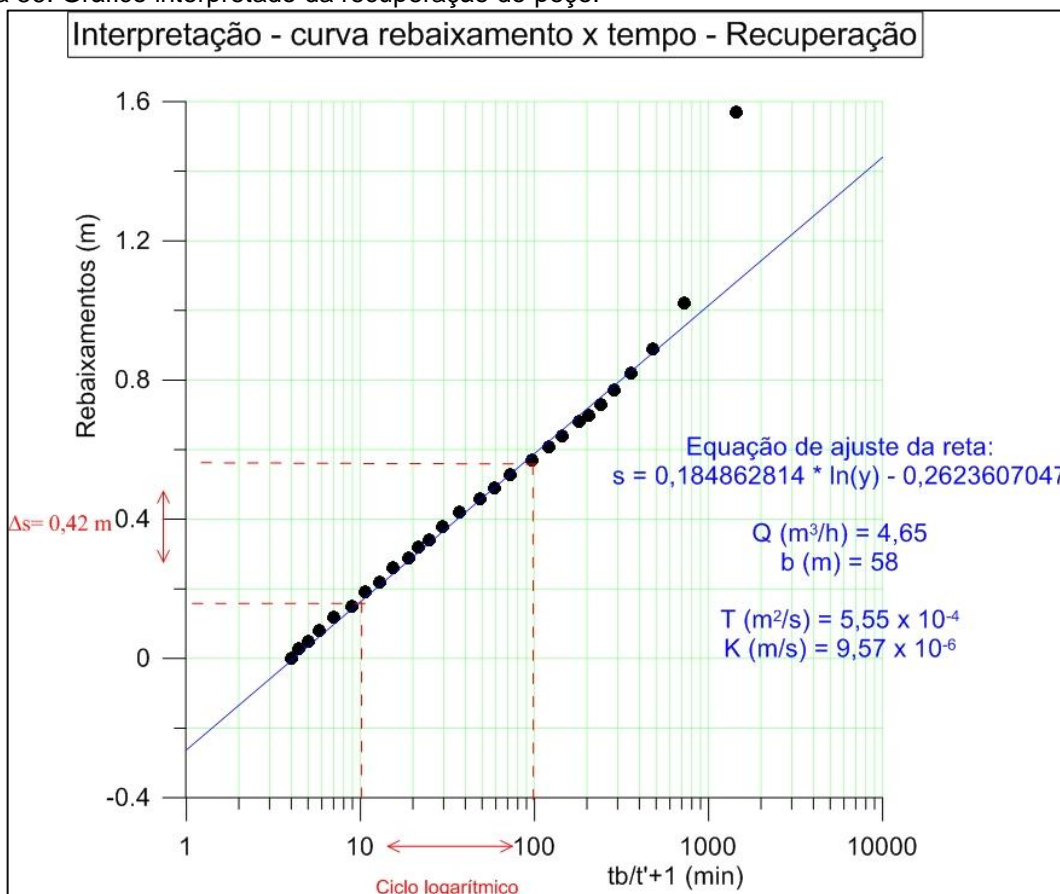


Figura 56: Gráfico interpretado da recuperação do poço.



Verificando a condição de $u < 0,01$ para a aplicação do método de Cooper/Jacob foi utilizada a equação do coeficiente de armazenamento do método de Theis para definir em qual tempo de bombeamento essa condição estaria válida, foram considerados os seguintes valores: transmissividade de $6,09 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, raio do poço de 0,127 metros, e o coeficiente de armazenamento médio do Aquífero Beberibe definido por Batista (1984) de $5,2 \times 10^{-4}$.

$$S = \frac{4Ttu}{r^2}$$

O resultado apontou que o $u < 0,01$ a partir dos 20 segundos de bombeamento, ou seja, para um bombeamento de 24 horas está condição é válida e o método de Cooper/Jacob pode ser aplicado.



A partir da observação do gráfico interpretativo do método de Cooper/Jacob nota-se a existência de 2 trechos com inclinações distintas. O primeiro trecho é um reflexo mais fiel da resposta do aquífero ao efeito do bombeamento, o que pode ser confirmado pelo próprio tempo de duração dessa tendência, tempo esse de aproximadamente 7 horas. Em seguida, no último trecho, há um franco incremento na taxa de rebaixamento do poço que perdura até o final do teste de bombeamento. Para explicar essa tendência final dessa curva cogitou-se a possibilidade da interferência que algum poço em atividade de bombeamento da região. Essa hipótese foi confirmada conversando com o proprietário do poço 6, que confirmou o início da atividade de bombeamento de seu poço coincidindo com o momento que os rebaixamentos sofreram incrementos. Diante do exposto foi utilizado o primeiro trecho para a realização do ajuste logarítmico e posteriores cálculos.

Das transmissividades calculadas pelos diferentes métodos nota-se a semelhança nos resultados e baixas medidas de dispersão, variância de $1,08 \times 10^{-7}$ e desvio padrão de $3,29 \times 10^{-4}$. Diante disso pode-se eleger a média entre as transmissividades calculadas como o valor representativo para a área do empreendimento. Sendo assim temos uma transmissividade de $6,09 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Para determinação das condutividades hidráulicas foi estimada uma espessura saturada do aquífero de 58 metros, baseada dos perfis litológicos de sondagem disponibilizados. Dividindo as transmissividades pela espessura saturada foram encontrados os valores de condutividades hidráulica. Estes por sua vez também possuem baixas medidas de dispersão, desvio padrão de $5,67 \times 10^{-6}$ e variância de $3,21 \times 10^{-11}$. Diante disso pode-se eleger a média entre as condutividades hidráulicas calculadas como o valor representativo para a área do empreendimento. Sendo assim temos um valor de condutividade hidráulica de $1,05 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

5.6 Hidrogeologia Local

5.6.1 Características dos aquíferos a partir da tipologia litológica

A bacia sedimentar Paraíba é composta da base para o topo pelos arenitos da Formação Beberibe, calcarenitos da Formação Maria Farina, calcários e margas da



Formação Gramame e pelos arenitos e sedimentos inconsolidados da Formação Barreiras. Devido a essa estratigrafia e pelas informações coletadas em campo, em artigos científicos e pelos testes realizados a hidroestratigrafia pode ser devidamente dividida de seguinte forma:

- **Coberturas superficiais com sedimentos recentes:** São sedimentos inconsolidados de granulometria variável, geralmente arenosos ou cascalhosos, apresentam variações litológicas tanto lateral quanto vertical e é comum a ocorrência de intercalações de argila e de matéria orgânica. Constituem aquíferos intersticiais do tipo livre, de porosidade e permeabilidade variável em função da heterogeneidade litológica, representados por depósitos eluviais, cordões de dunas, terraços e aluviões, que ocorrem principalmente ao longo da planície costeira e nos vales fluviais. Este aquífero é de baixa potencialidade apesar de ser utilizado para uso doméstico através de captações de poços domésticos do tipo poços rasos e cacimbas. A recarga é feita por precipitação pluviométrica e a sua superfície potenciométrica está relacionada aos níveis d'água dos rios da região. A condutividade hidráulica deste aquífero é bastante variável, com valores entre 4×10^{-7} a 8×10^{-4} m/s.
- **Aquífero Barreiras:** Trata-se de sedimentos areno-argilosos consolidados a não consolidados com intercalações argilosas e níveis arenosos grosseiros. O aquífero Barreiras apresenta-se quase que em sua totalidade como um reservatório livre do tipo granular, mas possui camadas semi confinadas devido à presença de lentes, camadas e bolsões de materiais pelíticos. O seu escoamento ocorre predominantemente nos interstícios da rocha ou grãos, e é importante para a recarga das formações inferiores, além de ser a unidade aquífera responsável pelo fluxo de base do Rio Abiaí. A recarga deste aquífero é feita diretamente a partir da precipitação pluviométrica ou por infiltração a partir dos depósitos de cobertura. Devido aos níveis de argila sua condutividade hidráulica pode ser um pouco variável podendo ser de valores na ordem de $1,5 \times 10^{-6}$ m/s em locais com muita argila, a 10^{-5} m/s em níveis arenosos (Oliveira, L.T., 2003). Sua transmissividade gira em torno de 3×10^{-3} m²/s (Monteiro et al., 2008).
- **Aquitarde Gramame e Maria Farinha:** Os depósitos sedimentares destas duas formações são constituídos predominantemente por



rochas carbonáticas (calcários, dolomitos, margas e calcarenitos). Em função da semelhança litológica e do contato concordante entre estas duas unidades, as mesmas compõem um único sistema de aquitarde. A classificação desses litotipos como aquitardes se dá em função da observação dessas litologias em testemunhos de sondagens e conhecimento da literatura. A granulometria dessas formações é muito fina, bem compactadas devido a cimentação calcária e raramente fraturadas. As poucas fraturas existentes nesse sistema é o fluxo de água principal nessas litologias, sendo seu fluxo intersticial pouco significativo. Sua condutividade hidráulica é muito baixa, com valores na ordem de 10^{-9} m/s (Alvarez et al., 1980)

- **Aquífero Beberibe:** Formado por arenitos médios a grossos, trata-se do aquífero mais importante do sistema hidrogeológico da Bacia Paraíba. Segundo Batista (1984), o coeficiente de armazenamento do aquífero Beberibe é de $5,2 \times 10^{-4}$, enquanto que a condutividade hidráulica tem médias de 8×10^{-6} m/s. Este aquífero encontra-se confinado pelos calcários e margas das formações Gramame e Maria Farinha. Este confinamento foi observado através das medições de nível estático e de nível dinâmico realizados neste trabalho, cuja condição de carga hidráulica encontra-se acima do topo da camada da formação Beberibe. A interpretação dos dados coletados mostra que a carga hidráulica no arenito, nas áreas onde se realizaram as medições, encontra-se acima do contato entre o arenito e o calcário. Isso pode ser observado comparando os perfis estratigráficos realizados pelo Grupo Brennand (Cimento Nacional) com os níveis estáticos dos poços medidos, considerando que todos os poços medidos captam água somente da Formação Beberibe. Os resultados obtidos no presente trabalho apontam para um valor médio de transmissividade de $6,09 \times 10^{-4}$ m²/s e a condutividade hidráulica $1,05 \times 10^{-5}$ m/s.

5.6.2 Relação das águas subterrâneas com as águas superficiais e com as de outros aquíferos

A relação das águas subterrâneas com as águas superficiais é melhor visualizada quando a abordagem é feita por sistema aquífero, definindo uma estrutura



hidrogeológica organizada. Este caso específico é composto por dois sub-sistemas, um livre e um confinado, que podem estar inter-relacionados hidraulicamente em alguns casos.

O sub-sistema livre, é composto predominantemente pelo Grupo Barreiras e, eventualmente, pelos sedimentos não consolidados das coberturas superficiais recentes (sedimentos de praia, dunas e aluviões) que lhe sobrepõem e, mais restritamente, pelos calcários sotopostos da formação Gramame, podendo englobar os arenitos calcíferos da formação Itamaracá;

O sub-sistema confinado é composto pelos arenitos quartzozos da formação Beberibe, cujo nível confinante superior é variável, ora representado pelas margas e calcários da formação Gramame, ora pelos níveis argilosos inferiores do Grupo Barreiras, ora por lentes argilosas ou de folhelhos calcíferos que ocorrem na formação Itamaracá. O nível impermeável inferior é composto pelas rochas cristalinas do Pré-Cambriano.

Os dois sub-sistemas podem estar interligados por uma fratura ou por um sistema de fraturas na Formação Gramame, tais estruturas interligam o aquífero Barreiras ao Beberibe. A consequência imediata desse contexto é a infiltração de água que acarretará na recarga do Aquífero Beberibe.

Drenagens intermitentes cortam a área do empreendimento e em períodos de maiores precipitações podem demonstrar caráter influente quando relacionadas ao Aquífero Barreiras. Na ocasião das atividades de campo não se constatou nenhum fluxo de água ao longo dos cursos dos rios intermitentes dentro da área do empreendimento.

Em outros pontos da Bacia Sedimentar Paraíba pode haver o contato direto entre a Formação Barreiras e a Formação Beberibe, nestes locais o Aquífero Beberibe pode se comportar como um aquífero livre e sofrer recarga em períodos de maiores precipitações, desde que a sequência sedimentar não seja composta por camadas argilosas que impermeabilizem e impeçam a infiltração.



5.6.3 Características das áreas de recarga, circulação e descarga dos aquíferos

Para a análise das áreas de recarga, circulação e descarga dos aquíferos é primordial a confecção e análise do mapa potenciométrico. O mapa potenciométrico é representado por várias linhas equipotenciais que são traçadas a partir dos valores de carga hidráulica espacialmente distribuídos em uma determinada área. Também conhecido por mapa de fluxo subterrâneo pois é possível estabelecer a direção do fluxo da água subterrânea do sistema aquífero em questão. A partir da análise do gradiente hidráulico é possível identificar as zonas de maior e menor transmissividade do aquífero. Através do mapa potenciométrico calcula-se a vazão de escoamento natural (VEN), que indica a recarga do aquífero, para isso deve-se ter condições de fluxo natural.

Considerando a medição do nível estático dos 5 poços que captam o aquífero Beberibe, foi possível elaborar o mapa potenciométrico (FIGURA 58). A partir da visualização desse mapa fica notório o sentido do fluxo da água de oeste para leste (W-E), coerente com trabalhos também realizados na Bacia Paraíba, como o de Oliveira, 2003. Dentro da área do empreendimento não foram identificadas zonas de recarga e descarga do aquífero Beberibe. Deve-se considerar que dentro desta área apenas ocorriam rios intermitentes que não possuíam nenhum tipo de relação com o aquífero em questão. Cogitou a possibilidade da ocorrência de fraturas verticais propiciarem a infiltração de água correspondendo dessa forma a zona de recarga. Porém nas etapas de campo foram visitados os principais afloramentos dos calcários dentro dessa região e foi constatado a não existência de fraturas verticais. Abaixo é exibido o mapa dos afloramentos visitados e também os registros fotográficos correspondentes a cada um desses pontos, ficando explícita apenas a existência de fraturas horizontalizadas.

Para o cálculo da VEN (vazão de escoamento natural), que equivale à recarga do aquífero, em condições de fluxo natural, pode ser obtida através do mapa potenciométrico e se utiliza a seguinte equação:

$VEN = T.i.L$, sendo:



T = transmissividade do aquífero (m^2/s),

i = gradiente hidráulico, que é obtido pela razão da variação de carga hidráulica entre duas linhas equipotenciais escolhidas e a distância entre elas

L = comprimento da frente de escoamento (m)

A frente de escoamento foi selecionada entre as linhas 24 metros e 20 metros e possui um comprimento de 3.630 m. Ao longo da frente de escoamento foram escolhidos cinco locais diferentes para o cálculo do gradiente hidráulico e uma média desses valores resultou no gradiente hidráulico utilizado:

$$i_1 = (24-20)/238 = 0,016806723$$

$$i_2 = (24-20)/190 = 0,021052632$$

$$i_3 = (24-20)/177 = 0,02259887$$

$$i_4 = (24-20)/403 = 0,009925558$$

$$i_5 = (24-20)/434 = 0,00921659$$

Média gradiente hidráulico (i) = 0,015920074

Levando em consideração a transmissividade média de $6,09 \times 10^{-4} m^2/s$.

Dessa forma temos:

$$VEN = T.i.L$$

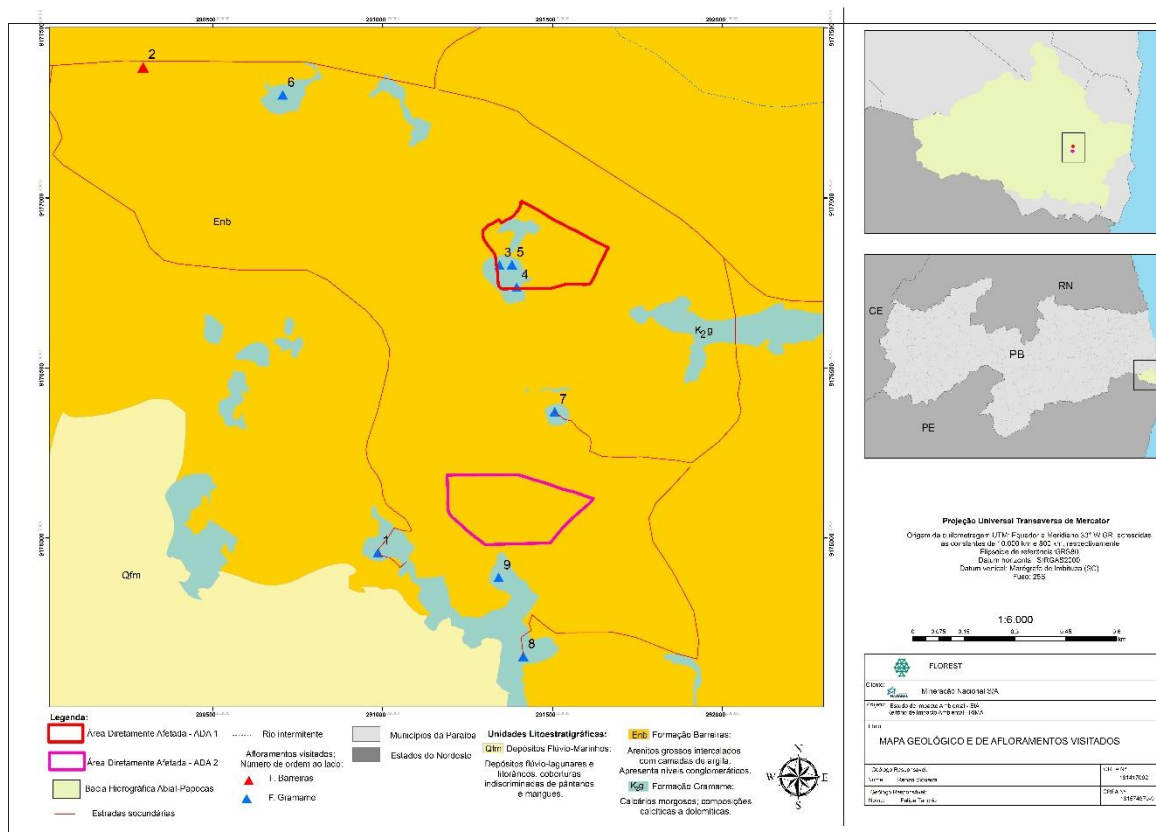
$$VEN = 6,09 \times 10^{-4} m^2/s \times 0,015920074 \times 3.630 m$$

$$VEN = 0,035189574 m^3/s$$

$$VEN = 1.109.738,393 m^3/ano$$

O valor da VEN é baixa, devido principalmente à pequena área considerada para o presente estudo. Oliveira, L.T., (2003) encontra valores de 49.426.353,6 m^3/ano para a recarga do Aquífero Beberibe estudando em uma região de 1383,4 km^2 .

Figura 57: Mapa geológico com os afloramentos encontrados das Formações Gramame e Barreiras



Uma análise mais regional considerando além dos limites da área do empreendimento é possível identificar o rio Abiaí, a leste da área do empreendimento, como um rio que ocorre encaixado em uma falha geológica, conhecido como modelo riacho-fenda. Considerando a configuração da potenciometria traçada em relação a drenagem do rio Abiaí pode-se concluir que este rio possui um caráter efluente, ou seja, o fluxo subterrâneo converge para o rio, caracterizando uma área de descarga. Dentro desta análise regional não ficaram notórias a presença de áreas de recarga, o que não significam que elas não existam, pois em áreas em que a Formação Beberibe aflora e em zonas onde são identificadas fraturas horizontais na Formação Gramame, a infiltração se dá de forma plena.



Figura 58: Provável dinâmica do fluxo de água subterrânea nas formações do sistema aquífero.

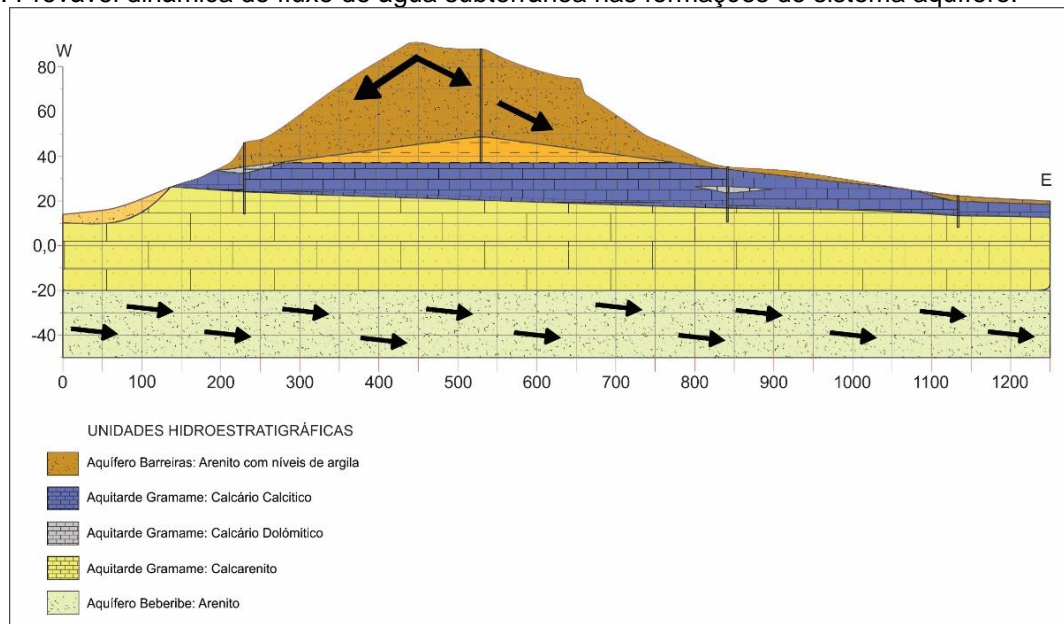


Figura 59: Mapa potenciométrico da área do empreendimento indicando o sentido do fluxo do aquífero Beberibe.

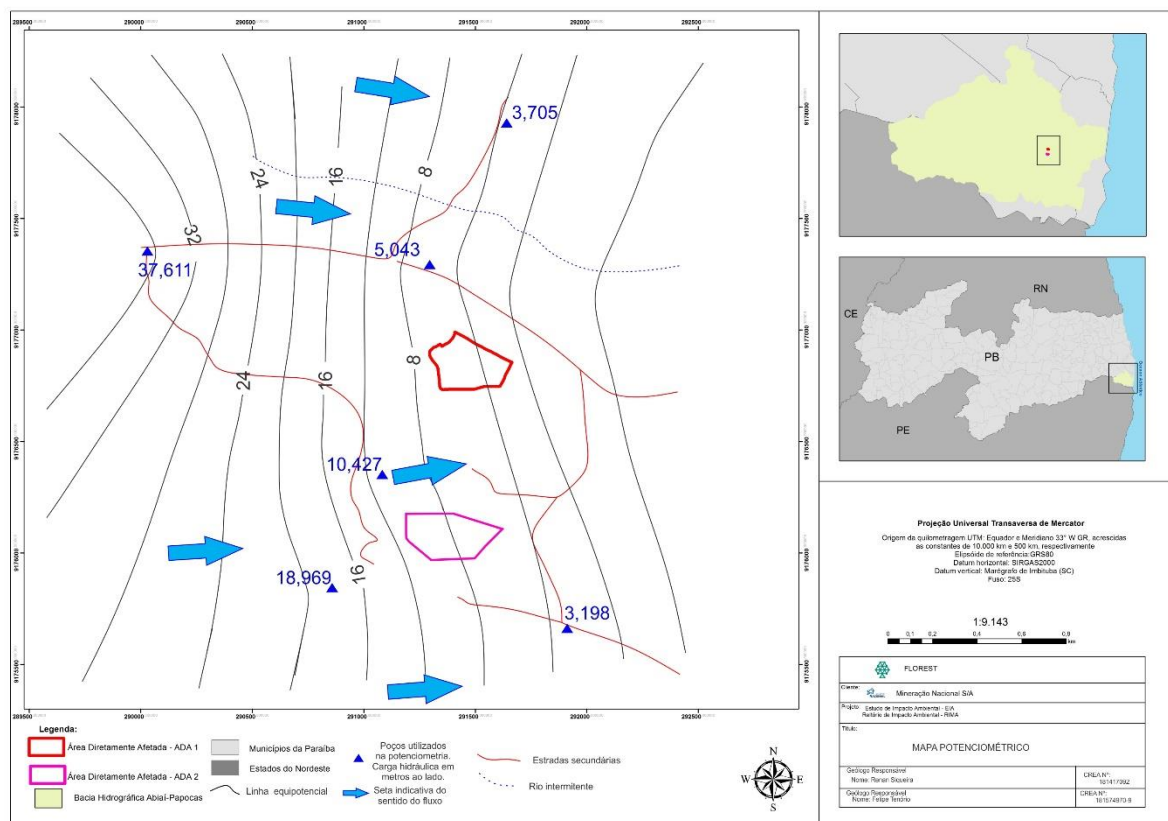
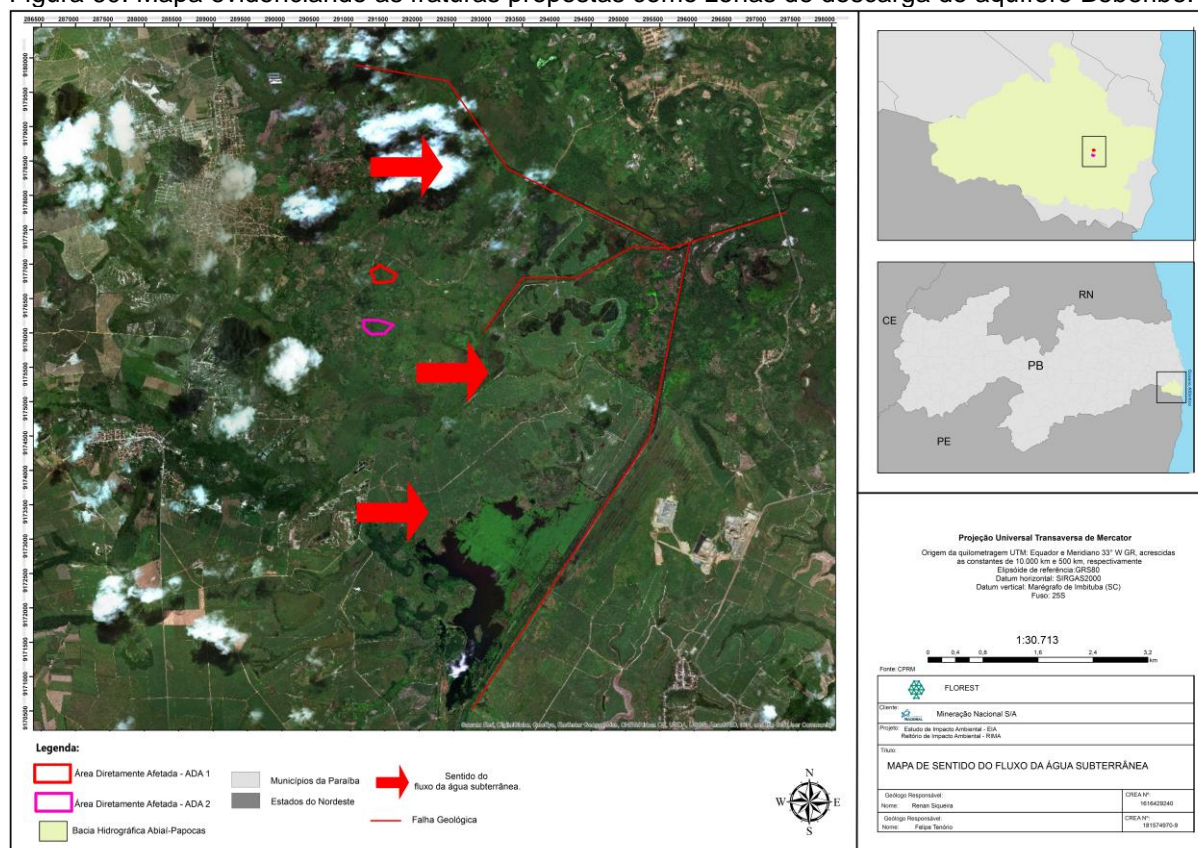


Figura 60: Mapa evidenciando as fraturas propostas como zonas de descarga do aquífero Beberibe.



5.6.4 Permeabilidade da zona não saturada

Deve-se considerar o sistema aquífero Beberibe como sendo composto por um arenito responsável pelo armazenamento da água e também pelos calcários da Formação Gramame e Itamaracá. As formações Gramame e Itamaracá não possuem transmissividades que possibilitem o aproveitamento da água, a não ser pelas zonas fraturadas, podendo ser considerados como a zona não saturada do aquífero em questão.

Conforme as informações obtidas, as margas e os calcários da Formação Gramame são aquitardes, ou seja, possuem baixa condutividade hidráulica (10^{-9} m/s), e portanto, toda a recarga que infiltra na formação Barreiras tenderia a descarregar na calha do Rio Abiaí ou em drenagens adjacentes.

De acordo com Lira et al. 2005, a formação Gramame é impermeável, portanto, não há fluxo significativo nesta formação, muito menos troca hidrodinâmica entre as



Formações Barreiras e Beberibe. Essa informação é corroborada com informações da AESA, que informa que a Formação Gramame é uma camada confinante do aquífero Beberibe, este confinamento é causado pela baixa permeabilidade da camada calcífera. Além desses trabalhos regionais pode-se citar o trabalho de cunho internacional que discorre sobre a permeabilidade dos calcários. Neste trabalho foram feitas uma série de ensaios de laboratório de modo a quantificar os valores de permeabilidade ou da condutividade hidráulica, como também pode ser chamado, os resultados apontam para valores da ordem de 10^{-9} m/s.

Diante do contexto de trabalhos regionais e internacionais demonstrando os baixos valores de permeabilidades pode-se concluir que os calcários e margas da Formação Gramame são impermeáveis e, portanto, a zona não saturada do sistema aquífero em questão.

5.6.5 Distância entre a lavra e o aquífero destacando o último patamar de extração do calcário com perfil esquemático

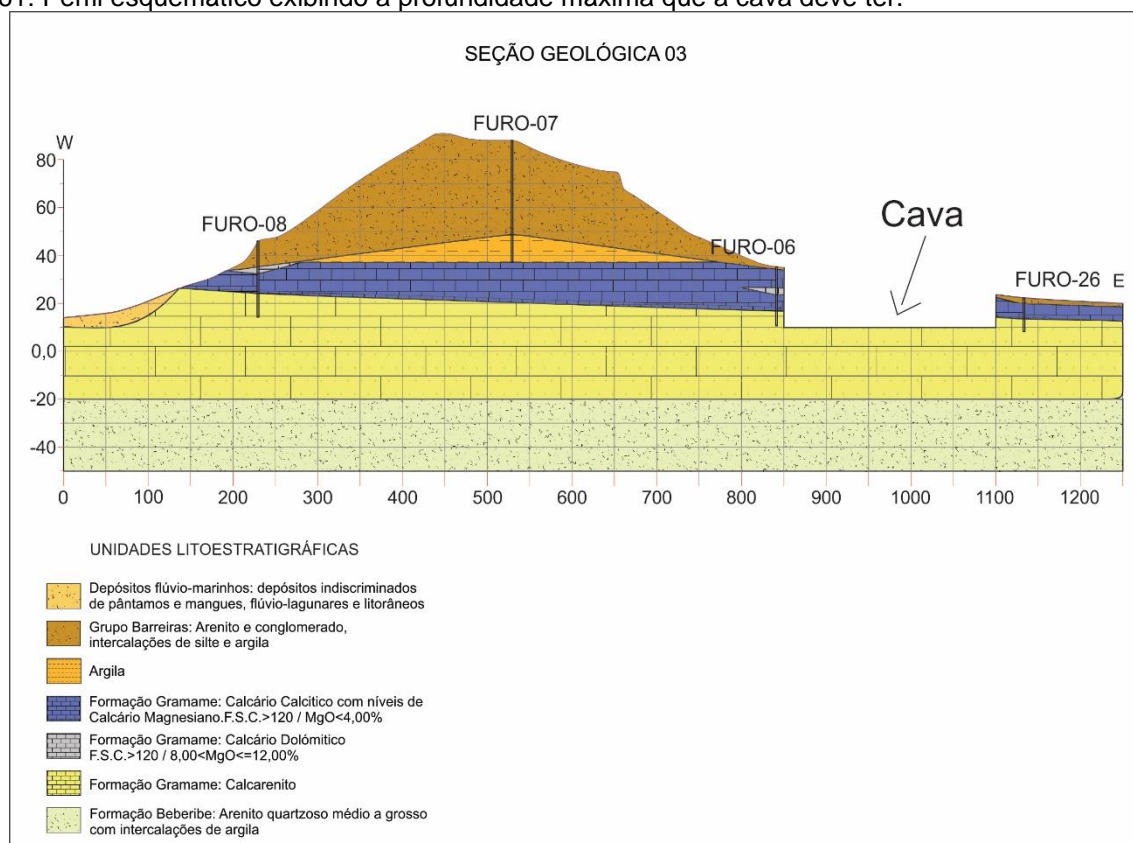
As cavas estão planejadas para atingirem até 19 metros de profundidade a partir do nível da superfície. Profundidade essa considerada segura, pois ainda haverá pelo menos 30 metros de calcário abaixo da cava como pode ser visto no perfil esquemático (Figura 61).

É importante salientar que deve haver um acompanhamento constante a medida que as cavas forem sendo expandidas, de modo a identificar possíveis fraturas verticalizadas que venham a aflorar. A ocorrência de fraturas verticalizadas pode propiciar a infiltração de água da Formação Beberibe para dentro da cava, ocasionando transtornos operacionais devido a inundação da cava.

As detonações de explosivos podem acarretar a abertura de fraturas ou originar novas fraturas, já que essas tratam-se de zonas de fraqueza. Diante disso fica evidente a necessidade de um controle periódico da existência de fraturas e a natureza dos mesmos.



Figura 61: Perfil esquemático exibindo a profundidade máxima que a cava deve ter.



5.7 Possíveis Impactos Futuros Do Empreendimento Sobre As Águas Subterrâneas

Tendo em vista as características hidrogeológicas dos sistemas aquíferos da região alguns impactos ambientais podem ser prevenidos de modo que o empreendimento não venha a impactar negativamente os mananciais subterrâneos. Seguem abaixo algumas recomendações primordiais para preservar os sistemas aquíferos:

- Construção de poços de observação para o monitoramento constante da superfície potenciométrica do aquífero, com piezômetros instalados no entorno do empreendimento
- Na ocasião da construção dos poços para o abastecimento das necessidades da mineração deve haver um monitoramento constante da

qualidade da água, de modo a detectar qualquer contaminação ainda em fase inicial.

- Determinar uma vazão de exploração máxima para os poços que venham a atender as necessidades da mineração, tendo um cuidado para que não venham a ser formados cones de rebaixamento que possam ampliar excessivamente os rebaixamentos da região.
- Acompanhamento constante de modo a mapear precisamente a ocorrência de fraturas que venham a conectar o aquífero Beberibe com a cava, evitando assim uma possível inundação e possível contaminação do aquífero.
- Os avanços dos patamares das cavas devem ser planejados visando uma distância mínima entre estas e o aquífero, de modo que nem as detonações venham a fraturar o calcário conectando o aquífero com a base da cava.
- Considerando a expansão da lavra até os poços de bombeamento ou de observação construídos para a operação da mina, deve-se fazer uma comatação, que consiste num tamponamento dos poços através da aplicação de cimento. Isto deve evitar uma possível ascensão das águas do aquífero, ocasionando problemas operacionais para a lavra

5.8 Conclusões

O presente trabalho consiste em uma caracterização hidrogeológica da área prevista para a lavra de calcário no município de Alhandra, no estado da Paraíba, elaborado para a Cimento Nacional (Grupo Brennand). O intuito do estudo é uma avaliação hidrogeológica de modo a orientar o avanço do empreendimento sem que haja impactos nas águas subterrâneas.

As conclusões mais relevantes são:

No que tange as unidades hidrogeológicas presentes na área do empreendimento é possível destacar os seguintes sistemas:

- **Coberturas superficiais com sedimentos recentes:** Este aquífero é de baixa potencialidade apesar de ser utilizado para uso doméstico. A recarga é feita por precipitação pluviométrica e a sua superfície potenciométrica está relacionada aos níveis d'água dos rios da região. A condutividade hidráulica deste aquífero é bastante variável, com valores entre 4×10^{-7} a 8×10^{-4} m/s.
- **Aquífero Barreiras:** Trata-se de sedimentos areno-argilosos consolidados a não consolidados com intercalações argilosas e níveis arenosos grosseiros. Devido aos níveis de argila sua condutividade hidráulica pode ser um pouco variável podendo ser de valores na ordem de $1,5 \times 10^{-6}$ m/s em locais com muita argila, a 10^{-5} m/s em níveis arenosos. Sua transmissividade gira em torno de 3×10^{-3} m²/s.
- **Aquitarde Gramame e Maria Farinha:** Os depósitos sedimentares destas duas formações são constituídos predominantemente por rochas carbonáticas. Esse sistema é responsável pelo confinamento do aquífero Beberibe, correspondendo a zona não saturada devido as suas baixas permeabilidades, que giram em torno de 10^{-9} m/s.
- **Aquífero Beberibe:** Formado por arenitos médios a grossos, trata-se do aquífero mais importante do sistema hidrogeológico da Bacia Paraíba. O coeficiente de armazenamento do aquífero Beberibe é de $5,2 \times 10^{-4}$, enquanto que a condutividade hidráulica tem médias de 8×10^{-6} m/s. A interpretação dos dados coletados mostra que a carga hidráulica no arenito, encontra-se acima do contato entre o arenito e o calcário.



O não mapeamento de falhas verticalizadas dentro da área do empreendimento diminui consideravelmente a probabilidade de haver conexão do aquífero com a superfície da cava minimizando transtornos como os de inundação da cava ou problemas relacionados a contaminação do aquífero. Esse contexto não deve levar a um descuido em relação ao constante monitoramento deste tipo de estrutura.

A superfície potenciométrica do aquífero Beberibe se situa acima do contato com os calcários, o que representa um iminente risco de ascensão das águas caso os patamares de escavações venham a se aprofundar ou mesmo através de planos de detonação mal elaborados.

6 PEDOLOGIA

A pedologia é uma ciência relativamente recente (tem pouco mais de um século), estuda o solo tendo como base o seu perfil. O perfil do solo é uma secção vertical que contém horizontes ou camadas sobrejacentes ao material de origem PATAFOS, 1995). Os solos resultam da interação de elementos como a geologia, o clima, o relevo, a vegetação, e a hidrografia. Estes elementos também fornecem subsídios para sua identificação, especialmente o relevo, a rede drenagem e a cobertura vegetal, que são indicadores diretos do tipo de solo existente (BIRKELAND, 1984).

Podemos classificar o solo como um corpo dinâmico, tridimensional, formado por materiais minerais e orgânicos que guarda grande relação com as formas de relevo, cobertura vegetal, hidrografia, o substrato rochoso e tipo de clima, que são condicionantes da pedogênese (PROMINER, 2014).

Dentre as diversas definições de solo, a que melhor se adapta ao levantamento pedológico é a do *Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys* (1999, p. 9):

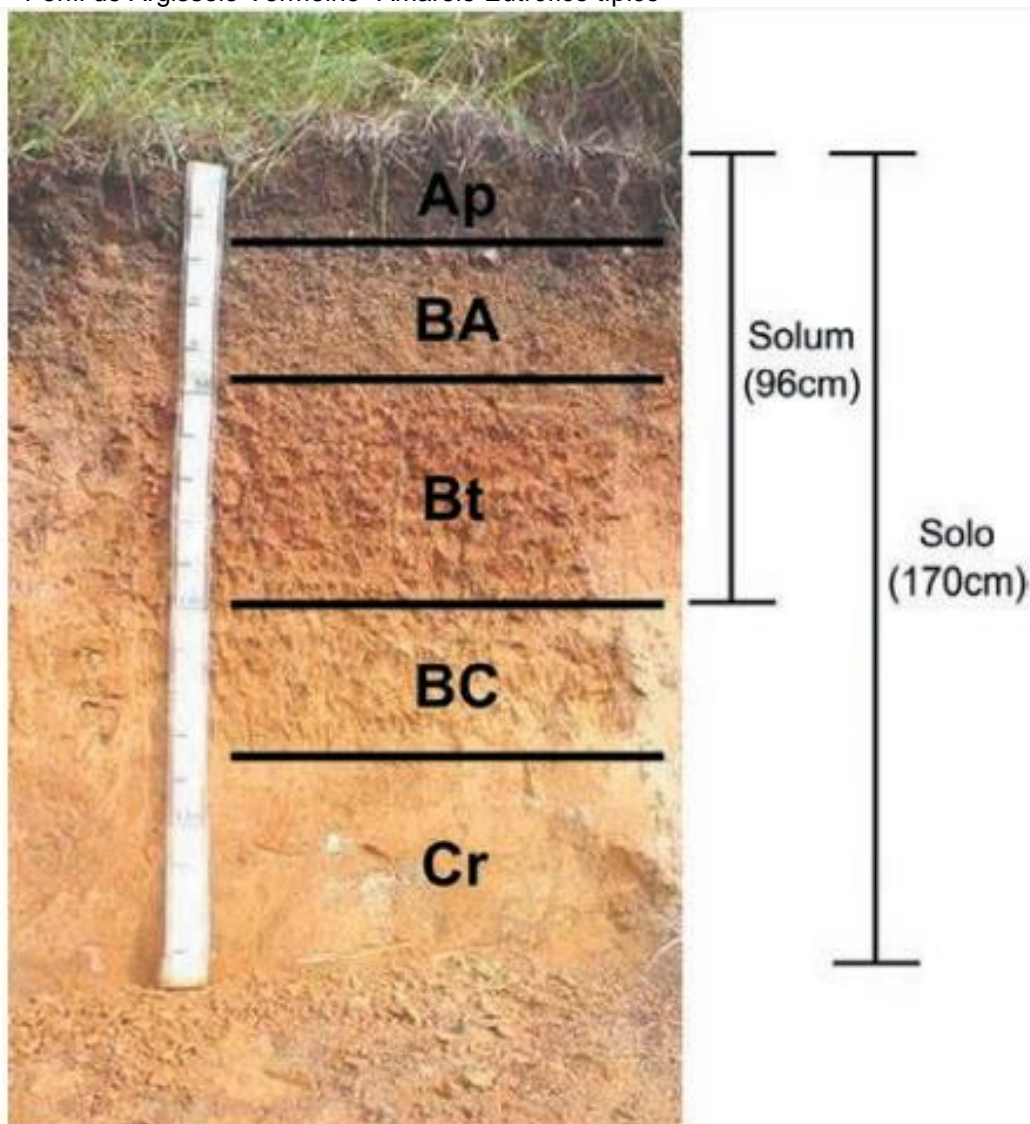
Solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo.

Em razão da necessidade de se fazer referência a determinados solos ou porções deles, alguns termos ou expressões passaram a integrar o cotidiano dos cientistas de solos. A seguir serão relacionados alguns, que são empregados com



razoável frequência na área de Pedologia, cuja conceituação está de acordo com o Vocabulário de ciência do solo, de Curi (1993). Solo - material mineral e/ou orgânico inconsolidado na superfície da terra que serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres. Observação: O termo solo, quando empregado em sistemas taxonômicos, se refere a todas as partes do perfil do solo (Figura 62), presentes acima do material de origem (camadas e horizontes genéticos).

Figura 62 - Perfil de Argissolo Vermelho- Amarelo Eutrófico típico



Fonte: Manual técnico de pedologia, IBGE, 2015.

Segundo Santos et al. (2006), as alterações pedológicas existentes nos horizontes do solo, revelam contraste com o substrato rochoso ou seu resíduo pouco



alterado ou ainda sedimentos de natureza diversa, expressando diferenciação pedológica em relação aos materiais pré-existentes em processos pedogenéticos.

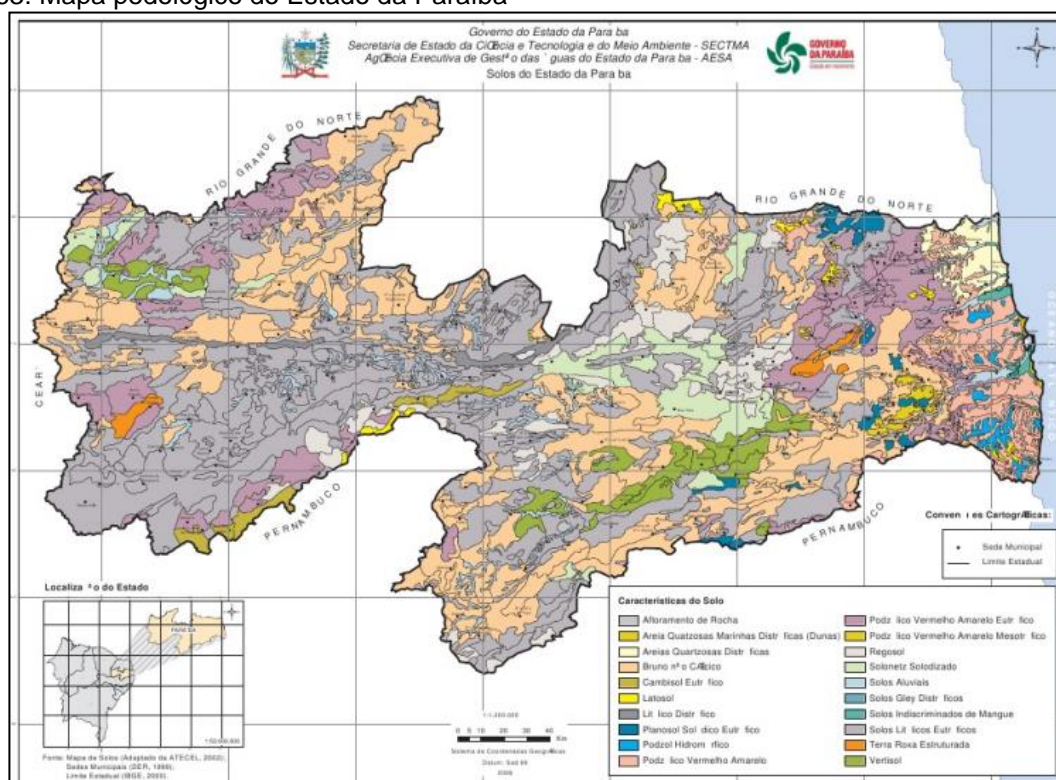
Gerrard (1981) assinala que a morfologia do terreno é um indicativo muito importante para classificar as classes e tipos de solo ocorrente em uma área, pois esta exerce influência nas taxas de formação e no grau de maturidade dos solos, principalmente pelo gradiente das vertentes e quantidade de água disponível nos processos de pedogênese e morfogênese.

O Estado da Paraíba pode ser compartimentado em cinco domínios morfopedológicos diferentes: Tabuleiros Costeiros, Patamares Orientais da Borborema, Planalto da Borborema, Depressão Sertaneja e Planalto Sertanejo (IBGE, 2006).

Os Tabuleiros Costeiros estão próximos do litoral úmido, assentados sobre sedimentos do Grupo Barreiras cujo desenvolvimento pedogenético proporcionou a formação dominante de Argissolos Amarelos, Acinzentados e Vermelho-Amarelos (COSTA et. al, 2015).

Em seu estudo Costa et. al (2015), conclui-o que no Estado da Paraíba as principais classes de solos identificadas foram as seguintes, ordenadas por percentual de área ocupada: Neossolos Litólicos, 39%, Luvisolos Crômicos, 26%, Argissolos Vermelhos, Vermelho-Amarelos, Acinzentados e Amarelos, 14 %, Neossolos Regolíticos e Planossolos Nátricos e Háplicos, com 5% cada, Vertissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos com 3% cada e Neossolos Quartzarênicos, 1%. A Figura 62, apresenta o mapa pedológico paraibano.

Figura 63: Mapa pedológico do Estado da Paraíba



Fonte: Mapa de Solos ATECEL (2002), mapa de solos do Estado da Paraíba; IBGE (2000) limites estaduais.

Fazendo uma análise mais intimista da região litorânea do estado paraibano, Furrier (2007) concluiu que os tabuleiros litorâneos da Formação Barreiras predominam os argissolos vermelho-amarelos, muitas vezes associados aos latossolos vermelho-amarelos e aos espodossolos. Ao longo das planícies fluviais, desenvolvem Neossolos flúvicos, Gleissolos e Organossolos; nas planícies flúviomarinha ocorrem os solos indiscriminados de mangue e nas planícies marinhas ocorrem neossolos quartzarênicos, vinculados principalmente às áreas de praias.

Furrier (2007) assinalou que a grande variedade pedológica encontrada nessa região, apesar de baixa diversidade litológica, somente pode ser atribuída à configuração do relevo e sua evolução morfotectônica. As diferentes morfologias, com altimetrias e declividades diversas, garantem diferenciação da quantidade de água no sistema com percolação, escoamento e permanência distinta. Neste caso a água age como o veículo importante no balanço entre a pedogênese e a morfogênese, condicionada pela forma de relevo e sua condição de permanência no substrato,



garantindo a ocorrência dos tipos de solo encontrados na área de estudo, mesmo em um mesmo tipo litológico.

A porção sul da região litorânea do estado mais precisamente na bacia hidrográfica do rio Abiaí e Papocas no qual está inserida a área de estudo, segundo a Embrapa (2009), o local se caracteriza pela predominância de solo que apresenta evolução avançada com atuação incompleta do processo de ferralitização.

Segundo Bezerra (2013), a classe de solos presentes na região são os Argissolo Vermelho Amarelo com maior predominância na baía, os Espodosolos, Latossolos, Gleissolos, Organossolos.

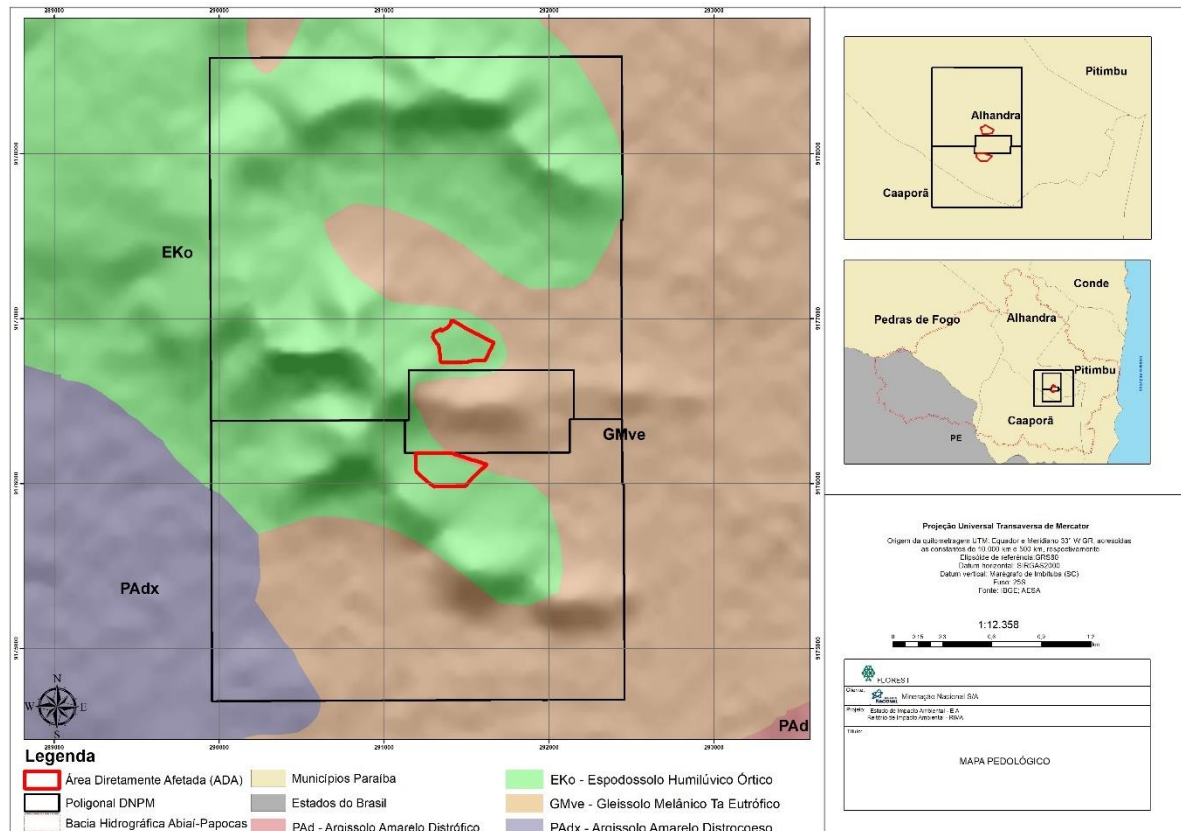
A descrição do solo no campo, com a coleta de amostras, compreendeu o registro das suas características, por meio do exame de seu perfil, caracterizando os horizontes observados. Também foram utilizados dados secundários de trabalhos realizados na área de estudo, com destaques Bezerra (2013) que levantou os tipos de solos ocorrentes na bacia hidrográfica do rio Abiaí; o mapa de solos do Estado da Paraíba elaborado pela ATECEL (2002) e o levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba (1972).

Tendo em vista as características observadas em campo e obtidas nos materiais cartográficos consultados, foram identificadas três classes de solos predominantes para área de estudo, sendo estes divididos em Argissolo Vermelho Amarelo (PV5), Gleissolos (G) e Organossolo, mapeados pela Embrapa com Solos indiscriminados de mangue (SM). Na Figura 64, é apresentado o Mapa Pedológico da área estudada.

Para cada classe de solo mapeada na área de estudo foi realizada uma descrição de sua ocorrência e suas principais características, considerando também o seu vínculo com a morfologia do terreno.



Figura 64 - Mapa pedológico



➤ Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)

Segundo a Embrapa, os argissolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo os seguintes critérios:

- - horizonte plântico (sem satisfazer os critérios para Plintossolo)
- - horizonte glei (sem satisfazer critérios para Gleissolo)

Os Argissolos Vermelho-Amarelos (Figura 65), ocorrentes na área de estudo, anteriormente denominado de Podzólico Vermelho-Amarelo, são solos constituídos por material mineral associado à argila de atividade baixa. Este grupo ocorre preferencialmente nas áreas onde foram intemperados os sedimentos da Formação Barreiras que sustentam os tabuleiros.

Trata-se de uma classe bastante heterogenia, podendo variar de rasos a profundos, ter alta ou baixa saturação de bases, ser arenoso ao argiloso em superfície, as transições de textura podem ser graduais ou abruptas e o relevo pode ser montanhoso ou suave ondulado, sendo, portanto, a principal característica em comum a essa classe de solos é o aumento dos teores de argila em profundidade, podendo mais que dobrar em distâncias verticais pequenas, entre os horizontes eluviais e os fluviais (LEPSCH, 2011).

Sua textura pode variar desde arenosa até muito argilosa, dependendo do material de origem. Já do ponto de vista estrutural, é composta por blocos angulares e subangulares. São não-hidromórficos e apresentam horizonte A ou E com gradiente textural em relação ao horizonte B, há nítida diferença entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, com aumento de argila em profundidade. Essas características geram uma velocidade de infiltração rápida da água em superfície, porém, mais lenta em subsuperfície, aumentando o potencial erosivo, sendo estas áreas altamente suscetíveis à deflagração de processos erosivos, configurando-se como de alta fragilidade ambiental.

Figura 65 - Detalhe do perfil de solo típico de Argissolo Vermelho-Amarelo, Formação Barreiras.



Coordenadas:
290126.70 m E;
9177404.42 m S;
Elv. 35m



Coordenadas:
295552.76 m E;
9169705.76 m S;
Elv. 25m

Analisando as imagens é possível notar a cor característica vermelho-amarela, esta ocorre pela presença de óxidos de ferro (hematita e goetita). No perfil observa-se um horizonte branco caulinizado branco amarelado.



➤ **Gleissolos**

Os Gleissolos são solos formados por materiais originários estratificados ou não e sujeitos a constante ou periódico excesso d'água. Comumente desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia (ambientes de influência de água), podendo formar-se também em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, como também em materiais residuais em áreas abaciadas e depressões (SANTOS, et al., 2006).

Apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, dentro de 50cm da superfície. Podem ser de alta ou baixa fertilidade natural e têm nas condições de má drenagem a sua maior limitação de uso. Ocorrem em praticamente todas as regiões brasileiras, ocupando principalmente as planícies de inundação de rios e córregos (IBGE, 2015).

São caracterizados por solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo do horizonte A ou E, ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe de Organossolos, não apresentando horizonte vértico ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei, ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até o contato lítico. Horizonte plântico se presente deve estar à profundidade superior a 200cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2009).

➤ **Espodossolo**

São solos bastante característicos em razão de sua gênese. Via de regra, apresentam diferenciação significativa entre os horizontes e, na maioria das vezes, tem um horizonte espódico de cores escurecidas ou avermelhadas/amareladas, precedido.



Esta classe de solo é definida pela presença de horizonte diagnóstico B espódico (Figura 1) em sequência a horizonte E (álbico ou não) ou horizonte A, segundo critérios estabelecidos pelo SiBCS (Embrapa, 2006).

No campo, pode ser identificada pela cor do horizonte espódico, que varia desde cinzenta, de tonalidade escura ou preta, até avermelhada ou amarelada, e pela nítida diferenciação de horizontes. Podem apresentar um horizonte cimentado como fragipã, duripã ou “ortstein” subjacente ao horizonte espódico.

Verifica-se a atuação do processo de perda de compostos de alumínio com ou sem ferro em presença de húmus ácido e consequente acumulação desses constituintes em profundidade (IBGE, 2015).

São solos, em geral, moderada a fortemente ácidos, normalmente com saturação por bases baixa (distróficos), podendo ocorrer altos teores de alumínio extraível. A textura é predominantemente arenosa, sendo menos comumente textura média e raramente argilosa (tendente para média ou siltosa) no horizonte B espódico.

Variam de pouco profundos até muito profundos. A drenagem é muito variável, havendo estreita relação entre profundidade, grau de desenvolvimento, endurecimento ou cimentação do horizonte diagnóstico (B espódico) e a drenagem do solo.

As principais limitações desta classe de solo estão relacionadas a sua textura arenosa, presença de horizonte de impedimento e baixa fertilidade. A presença de horizonte fragipã, duripã ou “ortstein” pode causar impedimento à penetração das raízes e à infiltração de água.

6.1 Susceptibilidade a Erosão

Ao longo dos anos diversas metodologias foram sendo desenvolvidas com o intuito de mensurar os níveis de risco aos quais se encontram submetidas determinadas áreas. Algumas metodologias se pautam na utilização de modelos matemáticos e simulação, outras na utilização de sistemas de informações geográficas e técnicas de sobreposição de mapas, cada uma apresentando particularidades.

No Brasil, Crepani et al. (2001) propuseram uma metodologia da avaliação da vulnerabilidade à perda de solo que considera os fatores ambientais e antrópicos,



sendo essa pautada nos conceitos da ecodinâmica associada à utilização de imagens de satélite, permitindo assim uma visão sinótica, repetitiva e holística da paisagem. Podemos destacar que a metodologia proposta por Crepani et al. (2001) vem sendo utilizada desde regiões semiáridas à regiões com climas mais amenos, com grande diversidade de características físicas como também antrópicas.

Neste contexto, a perda do solo através dos processos erosivos vem sendo um dos grandes problemas identificados em diversas partes da superfície terrestre. D'Agostini (1999) considera que a percepção corrente dos processos erosivos se relaciona com seu aspecto físico degradador e há a necessidade de migração para o entendimento de uma ameaça à sustentabilidade das relações homem-meio, com modelagens não relacionadas à predição dos seus resultados, mas do equacionamento do problema e como esse pode interferir na natureza comportamental, de prioridades, de valores e critérios. O estudo do risco à perda do solo proposta por Crepani et al. (2001) se propõem a mensurar em que grau processos naturais de perda de solo ameaçam essa relação homem-meio, servindo assim de suporte à busca pelo equacionamento do problema.

A análise do risco proposto por esses mesmos autores se pauta numa escala que relaciona a pedogênese/morfogênese e o estágio da evolução morfodinâmica da unidade territorial básica, atribuindo valores de estabilidade.

Para a obtenção do Risco (Rs) utiliza-se um modelo empírico (Equação 1) aplicado individualmente a cada unidade territorial básica, que considera os aspectos: Geologia (G), Geomorfologia (R), Solos (S), Vegetação (Vg) e Clima (C), aos quais se associam valores. A média aritmética o relaciona a propensão ao risco dentro da escala de perda de solo.

$$Rs = (G + R + S + Vg + C)/5 \quad (1)$$

A escala de propensão susceptibilidade à perda de solo (Figura 65) varia conforme a categoria morfodinâmica, onde os valores mais próximos a 1,0 relacionam-se com maior estabilidade, valores em torno de 2,0, estabilidade intermediária e valores próximos a 3,0 são os mais instáveis.



Figura 66: A escala de propensão susceptibilidade à perda de solo

Unidade de Paisagem	Média		Propensão ao risco	Grau de Saturação			
				Vermelho	Verde	Azul	Cores
U1	↑ INSTABILIDADE ↓ ↓ ESTABILIDADE ↑	3,0	Instável	255	0	0	
U2		2,9		255	51	0	
U3		2,8		255	102	0	
U4		2,7		255	153	0	
U5		2,6	Moderadamente Instável	255	204	0	
U6		2,5		255	255	0	
U7		2,4		204	255	0	
U8		2,3	Medianamente Estável/Instável	153	255	0	
U9		2,2		102	255	0	
U10		2,1		51	255	0	
U11		2,0		0	255	0	
U12		1,9	Moderadamente Estável	0	255	51	
U13		1,8		0	255	102	
U14		1,7		0	255	153	
U15		1,6		0	255	204	
U16		1,5		0	255	255	
U17		1,4	Estável	0	204	255	
U18		1,3		0	153	255	
U19		1,2		0	102	255	
U20		1,1		0	51	255	
U21		1,0		0	0	255	

Fonte: adaptado de CREPANI et al. (2001)

6.1.1 Metodologia e procedimentos para elaboração do mapa de susceptibilidade a erosão

O mapa de susceptibilidade a erosão é um documento complexo que integra certo número de dados sobre o solo, geologia, geomorfologia, uso e ocupação da terra e climatologia de uma determinada área, os critérios para o grau referente a cada categoria estão apresentados a seguir.

6.1.1.1 Geologia

O mapeamento da geologia considerou a classificação por tipo de formação. Identificada esta, correlacionou-se com a litologia predominante e posteriormente com a escala de risco à denudação das rochas mais comuns apresentada por Crepani et al. (2001), classificando conforme observado na Tabela 16.



Tabela 16: Grau de susceptibilidade para o tema geologia

Litologia		Formação	Média	Propensão ao Risco
Sedimento	Aluvionar,	Depósitos Aluvionares	3,0	Instável
Sedimento Detrito-Laterítico				
Arenito,	Arenito	Grupo Barreiras	2,4	Moderadamente instável
conglomerático,	Argilito			
Arenoso				
Arenito		Formação Beberibe	2,4	Moderadamente instável

6.1.1.2 Geomorfologia

Para a construção do risco ao tema geomorfologia Crepani et al. (2001) sugerem que seja realizada a média aritmética dos riscos para os subtemas intensidade de dissecação do relevo pela drenagem, amplitude altimétrica e declividade, conforme observado na Equação 2.

$$R = (G + A + D)/3 \quad (2)$$

Onde: R = Risco para o tema geomorfologia. G = Risco atribuído à intensidade de dissecação do relevo. A = Risco atribuído à amplitude altimétrica. D = Risco atribuído à declividade.

A definição das faixas de valores adotados para a construção das três temáticas considerou a proposição de Crepani et al. (2001). Na elaboração da temática intensidade de dissecação do relevo foram consideradas as densidades de drenagem, que são o inverso dos valores de amplitude do interflúvio, definindo assim seus valores, classificando conforme apresentado na Tabela 17. Na temática declividade conforme apresentado na Tabela 18 e na temática amplitude altimetria conforme Tabela 19.

Tabela 17: Grau de susceptibilidade para o tema amplitude do interflúvio

Amplitude do interflúvio (m)	Média	Propensão ao Risco
750 - 1000	2,7	Instável



Tabela 18 - Grau de susceptibilidade para o tema declividade

Declividade (%)	Classe morfométrica	Média	Propensão ao Risco
<2	Muito Baixa	1,0	Estável
2 a 6	Baixa	1,5	Moderadamente estável
6 a 20	Média	2,0	Medianamente estável/instável
20 a 50	Alta	2,5	Moderadamente instável

Tabela 19 - Grau de susceptibilidade para o tema amplitude altimétrica

Amplitude altimétrica (m)	Média	Propensão ao Risco
<20	1,0	Estável
20 a 29,5	1,1	
29,5 a 39	1,2	
39 a 48,5	1,3	
48,5 a 58	1,4	Moderadamente estável
58 a 67,5	1,5	
67,5 a 77	1,6	
77 a 84,5	1,7	
84,5 a 94	1,8	Medianamente estável/instável
94 a 103,5	1,9	

6.1.1.3 Pedologia

O mapeamento da pedologia identificou as classes de solo as quais foram correlacionadas com os valores de estabilidade/instabilidade dos solos apresentados por Crepani et al. (2001). Na construção dessa escala os autores consideraram o grau de desenvolvimento ou maturidade do solo, sendo os solos desenvolvidos os mais estáveis e os menos desenvolvidos os mais instáveis. A Tabela 20, apresenta a relação entre classes de solo e a sua propensão ao risco.



Tabela 20 - Grau de susceptibilidade para o tema pedologia

Classe de solo	Média	Propensão ao Risco
Argissolo Vermelho Amarelo (PVA)	2,0	Medianamente Estável/Instável
Organossolos (O)	3,0	Instável
Gleissolos (G)	3,0	Instável

6.1.1.4 Vegetação, uso e ocupação do solo

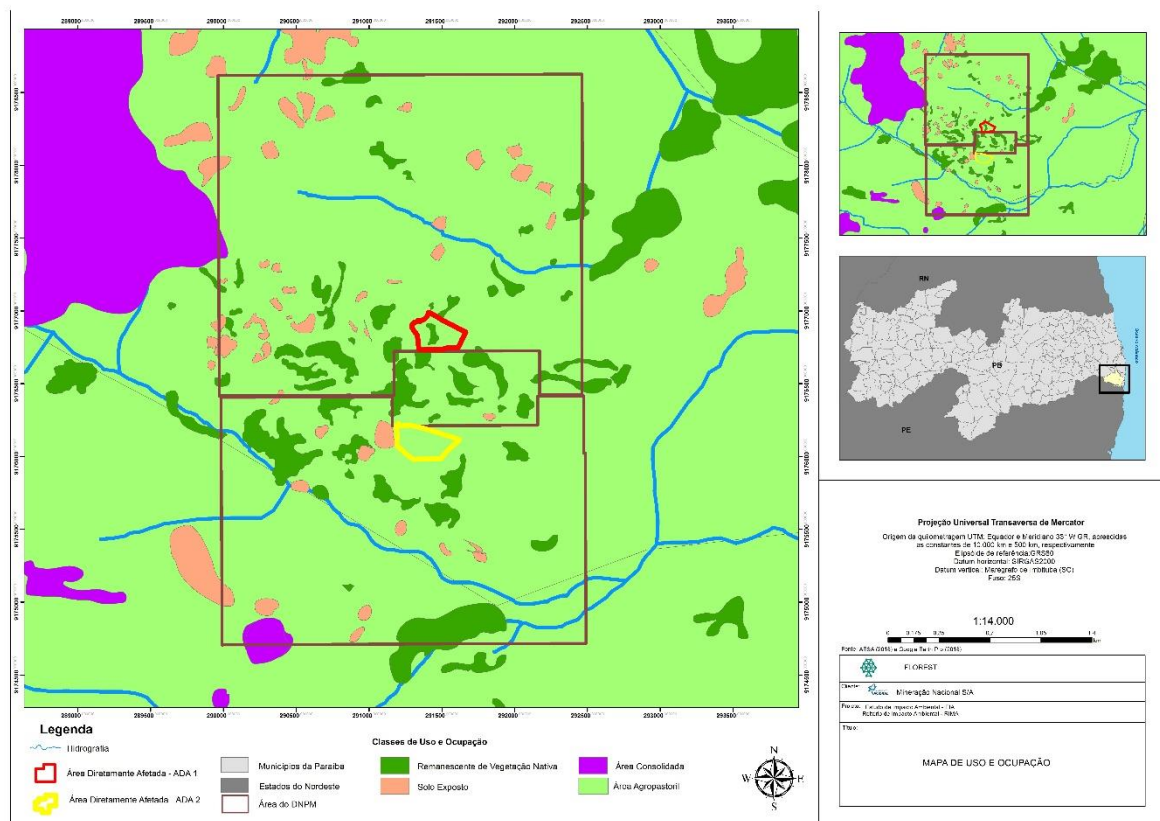
A definição do risco para o tema vegetação (uso e ocupação do solo) adaptou o método apresentado por Crepani et al. (2001), uma vez que esses consideram apenas a densidade da vegetação como parâmetro a ser obtido e não considera as demais formas de ocupação do solo. A Tabela 21, apresenta a correlação entre usos e sua propensão ao risco. A Figura 66 apresenta o mapa utilizado como base para o tema uso e ocupação do solo, este foi desenvolvido com base em imagens disponíveis pelo Google Earth, e processada utilizando o método de classificação supervisionada.

Tabela 21 - Grau de susceptibilidade para o tema uso e ocupação do solo

Uso	Média	Propensão ao Risco
Solo exposto	3,0	Instável
Agropecuária	2,2	Moderadamente/Instável
Vegetação	1,0	Estável



Figura 67 - Mapa de uso e ocupação do solo



Nas empreitadas de campo foi possível ser evidenciados as principais culturas agrícolas praticadas na região, as mais comuns são inhame (Figura 68), macaxeira, também foram identificados cultivos de acerola, milho entre outros (Figura 69 e Figura 70). A criação de bovinos e equinos também está presente, manejados nas áreas de planícies (Figura 71).

Figura 68 - Plantação de Inhame



Coordenadas: 289957.41 m E; 9176950.96 m S; Elv. 79m



Figura 69 - Plantação de Acerola



Coordenadas:
290490.82 m E;
9175806.83 m S; Elv. 14m

Figura 70 - Plantação de Macaxeira



Coordenadas:
290302.05 m E;
9176884.42 m S; Elv. 81m

Figura 71 - Uso da terra para pecuária



Coordenadas: 291468.50 m E; 9175195.79 m S; Elv. 13m.

6.1.1.5 Climatologia

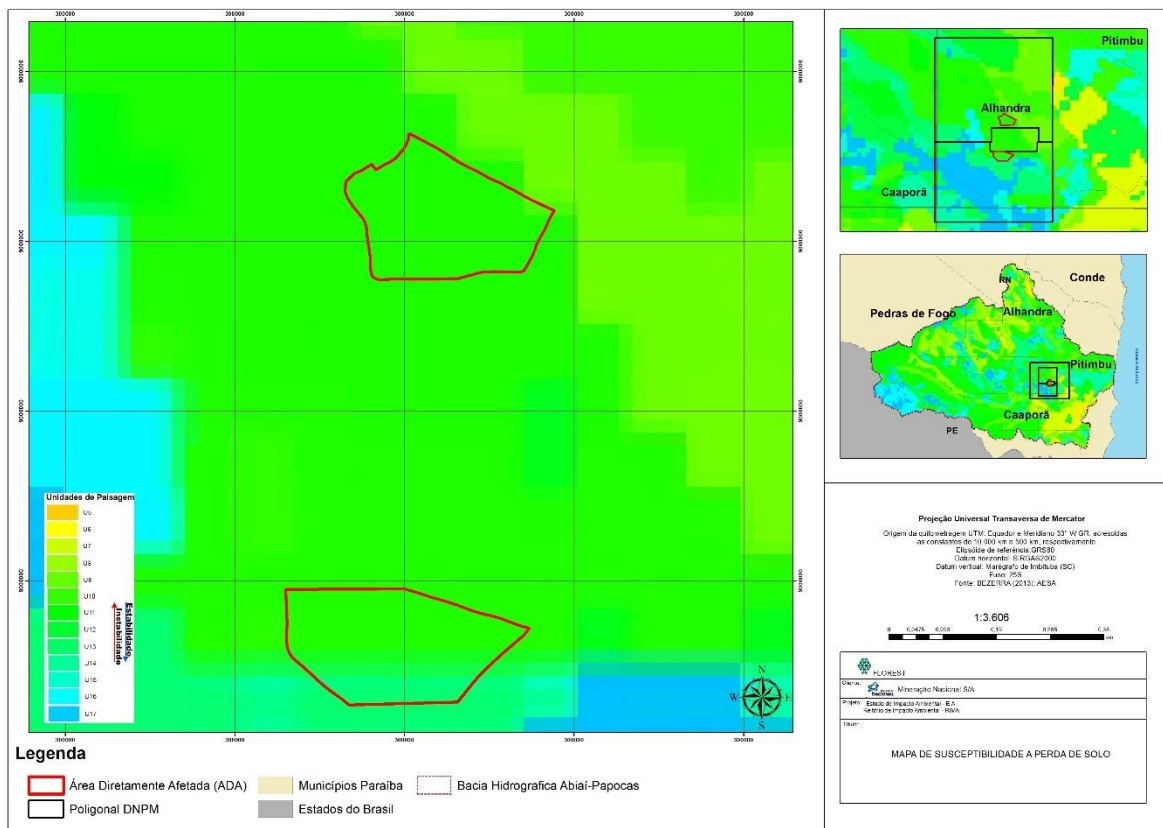
O mapeamento da climatologia apresentou a intensidade pluviométrica sendo correlacionada com a escala de erosividade da chuva e valores de risco à perda de solo apresentada por Crepani et al. (2001), classificando o risco ao clima conforme apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 - Grau de susceptibilidade para o tema climatologia

Intensidade pluviométrica (mm/mês)	Média	Propensão ao Risco
250 - 275	1,9	Medianamente estável/instável

Como resultante do cruzamento dos mapas temáticos dos cinco temas supracitados, temos representado na Figura 72 o mapa de fragilidade ambiental ou susceptibilidade a perda de solo da área de estudo.

Figura 72 - Mapa de fragilidade ambiental - susceptibilidade a perda de solo



Fonte: Adaptado de Bezerra (2013)

Da análise do mapa de fragilidade, podemos constatar que os valores de fragilidade dentro das áreas de estudo variaram entres as classificações U9 a U14. Predomina em 80% da área de cava a classificação Medianamente Estável/Instável, representados pela cor verde claro. Em uma pequena porção ao sul da cava 236, foi classificado como Moderadamente Estável. Não foi identificado na área sob análise a presença de porções instáveis classe que acende o alerta para uma alta taxa de susceptibilidade ambiental a perda de solo.

7 QUALIDADE DO AR

7.1 Introdução

Este documento tem a finalidade de apresentar os resultados do Monitoramento da Qualidade do Ar realizado no mês de julho, novembro e dezembro de 2018 nas áreas de influência das atividades industriais da Mineração Nacional.

São apresentados os resultados das amostragens realizadas em 7 (sete) dias consecutivos, nos períodos compreendidos entre os dias 14 a 20 de julho de 2018, nos pontos QAR01, QAR02 e QAR03, entre os dias 21 a 28 de julho de 2018, nos pontos QAR 04 e QAR05, entre os dias 20 a 26 de novembro de 2018, nos pontos QAR04 e QAR05, entre os dias 27 de novembro e 03 de dezembro de 2018, nos pontos QAR01 e QAR02, e 5 (cinco) dias consecutivos, no período compreendido entre os dias 21 a 28 de novembro de 2018, no ponto QAR03.

De acordo com o plano de monitoramento da qualidade do ar estavam previstos a realização de amostragens em 06 pontos, mas em uma das cavas foi realizada a medição em apenas 01 ponto, pois, o segundo ponto estava localizado numa plantação de cana de açúcar, sem energia elétrica.

7.2 Objetivo

O objetivo do trabalho é a caracterização da qualidade do ar na região, por meio de campanhas sazonais de amostragem no entorno do empreendimento proposto, com instalação de amostrador de grande volume (Hi-Vol) para medição da concentração de material particulado total em suspensão no ar e amostrador de grandes volumes (PM10) para medições da concentração de material particulado inalável em suspensão no ar.



7.3 Metodologia

Para realização do trabalho de monitoramento da qualidade do ar foram adotadas as metodologias definidas nas seguintes normas:

- ABNT NBR 13412: Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método do Amostrador de Grande Volume Acoplado a um Separador Inercial de Partículas;

- MÉTODO US EPA: “*Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere*”, contido no *Federal Register 40 CFR 50, Appendix*;

- ABNT NBR 9547: Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume;

- MÉTODO US EPA: “*Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere*”, contido no *Federal Register 40 CFR 50, Appendix B*.

Desta forma, estabeleceram-se 05 (cinco) pontos para realização do monitoramento (Figuras 73,74,75,76,77).



Figura 73: Amostradores de qualidade do ar no ponto de coleta 01 (QAR01), localizado na casa do Sr. Manassés, no município de Alhandra – PB. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR01: Zona – 25 M, 291168.20 m E, 9177588.00 m S.



Figura 74: Amostradores de qualidade do ar no ponto de coleta 02 (QAR02), localizado na casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.





Figura 75: Amostradores de qualidade do ar no ponto de coleta 03 (QAR03), localizado na casa do Sr. Severino, no município de Pitimbu – PB. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR03: Zona – 25 M, 295556.30 m E, 9170656.10 m S.



Figura 76: Amostradores de qualidade do ar no ponto de coleta 04 (QAR04), localizado na casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR04: Zona – 25 M, 292290.50 m E, 9176679.40 m S.





Figura 77: Amostradores de qualidade do ar no ponto de coleta 05 (QAR05), localizado na casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.



Para coleta partículas totais em suspensão, foram utilizados os *Amostradores de Grandes Volumes - “HI-VOL”*. Para coleta de partículas inaláveis foram utilizados os *Amostradores de Grandes Volumes para Partículas de até 10 μ m – “PM₁₀”*.

Os amostradores foram calibrados em campo, utilizando-se o calibrador padrão - Kit de Calibração. O Kit de Calibração foi calibrado pela AMBTECH - Serviços Técnicos Especiais, em Belo Horizonte, conforme descrito no *Formulário de Calibração*.

Índice de qualidade do ar

O Índice de Qualidade do Ar (IQA) foi concebido com base no “PSI - *Pollutant Standards Index*”, cujo desenvolvimento se baseou numa experiência acumulada de vários anos nos Estados Unidos e Canadá. Este índice foi desenvolvido nos Estados Unidos pela *Environmental Protection Agency* – EPA (Agência de Proteção Ambiental) a fim de padronizar a divulgação da qualidade do ar pelos meios de comunicação.



O índice é obtido através de uma função linear. Esta função relaciona a concentração do poluente com um número adimensional (IQA).

Para cada poluente medido é calculado um índice. Para efeito de divulgação é utilizado o índice mais elevado, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso.

Para a determinação do IQA, segue abaixo a Tabela 23 com as fórmulas de acordo com a concentração do material particulado em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ encontrado:

Tabela 23: Intervalo de concentrações para cálculo do índice de Qualidade do Ar – IQA utilizado no diagnóstico da qualidade do ar das áreas de influência da Mineração de Calcário da Brennand.

PTS – Partículas Totais em Suspensão (mg/m^3)	FORMULAS - IQA
0 - 80	$0,6250 \cdot Y$
81 - 240	$(0,3125 \cdot Y) + 25$
241 - 375	$(0,7407 \cdot Y) - 77,78$
376 - 625	$(0,4 \cdot Y) + 50$
626 - 875	$(0,4 \cdot Y) + 50$
>2100	$(0,8 \cdot Y) - 300$
PI – Partículas Inaláveis (mg/m^3)	FORMULAS - IQA
0 - 50	Y
51 - 150	$(0,5Y) + 25$
151 - 250	Y-50
251 - 420	$(0,5882Y) + 52,9412$
421 - 500	$(1,25Y) - 225$
>500	Y-100
Nota: Y – Concentração de material particulado em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ encontrado.	



Depois de calculado o valor do índice de qualidade do ar (IQA), o ar recebe uma qualificação, conforme Tabela 24 a seguir:

Tabela 24: Estrutura do índice de qualidade do ar com suas respectivas escalas e legislações.

IQA – Índice de Qualidade do AR	Qualidade do ar	Cor de referência	Resolução CONAMA 03/1990
0 - 50	BOA		Atende ao Padrão
051 - 100	REGULAR		
101 - 199	INADEQUADA		Não atende ao Padrão
200 - 299	MÁ		
300 - 399	PÉSSIMA		

7.4 Legislação Pertinente

A nível federal referencia-se a Resolução CONAMA nº 491 de 19 de novembro de 2018 que dispõe sobre os padrões da qualidade do ar (Tabela 25).

Tabela 25: Padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA 491/2018 para Partículas Totais em suspensão e Partículas inaláveis.

Concentração de Partículas Totais em suspensão*		
Legislação	Média de 24 horas(mg/m ³)	Média geométrica anual (mg/m ³)
Padrões Primários (CONAMA 491/2018)	240	80
Concentração de Partículas inaláveis*		
Legislação	Média de 24 horas(mg/m ³)	Média geométrica anual (mg/m ³)
Padrão Primários e Secundário (CONAMA 491/2018)	120	40
Nota: * Método de referência: método de separação inercial / Filtração ou método equivalente.		

Para o parâmetro de Partículas Inaláveis vale ressaltar que o valor de referência está classificado como padrão da qualidade do ar intermediário de acordo com o CONAMA 491/18. Isto significa que este padrão estabelece valores temporários a serem cumpridos em etapas.



7.5 Resultados

A seguir, apresentamos as tabelas com os resultados das análises de qualidade do ar realizadas entre os meses de julho, novembro e dezembro, nos cinco pontos de coleta da área diretamente afetada e indiretamente afetada pela Mineração de Calcário Brennand.

7.5.1 Resultados das medições de Partículas Totais em Suspensão

Tabela 26: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 01, na Casa do Sr. Manassés, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR01: Zona – 25 M, 291168.20 m E, 9177588.00 m S.

Início da coleta	Término da coleta	Concentração (mg/m³)	IQA	Qualidade do ar	Cor de referência
14/07/2018	15/07/2018	19,5	12	Boa	
15/07/2018	16/07/2018	32,2	20	Boa	
16/07/2018	17/07/2018	21,1	19	Boa	
17/07/2018	18/07/2018	29,5	18	Boa	
18/07/2018	19/07/2018	14,7	09	Boa	
19/07/2018	20/07/2018	23,8	15	Boa	
20/07/2018	21/07/2018	25,6	16	Boa	



Tabela 27: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 01, na Casa do Sr. Manassés, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR01: Zona – 25 M, 291168.20 m E, 9177588.00 m S.

Início da coleta	Concentração (mg/m³)	Padrão diário de Qualidade do ar (240 mg/m³)	Temperatura média do ar (°C)	Pressão atmosférica	Condições de clima
27/11/2018	32,6	Atende ao padrão	33	764	Céu claro e vento médio
28/11/2018	32,5	Atende ao padrão	31	764	Céu claro e vento médio
29/11/2018	33,2	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento médio
30/11/2018	36,2	Atende ao padrão	33	764	Céu claro e vento médio
01/12/2018	32,3	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento médio
02/12/2018	34,4	Atende ao padrão	30	764	Céu claro e vento médio
03/12/2018	43,9	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento médio

Tabela 28: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 02, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.

Início da coleta	Término da coleta	Concentração (mg/m³)	IQA	Qualidade do ar	Cor de referência
14/07/2018	15/07/2018	23,9	15	Boa	
15/07/2018	16/07/2018	21,1	13	Boa	
16/07/2018	17/07/2018	61,2	38	Boa	
17/07/2018	18/07/2018	22,6	14	Boa	
18/07/2018	19/07/2018	27,1	17	Boa	
19/07/2018	20/07/2018	19,1	12	Boa	
20/07/2018	21/07/2018	15,0	09	Boa	



Tabela 29: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 02, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.

Início da coleta	Concentração (mg/m³)	Padrão diário de Qualidade do ar (240 mg/m³)	Temperatura média do ar (°C)	Pressão atmosférica	Condições de clima
27/11/2018	20,9	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento forte
28/11/2018	28,7	Atende ao padrão	34	764	Céu claro e vento forte
29/11/2018	26,4	Atende ao padrão	33	764	Céu claro e vento médio
30/11/2018	18,5	Atende ao padrão	30	764	Céu nublado e vento médio
01/12/2018	25,6	Atende ao padrão	31	764	Céu nublado e vento médio
02/12/2018	24,5	Atende ao padrão	31	764	Céu claro e vento médio
03/12/2018	27,6	Atende ao padrão	31	764	Céu claro e vento médio

Tabela 30: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 03, na Casa do Sr. Severino, no município de Pitimbu – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR03: Zona – 25 M, 295556.30 m E, 9170656.10 m S.

Início da coleta	Término da coleta	Concentração (mg/m³)	IQA	Qualidade do ar	Cor de referência
14/07/2018	15/07/2018	22,8	14	Boa	
15/07/2018	16/07/2018	32,3	20	Boa	
16/07/2018	17/07/2018	47,1	29	Boa	
17/07/2018	18/07/2018	31,0	19	Boa	
18/07/2018	19/07/2018	29,4	18	Boa	
19/07/2018	20/07/2018	24,4	15	Boa	
20/07/2018	21/07/2018	35,3	22	Boa	



Tabela 31: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 03, na Casa do Sr. Severino, no município de Pitimbu – PB, no mês de novembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR03: Zona – 25 M, 295556.30 m E, 9170656.10 m S.

Início da coleta	Concentração (mg/m³)	Padrão diário de Qualidade do ar (240 mg/m³)	Temperatura média do ar (°C)	Pressão atmosférica	Condições de clima
21/11/2018	77,3	Atende ao padrão	31	762	Céu claro e vento forte
22/11/2018	49,6	Atende ao padrão	33	762	Céu claro e vento médio
23/11/2018	26,0	Atende ao padrão	29	762	Céu claro e vento médio
24/11/2018	14,7	Atende ao padrão	35	762	Céu claro e vento médio
25/11/2018	22,4	Atende ao padrão	33	762	Céu claro e vento médio
26/11/2018	*				
27/11/2018	*				

* Amostragem não autorizada pelo proprietário do terreno onde o equipamento estava instalado.

Tabela 32: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 04, na Casa do Sra. Romilda, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR04: Zona – 25 M, 292290.50 m E, 9176679.40 m S.

Início da coleta	Término da coleta	Concentração (mg/m³)	IQA	Qualidade do ar	Cor de referência
21/07/2018	22/07/2018	35,7	22	Boa	
23/07/2018	24/07/2018	49,3	31	Boa	
24/07/2018	25/07/2018	37,6	23	Boa	
25/07/2018	26/07/2018	15,2	10	Boa	
26/07/2018	27/07/2018	14,7	09	Boa	
27/07/2018	28/07/2018	46,9	29	Boa	
28/07/2018	29/07/2018	32,1	20	Boa	



Tabela 33: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 04, na Casa do Sra. Romilda, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR04: Zona – 25 M, 292290.50 m E, 9176679.40 m S.

Início da coleta	Concentração (mg/m³)	Padrão diário de Qualidade do ar (240 mg/m³)	Temperatura média do ar (°C)	Pressão atmosférica	Condições de clima
20/11/2018	53,2	Atende ao padrão	31	763	Céu claro e vento forte
21/11/2018	23,9	Atende ao padrão	31	763	Céu claro e vento forte
22/11/2018	38,2	Atende ao padrão	32	763	Céu claro e vento forte
23/11/2018	16,6	Atende ao padrão	35	763	Céu claro e vento médio
24/11/2018	36,8	Atende ao padrão	32	763	Céu claro e vento forte
25/11/2018	16,5	Atende ao padrão	31	763	Céu claro e vento forte
26/11/2018	22,8	Atende ao padrão	34	763	Céu claro e vento forte

Tabela 34: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 05, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR05: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.

Início da coleta	Término da coleta	Concentração (mg/m³)	IQA	Qualidade do ar	Cor de referência
21/07/2018	22/07/2018	23,4	15	Boa	
22/07/2018	23/07/2018	23,3	15	Boa	
23/07/2018	24/07/2018	16,4	10	Boa	
24/07/2018	25/07/2018	19,2	12	Boa	
25/07/2018	26/07/2018	15,9	10	Boa	
26/07/2018	27/07/2018	20,2	13	Boa	
27/07/2018	28/07/2018	37,7	24	Boa	



Tabela 35: Resultados das medições de PTS - HI-VOL no ponto QAR 05, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR05: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.

Início da coleta	Concentração (mg/m³)	Padrão diário de Qualidade do ar (240 mg/m³)	Temperatura média do ar (°C)	Pressão atmosférica	Condições de clima
20/11/2018	42,2	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento forte
21/11/2018	16,7	Atende ao padrão	31	764	Céu claro e vento forte
22/11/2018	17,9	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento forte
23/11/2018	14,9	Atende ao padrão	33	764	Céu claro e vento forte
24/11/2018	11,7	Atende ao padrão	31	764	Céu claro e vento forte
25/11/2018	13,5	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento forte
26/11/2018	22,2	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento forte

7.5.2 Resultados das medições de concentração de Partículas Inaláveis – PM10

Tabela 36: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 01, na Casa do Sr. Manassés, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR01: Zona – 25 M, 291168.20 m E, 9177588.00 m S.

Início da coleta	Término da coleta	Concentração (µg/m³)	IQA	Qualidade do ar	Cor de referência
14/07/2018	15/07/2018	15,4	15	Boa	
15/07/2018	16/07/2018	14,4	14	Boa	
16/07/2018	17/07/2018	20,8	21	Boa	
17/07/2018	18/07/2018	04,1	04	Boa	
18/07/2018	19/07/2018	15,2	15	Boa	
19/07/2018	20/07/2018	12,9	13	Boa	
20/07/2018	21/07/2018	17,8	18	Boa	



Tabela 37: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 01, na Casa do Sr. Manassés, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR01: Zona – 25 M, 291168.20 m E, 9177588.00 m S.

Início da coleta	Concentração (mg/m ³)	Padrão diário de Qualidade do ar (240 mg/m ³)	Temperatura média do ar (°C)	Pressão atmosférica	Condições de clima
27/11/2018	15,4	Atende ao padrão	33	764	Céu claro e vento médio
28/11/2018	15,8	Atende ao padrão	31	764	Céu claro e vento médio
29/11/2018	15,1	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento médio
30/11/2018	15,8	Atende ao padrão	33	764	Céu claro e vento médio
01/12/2018	15,0	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento médio
02/12/2018	20,9	Atende ao padrão	30	764	Céu claro e vento médio
03/12/2018	22,7	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento médio

Tabela 38: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 02, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.

Início da coleta	Término da coleta	Concentração (□g/m ³)	IQA	Qualidade do ar	Cor de referência
14/07/2018	15/07/2018	17,2	17	Boa	
15/07/2018	16/07/2018	14,8	15	Boa	
16/07/2018	17/07/2018	40,2	40	Boa	
17/07/2018	18/07/2018	17,2	17	Boa	
18/07/2018	19/07/2018	12,6	13	Boa	
19/07/2018	20/07/2018	15,0	15	Boa	
20/07/2018	21/07/2018	13,1	13	Boa	



Tabela 39: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 02, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR02: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.

Início da coleta	Concentração (mg/m ³)	Padrão diário de Qualidade do ar (240 mg/m ³)	Temperatura média do ar (°C)	Pressão atmosférica	Condições de clima
27/11/2018	09,4	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento forte
28/11/2018	15,5	Atende ao padrão	34	764	Céu claro e vento forte
29/11/2018	13,7	Atende ao padrão	33	764	Céu claro e vento médio
30/11/2018	10,7	Atende ao padrão	30	764	Céu nublado e vento médio
01/12/2018	12,8	Atende ao padrão	31	764	Céu nublado e vento médio
02/12/2018	16,1	Atende ao padrão	31	764	Céu claro e vento médio
03/12/2018	15,0	Atende ao padrão	31	764	Céu claro e vento médio

Tabela 40: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 03, na Casa do Sr. Severino, no município de Pitimbu – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR03: Zona – 25 M, 295556.30 m E, 9170656.10 m S.

Início da coleta	Término da coleta	Concentração (□g/m ³)	IQA	Qualidade do ar	Cor de referência
14/07/2018	15/07/2018	05,5	05	Boa	
15/07/2018	16/07/2018	08,9	09	Boa	
16/07/2018	17/07/2018	11,8	12	Boa	
17/07/2018	18/07/2018	08,1	08	Boa	
18/07/2018	19/07/2018	17,2	17	Boa	
19/07/2018	20/07/2018	05,9	06	Boa	
20/07/2018	21/07/2018	11,6	12	Boa	



Tabela 41: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 03, na Casa do Sr. Severino, no município de Pitimbu – PB, no mês de novembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR03: Zona – 25 M, 295556.30 m E, 9170656.10 m S.

Início da coleta	Concentração (mg/m³)	Padrão diário de Qualidade do ar (240 mg/m³)	Temperatura média do ar (°C)	Pressão atmosférica	Condições de clima
21/11/2018	22,1	Atende ao padrão	31	762	Céu claro e vento forte
22/11/2018	17,9	Atende ao padrão	33	762	Céu claro e vento médio
23/11/2018	25,1	Atende ao padrão	29	762	Céu claro e vento médio
24/11/2018	10,9	Atende ao padrão	35	762	Céu claro e vento médio
25/11/2018	15,6	Atende ao padrão	33	762	Céu claro e vento médio
26/11/2018	*				
27/11/2018	*				

* Amostragem não autorizada pelo proprietário do terreno onde o equipamento estava instalado.

Tabela 42: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 04, na Casa do Sra. Romilda, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR04: Zona – 25 M, 292290.50 m E, 9176679.40 m S.

Início da coleta	Término da coleta	Concentração (□g/m³)	IQA	Qualidade do ar	Cor de referência
21/07/2018	22/07/2018	24,4	24	Boa	
23/07/2018	24/07/2018	31,0	31	Boa	
24/07/2018	25/07/2018	19,1	19	Boa	
25/07/2018	26/07/2018	12,9	13	Boa	
26/07/2018	27/07/2018	02,6	03	Boa	
27/07/2018	28/07/2018	28,2	28	Boa	
28/07/2018	29/07/2018	27,3	27	Boa	



Tabela 43: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 04, na Casa do Sra. Romilda, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR04: Zona – 25 M, 292290.50 m E, 9176679.40 m S.

Início da coleta	Concentração (mg/m³)	Padrão diário de Qualidade do ar (240 mg/m³)	Temperatura média do ar (°C)	Pressão atmosférica	Condições de clima
20/11/2018	10,4	Atende ao padrão	31	763	Céu claro e vento médio
21/11/2018	12,9	Atende ao padrão	31	763	Céu claro e vento médio
22/11/2018	08,0	Atende ao padrão	32	763	Céu claro e vento médio
23/11/2018	09,4	Atende ao padrão	35	763	Céu claro e vento médio
24/11/2018	07,5	Atende ao padrão	32	763	Céu claro e vento médio
25/11/2018	10,7	Atende ao padrão	31	763	Céu claro e vento médio
26/11/2018	15,1	Atende ao padrão	34	763	Céu claro e vento médio

Tabela 44: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 05, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de julho de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR05: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.

Início da coleta	Término da coleta	Concentração (□g/m³)	IQA	Qualidade do ar	Cor de referência
21/07/2018	22/07/2018	17,1	17	Boa	
22/07/2018	23/07/2018	14,9	15	Boa	
23/07/2018	24/07/2018	15,1	15	Boa	
24/07/2018	25/07/2018	24,3	24	Boa	
25/07/2018	26/07/2018	13,3	13	Boa	
26/07/2018	27/07/2018	20,9	21	Boa	
27/07/2018	28/07/2018	29,9	30	Boa	



Tabela 45: Resultados das medições de PI – PM₁₀ no ponto QAR 05, na Casa do Sr. Guilherme, no município de Alhandra – PB, no mês de novembro e dezembro de 2018. Coordenada geográfica do ponto de coleta QAR05: Zona – 25 M, 291292.60 m E, 9176734.10 m S.

Início da coleta	Concentração (mg/m³)	Padrão diário de Qualidade do ar (240 mg/m³)	Temperatura média do ar (°C)	Pressão atmosférica	Condições de clima
20/11/2018	11,2	Atende ao padrão	33	764	Céu claro e vento médio
21/11/2018	14,6	Atende ao padrão	31	764	Céu claro e vento médio
22/11/2018	13,0	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento médio
23/11/2018	12,1	Atende ao padrão	33	764	Céu claro e vento médio
24/11/2018	09,3	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento médio
25/11/2018	09,7	Atende ao padrão	30	764	Céu claro e vento médio
26/11/2018	15,2	Atende ao padrão	32	764	Céu claro e vento médio

7.6 Conclusão

De acordo com os resultados apresentados, os monitoramentos de qualidade do ar realizados no mês de julho, novembro e dezembro de 2018, para os parâmetros de PTS e PI, apresentaram em 100% das medições a condição “BOA”, para o IQA “Índice de qualidade do ar”, atendo assim os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491 de 19 de novembro de 2018.

Por fim, não foi realizado a modelagem atmosférica, solicitado no termo de referência visto que na atividade não existe fontes estacionárias.

8 RUIDOS

8.1 Apresentação

O presente Laudo foi elaborado em atendimento à solicitação da empresa Mineração Nacional S.A. com a finalidade de obter uma conclusão em relação ao ruído nas áreas onde serão usadas na extração mineral para a concessão de licenças e autorizações, quando na operação e/ou funcionamento do empreendimento.

Apresenta os resultados de avaliação sonora produzida antes da operação (extração mineral). Tem o objetivo de adequar a atividade à qualidade de vida da população residente nas áreas ou nas proximidades, através de medidas preventivas evitando o desequilíbrio ecológico e garantindo o conforto sonoro de todos os envolvidos naqueles espaços.

As informações contidas neste documento, foram obtidas através de medições de ruídos em locais específicos dentro e no entorno das 02 (duas) áreas em estudo, onde chamaremos a partir de agora de: ÁREA 01; ÁREA 02.

8.2 Legislação

Os documentos legais de controle das emissões são Leis e Decretos que indicam o nível de ruídos máximos permitidos em cada área urbana, e em diferentes horários. Nesta avaliação foram considerados as Normas Brasileiras NBR 10.151 - Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, 10.152 - Níveis de ruído para conforto acústico e o Decreto Estadual da Paraíba N° 15.357/93 - Estabelece padrões de emissões de ruídos e vibrações bem como outros Condicionantes Ambientais e dá outras providências.



8.3 Materiais E Métodos

8.3.1 Equipamentos Utilizados

O equipamento utilizado para realizar as medições foi um Medidor Multifuncional ITMP-600 (Figura 78). As características técnicas são:

- ✓ NÚMERO DE SÉRIE: MBEC022496
- ✓ MODELO: ITMP-600
- ✓ DATA DE CALIBRAÇÃO: 07/08/2018
- ✓ MARCA: Instrutemp

Figura 78: Multifuncional ITMP-600 Instrutemp





8.3.2 Metodologia

A metodologia utilizada para a avaliação foi baseada nas normas técnicas NBR 10.151, NBR 10.152 e Decreto Estadual da Paraíba N° 15.357/93.

Foram realizadas medidas, para fins de comparação, no período diurno antes do início da operação de extração mineral. As avaliações foram realizadas em consonância com o decreto estadual da Paraíba.

8.3.2.1 Forma de Medição

As medidas foram realizadas em 10 pontos estratégicos para cada área de estudo (ÁREA 01; ÁREA 02), pontos internos e externos das poligonais, de acordo com seguintes padrões preestabelecidos para ambientes externos e ambientes internos:

8.3.2.2 Ambiente Externo:

- ✓ Altura do microfone entre 1,20 - 1,50 m acima do solo;
- ✓ A distância de 3,5 m do microfone de superfície refletiva, como muros;
- ✓ Microfone esteve equipado com protetor de vento;
- ✓ Não havia ocorrência de chuva no momento das medições.

8.3.2.3 Ambiente Interno:

- ✓ Altura do microfone entre 1,20 - 1,50 m do piso;
- ✓ Distância mínima das paredes de 1 m;

8.3.2.4 Legislação Aplicada

As legislações aplicadas para análise dos ruídos registrados no período diurno, antes da operação foram as estabelecidas nas NBR 10.151, NBR 10.152 e no Decreto Estadual 15.357/93 (Tabela 46).



Tabela 46: Níveis de sons estabelecidos na NBR 10.151 e no Decreto Estadual 15.357/93. Na tabela já estão incluídos no nível básico de 45 dB(A) os critérios de correção diurno (O dBA), noturno (-5 dBA) e os critérios de zona hospital (O dBA), residencial urbana (ZA

Níveis Sonoros dB(A)					
Zonas de Ruído	NBR 10.151		Decreto Estadual 15.357/93		
	Diurno	Noturno	Diurno	Vespertino	Noturno
Hospital	45	40	-	-	-
Residencial Urbana	55	50	55	50	45
Diversificado (comércio, indústria, residências)	65	60	65	60	55
Industrial	70	65	70	60	60

8.4 Localização das Áreas Caracterização dos Pontos Amostrado

As áreas estão localizadas nos municípios de Alhandra – PB (ÁREA 01 E ÁREA 02), medindo 6,1 hectares e 7,0 hectares respectivamente (Figura 79). Os 20 (vinte) pontos predeterminados foram selecionados no entorno das duas áreas, como também em seu interior conforme apresentados nas Tabelas 47 e 48 e nas Figuras 79 e 80 abaixo.



Figura 79: Mapa de localização das áreas.

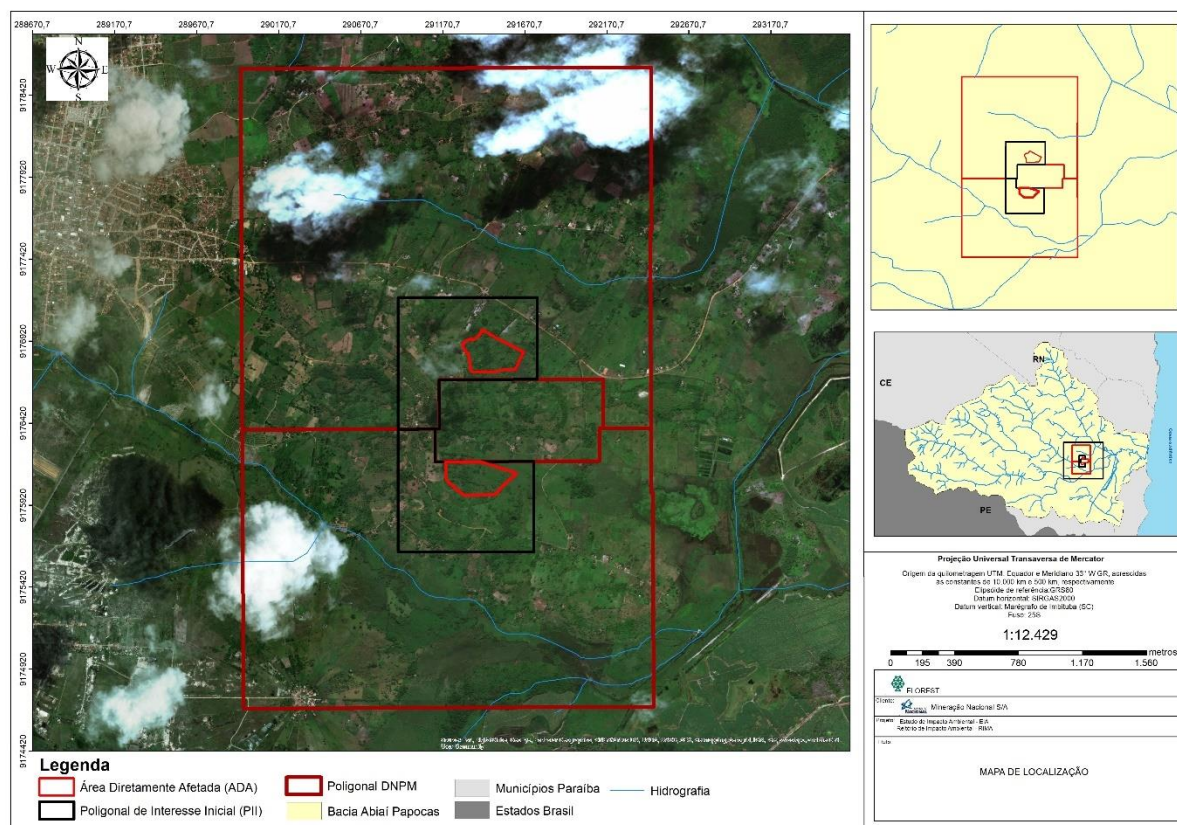
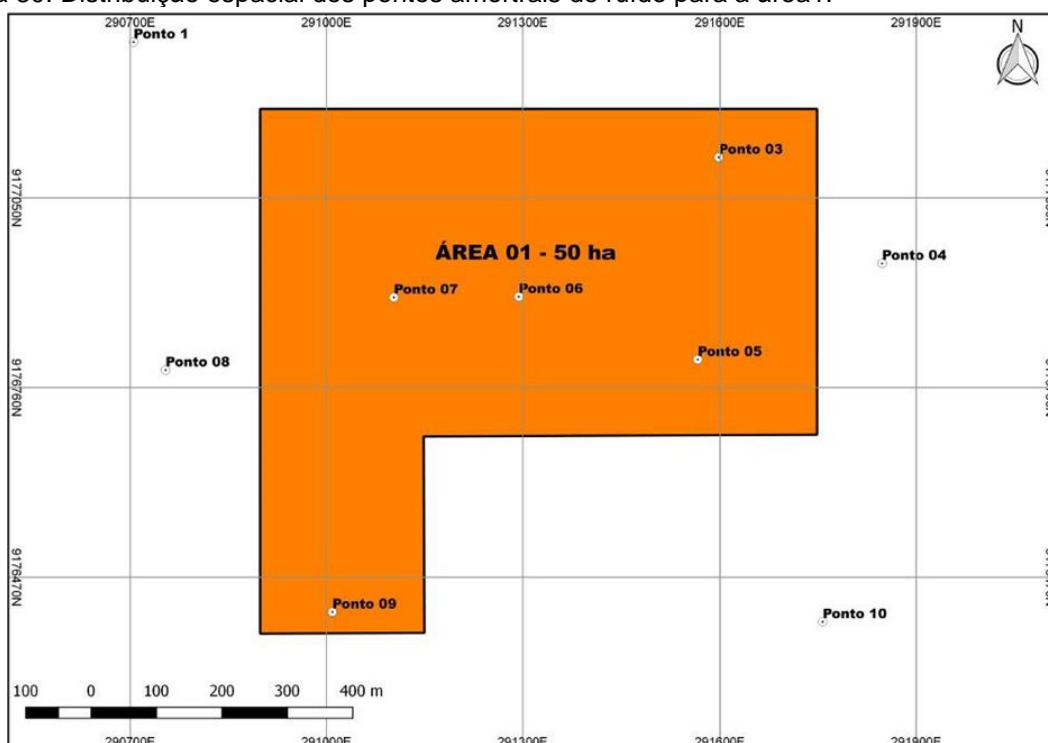


Tabela 47 - Coordenadas de localização dos pontos amortais para a área 1

Local e data		Alhandra – PB / área 01 / 20.11.2018		
Pontos	Coordenadas (UTM) X/Y	Turno	Ambiente antes do início da operação	
			(dB)	Observações
1	290705 / 9177288	Diurno	49,7	Ambiente natural sem interferência
2	291036 / 9177345	Diurno	49,5	Ambiente natural sem interferência
3	291598 / 9177112	Diurno	51,6	Ambiente natural sem interferência
4	291848 / 9176950	Diurno	51,6	Ambiente natural sem interferência
5	291566 / 9176803	Diurno	51,4	Ambiente natural sem interferência
6	291294 / 9176899	Diurno	51,6	Ambiente natural sem interferência
7	291103 / 9176898	Diurno	49,8	Ambiente natural sem interferência
8	290754 / 9176787	Diurno	48,4	Ambiente natural sem interferência
9	291009 / 9176417	Diurno	50,2	Ambiente natural sem interferência
10	291757 / 9176402	Diurno	58,6	Ambiente natural sem interferência



Figura 80: Distribuição espacial dos pontos amortais de ruído para a área1.



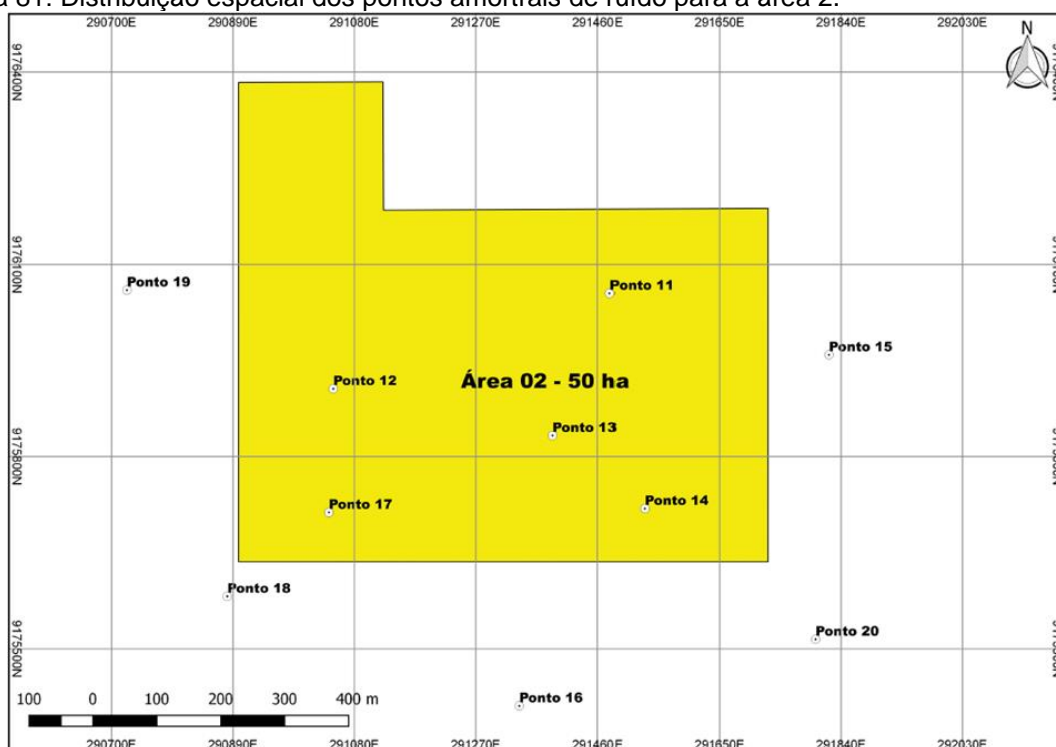
Fonte: Mapa produzido no programa QGis 2.16.1.

Tabela 48 - Coordenadas de localização dos pontos amortais para a área 2

Local e data		Alhandra – PB / área 02 / 20.11.2018		
Pontos	Coordenadas (UTM) X/Y	Turno	Ambiente antes do início da operação	
			(dB)	Observações
11	291479 / 9176055	Diurno	50,2	Ambiente natural sem interferência
12	291047 / 9175906	Diurno	55,7	Presença de uma pedreira
13	291390 / 9175833	Diurno	46,5	Ambiente natural sem interferência
14	291533 / 9175719	Diurno	52,7	Ambiente natural sem interferência
15	291821 / 9175959	Diurno	49,9	Ambiente natural sem interferência
16	291338 / 9175411	Diurno	50,1	Ambiente natural sem interferência
17	291040 / 9175713	Diurno	54,3	Ambiente natural sem interferência
18	290881 / 9175582	Diurno	54,8	Ambiente natural sem interferência
19	290724 / 9176060	Diurno	48,1	Ambiente natural sem interferência
20	291800 / 9175515	Diurno	46,6	Ambiente natural sem interferência



Figura 81: Distribuição espacial dos pontos amotrals de ruído para a área 2.



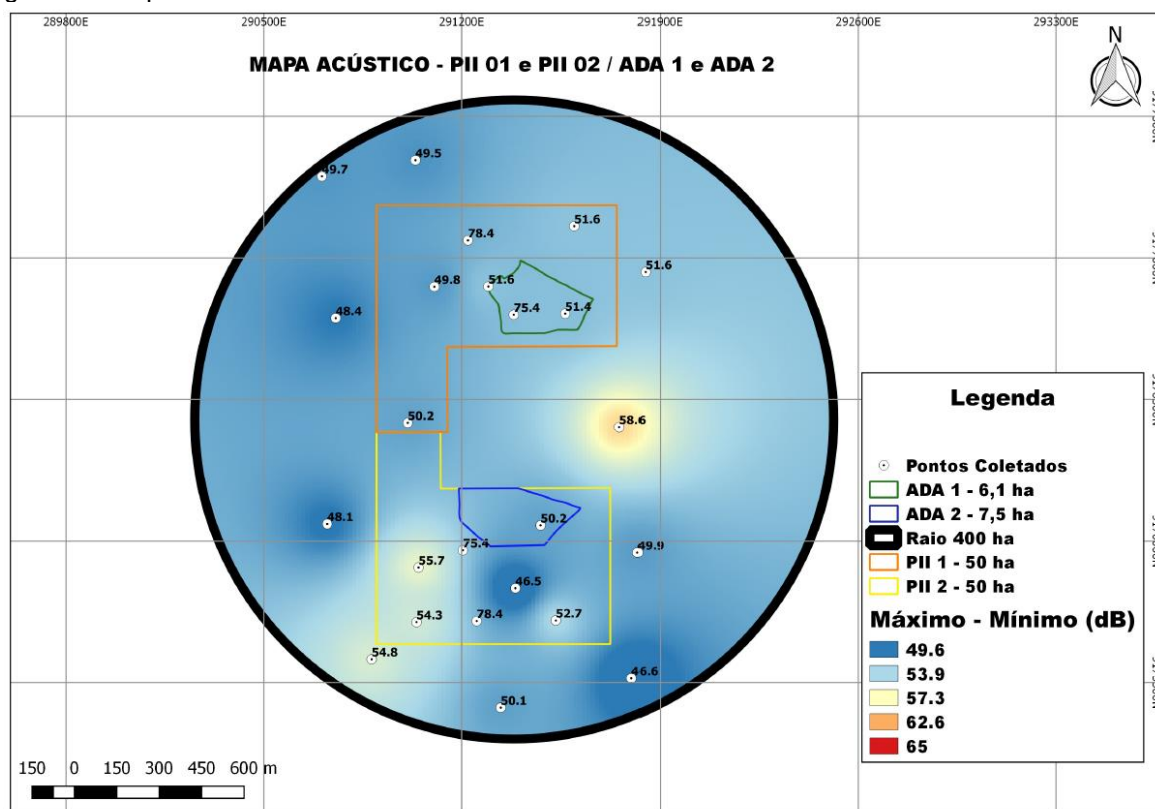
Fonte: Mapa produzido no programa QGis 2.16.1.

8.5 Mapas Acústicos

A Figura 81 representa o mapa acústico das áreas 01 e 02, os postos (dB) indicam as médias das medições de ruído, conforme mostrado nas figuras 03 e 04 com respectivas tabelas de caracterização. A legenda demonstra o valor mínimo (46.5 dB) medido nas áreas e o valor máximo (65 dB) permitido pela legislação.



Figura 82: Mapa acústico das ÁREAS 01 e 02.



Fonte: Mapa produzido no programa QGis 2.16.1.

8.6 Resultados – Avaliação Sonora

8.6.1 Área 01 – Tabelas E Gráficos Com Nível De Ruído

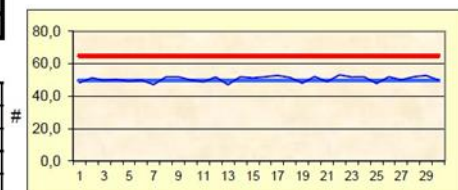
Foram realizadas medições de ruído na área 01, antes do início das atividades, para fins de comparação e monitoramento durante a operação do empreendimento. O tempo de duração de cada medida foi de aproximadamente 5 a 10 minutos. Os quadros que seguem, mostram os registros sonoros nos pontos predeterminados no período diurno. As planilhas de avaliação quantitativa de ruído subsequentes enfatizam a quantificação sonora no interior e entorno da área.



CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos					
01 48,2	02 51,2	03 49,8	04 50,3	05 49,2	06 49,9
07 47,2	08 51,9	09 52,0	10 49,9	11 48,8	12 51,8
13 47,1	14 52,0	15 51,3	16 51,9	17 52,7	18 51,6
19 48,0	20 52,1	21 49,0	22 53,1	23 51,8	24 52,0
25 47,8	26 52,0	27 50,0	28 52,0	29 52,8	30 49,9

LOCAL	ÁREA 1 / Ponto 1
DATA	20/11/2018



Leq(dBA)	49,7
----------	------

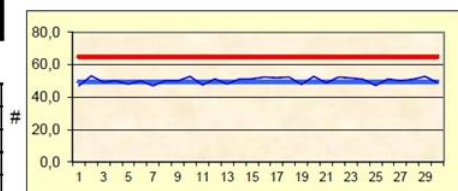
Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos					
01 47,0	02 53,1	03 49,2	04 50,0	05 48,0	06 50,0
07 47,0	08 50,2	09 50,1	10 52,8	11 47,5	12 51,2
13 48,1	14 51,1	15 51,2	16 52,4	17 51,9	18 52,3
19 47,9	20 52,8	21 48,8	22 52,3	23 51,8	24 51,0
25 47,2	26 51,1	27 50,2	28 51,0	29 52,8	30 49,0

LOCAL	ÁREA 1 / Ponto 2
DATA	20/11/2018



Leq(dBA)	49,5
----------	------

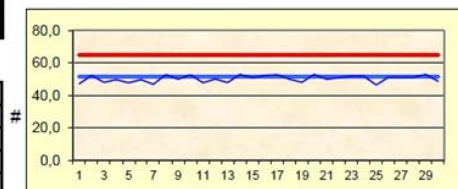
Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos					
01 47,2	02 52,3	03 48,1	04 49,8	05 47,9	06 49,7
07 46,9	08 52,9	09 50,0	10 52,8	11 47,8	12 50,2
13 48,0	14 53,0	15 51,0	16 52,3	17 52,9	18 50,0
19 48,1	20 53,0	21 50,0	22 51,0	23 51,9	24 52,0
25 46,5	26 51,3	27 51,3	28 51,2	29 53,0	30 48,8

LOCAL	ÁREA 1 / Ponto 3
DATA	20/11/2018



Leq(dBA)	51,6
----------	------

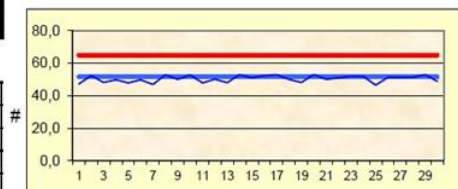
Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos					
01 47,2	02 52,3	03 48,1	04 49,8	05 47,9	06 49,7
07 46,9	08 52,9	09 50,0	10 52,8	11 47,8	12 50,2
13 48,0	14 53,0	15 51,0	16 52,3	17 52,9	18 50,0
19 48,1	20 53,0	21 50,0	22 51,0	23 51,9	24 52,0
25 46,5	26 51,3	27 51,3	28 51,2	29 53,0	30 48,8

LOCAL	ÁREA 1 / Ponto 4
DATA	20/11/2018



Leq(dBA)	51,6
----------	------

Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

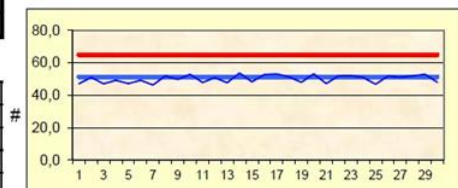


CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	47,0	02	51,0	03	47,0	04	49,2	05	47,2	06	49,2
07	46,3	08	51,9	09	49,8	10	52,9	11	47,8	12	50,8
13	47,7	14	53,7	15	48,2	16	52,7	17	53,2	18	51,2
19	48,0	20	53,2	21	47,2	22	52,0	23	52,1	24	51,0
25	46,8	26	51,8	27	51,1	28	52,0	29	52,9	30	48,0

LOCAL	ÁREA 1 / Ponto 5
DATA	20/11/2018



Leq(dBA) **51,4**

Máx. permitido (dBA) **65,0**

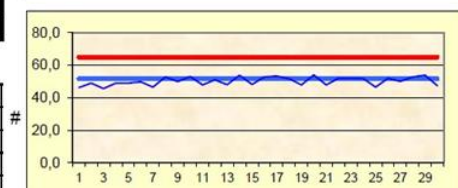
NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	46,2	02	49,0	03	45,6	04	48,9	05	48,9	06	49,8
07	46,5	08	52,7	09	49,9	10	53,0	11	47,8	12	51,0
13	48,0	14	53,9	15	48,1	16	52,8	17	53,3	18	51,7
19	47,9	20	54,0	21	47,9	22	51,9	23	52,0	24	51,8
25	46,5	26	52,0	27	50,0	28	52,8	29	53,8	30	47,3

LOCAL	ÁREA 1 / Ponto 6
DATA	20/11/2018



Leq(dBA) **51,6**

Máx. permitido (dBA) **65,0**

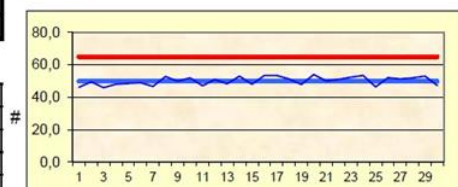
NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	46,1	02	49,5	03	45,9	04	48,0	05	48,5	06	49,0
07	46,6	08	52,8	09	49,9	10	52,0	11	47,0	12	51,0
13	48,2	14	53,0	15	48,0	16	53,4	17	53,5	18	51,2
19	47,8	20	54,0	21	50,0	22	51,0	23	52,4	24	53,4
25	46,4	26	52,1	27	51,2	28	52,0	29	53,0	30	47,2

LOCAL	ÁREA 1 / Ponto 7
DATA	20/11/2018



Leq(dBA) **49,8**

Máx. permitido (dBA) **65,0**

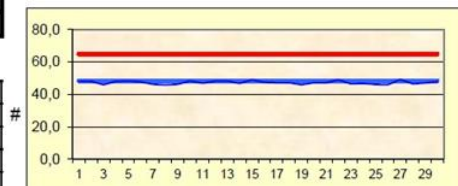
NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	48,0	02	48,0	03	45,9	04	48,0	05	48,2	06	47,7
07	46,2	08	45,8	09	46,2	10	48,2	11	46,9	12	48,1
13	48,2	14	46,8	15	49,0	16	47,5	17	47,2	18	47,2
19	46,0	20	47,2	21	47,2	22	49,0	23	46,5	24	46,8
25	46,1	26	46,0	27	49,2	28	46,5	29	47,1	30	47,9

LOCAL	ÁREA 1 / Ponto 8
DATA	20/11/2018



Leq(dBA) **48,4**

Máx. permitido (dBA) **65,0**

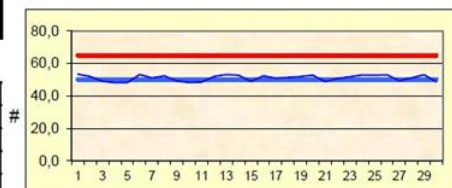
NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO



CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos					
01 53,4	02 51,9	03 48,9	04 48,2	05 48,2	06 53,1
07 51,1	08 52,3	09 49,2	10 48,3	11 48,6	12 52,0
13 53,1	14 52,7	15 49,0	16 52,3	17 51,0	18 51,4
19 52,0	20 52,8	21 48,8	22 50,7	23 51,8	24 52,9
25 52,8	26 53,0	27 49,3	28 51,1	29 53,0	30 48,7

LOCAL	ÁREA 1 / Ponto 9
DATA	20/11/2018



Leq(dBA)	50,2
----------	------

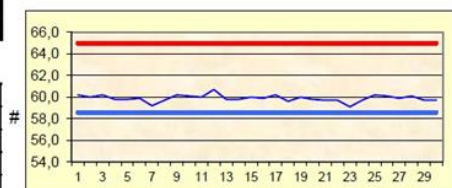
Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos					
01 60,2	02 60,0	03 60,2	04 59,8	05 59,8	06 59,9
07 59,2	08 59,7	09 60,2	10 60,1	11 60,0	12 60,7
13 59,8	14 59,8	15 60,0	16 59,9	17 60,2	18 59,6
19 60,0	20 59,8	21 59,7	22 59,7	23 59,1	24 59,7
25 60,2	26 60,1	27 59,9	28 60,1	29 59,7	30 59,7

LOCAL	ÁREA 1 / Ponto 10
DATA	20/11/2018



Leq(dBA)	58,6
----------	------

Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

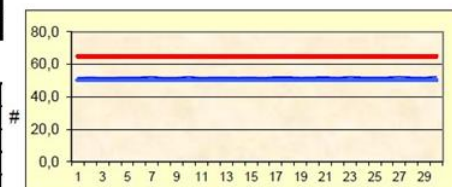
8.6.2 Área 02 – Tabelas E Gráficos Com Nível De Ruído

Foram realizadas medições de ruído na área 02, antes do início das atividades, para fins de comparação e monitoramento durante a operação do empreendimento. O tempo de duração de cada medida foi de aproximadamente 5 a 10 minutos. Os quadros que seguem, mostram os registros sonoros nos pontos predeterminados no período diurno. As planilhas de avaliação quantitativa de ruído subsequentes enfatizam a quantificação sonora no interior e entorno da área.

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos					
01 51,7	02 52,0	03 51,7	04 51,8	05 51,9	06 51,9
07 52,2	08 51,7	09 51,8	10 52,2	11 51,7	12 52,0
13 52,0	14 51,8	15 52,0	16 51,7	17 52,1	18 52,1
19 51,8	20 52,0	21 52,1	22 51,8	23 52,2	24 52,0
25 52,0	26 51,9	27 52,3	28 51,9	29 51,8	30 52,3

LOCAL	ÁREA 2 / Ponto 11
DATA	20/11/2018



Leq(dBA)	50,2
----------	------

Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

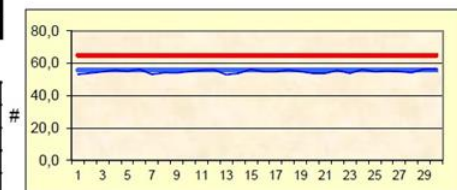


CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	53,2	02	54,0	03	54,8	04	55,8	05	55,1	06	56,3
07	53,2	08	54,2	09	54,1	10	54,9	11	55,7	12	56,0
13	53,0	14	53,8	15	56,3	16	55,0	17	54,8	18	55,9
19	55,0	20	53,9	21	53,8	22	55,6	23	53,8	24	56,1
25	54,8	26	55,2	27	54,9	28	54,3	29	56,4	30	56,4

LOCAL	ÁREA 2 / Ponto 12
DATA	20/11/2018



Leq(dBA) **55,7**

Máx. permitido (dBA) **65,0**

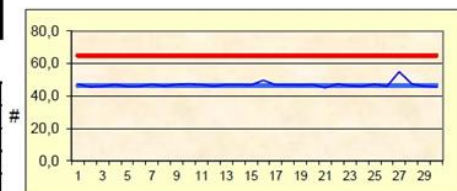
NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	47,3	02	45,5	03	45,9	04	47,0	05	45,8	06	45,9
07	47,2	08	46,1	09	47,2	10	47,4	11	47,1	12	45,9
13	47,0	14	47,1	15	46,8	16	49,6	17	46,9	18	46,9
19	46,8	20	47,0	21	45,0	22	47,5	23	46,2	24	46,0
25	47,3	26	45,9	27	54,9	28	47,5	29	46,0	30	45,5

LOCAL	ÁREA 2 / Ponto 13
DATA	20/11/2018



Leq(dBA) **46,5**

Máx. permitido (dBA) **65,0**

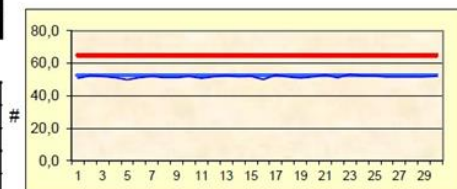
NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	50,9	02	52,3	03	51,9	04	51,3	05	49,9	06	51,2
07	51,9	08	51,2	09	51,2	10	51,9	11	50,9	12	51,8
13	52,3	14	51,8	15	52,1	16	50,0	17	52,7	18	51,7
19	51,0	20	51,7	21	52,9	22	51,1	23	53,2	24	52,3
25	52,3	26	51,6	27	51,7	28	51,5	29	51,7	30	52,1

LOCAL	ÁREA 2 / Ponto 14
DATA	20/11/2018



Leq(dBA) **52,7**

Máx. permitido (dBA) **65,0**

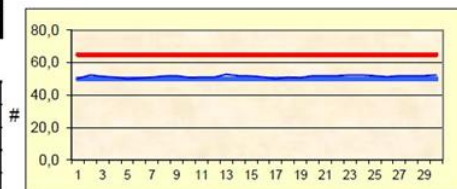
NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	50,2	02	52,4	03	51,5	04	51,0	05	50,0	06	50,4
07	51,0	08	51,8	09	52,0	10	50,9	11	51,0	12	51,0
13	52,8	14	52,0	15	51,8	16	51,1	17	50,0	18	51,0
19	50,7	20	52,0	21	52,0	22	51,9	23	52,3	24	52,4
25	51,9	26	51,2	27	51,9	28	52,0	29	51,9	30	52,3

LOCAL	ÁREA 2 / Ponto 15
DATA	20/11/2018



Leq(dBA) **49,9**

Máx. permitido (dBA) **65,0**

NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

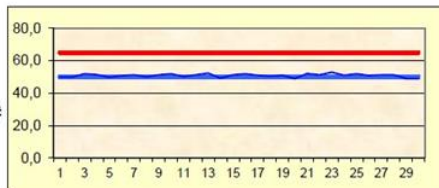


CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	50,0	02	49,9	03	52,0	04	51,4	05	49,7	06	50,7
07	51,2	08	50,0	09	51,2	10	52,0	11	50,2	12	51,2
13	52,3	14	49,2	15	51,3	16	51,9	17	51,0	18	50,4
19	51,0	20	49,0	21	52,1	22	51,3	23	52,9	24	51,0
25	52,0	26	50,9	27	51,2	28	51,2	29	49,0	30	48,9

LOCAL	ÁREA 2 / Ponto 16
DATA	20/11/2018



Leq(dBA)	50,1
----------	------

Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

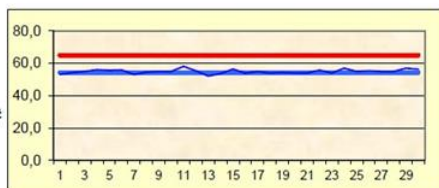
NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	53,1	02	54,2	03	54,9	04	56,0	05	55,6	06	55,9
07	53,0	08	54,6	09	55,0	10	55,0	11	58,1	12	55,3
13	52,1	14	53,6	15	56,4	16	53,9	17	55,0	18	54,0
19	54,2	20	54,0	21	54,0	22	55,7	23	54,0	24	57,0
25	54,9	26	55,3	27	55,0	28	54,9	29	57,0	30	56,3

LOCAL	ÁREA 2 / Ponto 17
DATA	20/11/2018



Leq(dBA)	54,3
----------	------

Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

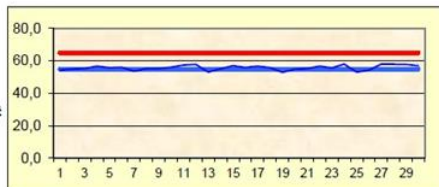
NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	54,2	02	55,0	03	55,2	04	56,7	05	55,8	06	56,0
07	53,6	08	55,2	09	55,2	10	56,0	11	57,4	12	57,8
13	53,0	14	55,1	15	57,0	16	55,9	17	56,7	18	55,7
19	52,9	20	54,8	21	55,2	22	56,7	23	55,6	24	58,0
25	53,0	26	54,2	27	58,0	28	57,9	29	57,8	30	57,0

LOCAL	ÁREA 2 / Ponto 18
DATA	20/11/2018



Leq(dBA)	54,8
----------	------

Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

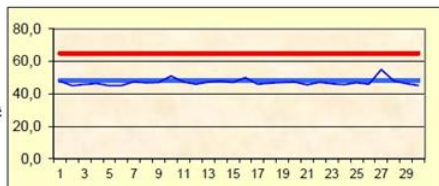
NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

Níveis medidos

01	47,9	02	45,0	03	45,8	04	46,3	05	45,0	06	45,2
07	47,5	08	46,8	09	47,1	10	51,0	11	47,3	12	46,0
13	47,3	14	47,9	15	47,0	16	50,0	17	46,0	18	46,7
19	47,0	20	47,3	21	45,6	22	47,2	23	46,2	24	45,7
25	46,9	26	46,0	27	55,0	28	48,0	29	46,3	30	45,2

LOCAL	ÁREA 2 / Ponto 19
DATA	20/11/2018



Leq(dBA)	48,1
----------	------

Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

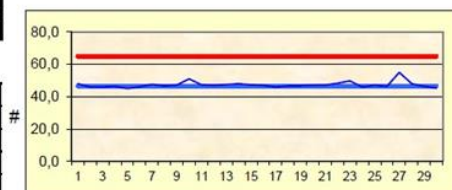
NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO



CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA					
Zona rural					
Residencial	Diversificada	Industrial	Diurno	Vespertino	Noturno
	X		X		

LOCAL	ÁREA 2 / Ponto 20
DATA	20/11/2018

Níveis medidos					
01 48,0	02 46,0	03 46,0	04 46,3	05 45,0	06 46,1
07 47,6	08 46,7	09 47,2	10 51,0	11 47,3	12 47,1
13 47,4	14 48,0	15 47,3	16 47,0	17 46,0	18 46,7
19 46,8	20 47,1	21 47,2	22 48,2	23 49,7	24 46,0
25 47,0	26 46,3	27 55,0	28 48,0	29 46,3	30 45,3



Leq(dBA)	46,6
----------	------

Máx. permitido (dBA)	65,0
----------------------	------

NÍVEL DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO



8.7 Parecer Técnico

Conforme evidenciado através das avaliações ambientais dos Níveis de Ruído no interior e entorno das áreas de estudo, as mesmas encontram-se em conformidade com os limites estabelecidos no respectivo Decreto Estadual (Paraíba), referentes aos níveis de ruído na vizinhança, lembrando que as áreas não sofrem nenhum tipo de atividade ou de mineração pela Mineração Nacional.

8.8 Conclusão

De acordo como foi avaliado nos Níveis de Ruído no interior e entorno das áreas de estudo, realizando análises, conforme avaliações quantitativas do ruído, considerando que todos os pontos avaliados nessas áreas foram usados como objeto base do trabalho, os resultados evidenciam que durante os estudos em campo, ficou concluído que não houve impacto sonoro relevante nas áreas internas e no entorno do futuro empreendimento.

Sugerimos que sejam feitas futuras medições de ruídos, quando na operação das atividades, para que se realize um monitoramento e garanta o conforto sonoro quanto à exposição ao ruído, conforme determina a legislação vigente.

8.9 Medidas De Mitigação Quando Na Operação

- Instalação de placas educativas "Não Buzinar" e/ou "Silêncio" nos locais estratégicos no interior das áreas de extração mineral;
- Trafegar apenas os veículos que estejam em atividade;
- Avaliação anual do ruído de fundo no interior e entorno áreas;
- Inspeção periódica das máquinas e equipamentos utilizados na atividade;
- Manutenção preventiva das máquinas e equipamentos utilizados na atividade;
- Manutenção corretiva quando necessário para manter a acústica padrão conforme os limites da legislação.



9 REFERÊNCIAS

AB´SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. Geomorfologia. n. 18, IG-USP, S. Paulo, 1969.

ALMEIDA, F. F. M.; LEONARDOS Jr., O.; VALENÇA, J. G. Granitic rocks of northeast south America. Recife: IUGSUNESCO, 1967.

Álvarez, C.; Cruz, W. B. da; Peixoto, C. A. da M., 1980. Modelo matemático do aquífero Beberibe. In: Congresso Brasileiro de Água Subterrâneas, 1, Recife (PE). ABAS, Anais. p. 169-179.

ARAGÃO, J. O. R. O impacto do ENOS e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. Boll. Inst. Fr. Etudes Andines, v.27, n.3, p.839-844, 1998.

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento geomorfológico: In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p. 365-390.

ASMUS, H.E. Controle estrutural da deposição mesozoica nas bacias da margem continental brasileira. Rev. Bras. Geoc, 1975.

Barbosa, J. A., Souza, E. M., Lima Filo, M. F., Neumann, V. H., 2004. A estratigrafia da Bacia Paraíba: Uma reconsideração. Estudos geológicos, v. 13, p. 89-108.

BARBOSA, M. E. F. Geomorfologia e Tectônica da Folha Jacumã. Dissertação, PPGG UFPB, João Pessoa, 2013.

BARBOSA, M. E. F. Geomorfologia e Tectônica da Folha Jacumã. Dissertação, PPGG UFPB, João Pessoa, 2013.

BARBOSA, T. S. & BARBOSA, M. E. F. Aspectos geomorfológicos e mapeamento das unidades de relevo do município de João Pessoa, PB. Geografia, Ensino & Pesquisa, Volume 20, 2016, p. 143-155.

BARROS, A. H. C.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da; SANTIAGO. G. A. C. F. Climatologia do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 211. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32p.

Batista, R.P., 1984. Estudo hidrogeológico da planície do Recife. UFPE. Pós-Graduação em Geociências. Dissertação de Mestrado.

BEZERRA, I. S. Análise de riscos à perda de solo para cenários de uso e ocupação atual e potencial da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas - Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT, João Pessoa, 2013.

BEZERRA, I. SOARES . Análise de riscos a perda de solo para cenários de uso e ocupação atual e potencial da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas.



BEZERRA, I. SOARES . Análise de riscos a perda de solo para cenários de uso e ocupação atual e potencial da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas.

BEZERRA, I.S. Análise de risco à perda de solo para cenário de uso e ocupação atual e potencial da bacia do rio Abiaí-Papocas. Dissertação, CT UFPB, João Pessoa, 2013.

BEZERRA, I.S. Análise de risco à perda de solo para cenário de uso e ocupação atual e potencial da bacia do rio Abiaí-Papocas. Dissertação, CT UFPB, João Pessoa, 2013.

BIRKELAND, P.W. Soils and Geomorphology. Oxford University Press, U.K., 1984. 372 p.

BRAGA, C. C.; SILVA, B. B. Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 6, Salvador. Anais... Salvador, 1990. p.200-205.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Análise de Informação sobre recursos hídricos subterrâneos no país, Brasília, 2009.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Análise de Informação sobre recursos hídricos subterrâneos no país, Brasília, 2009.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Estudos hidrogeológicos de pequenas bacias sedimentares da região semiárida do Nordeste brasileiro, Brasília, 2004.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Estudos hidrogeológicos de pequenas bacias sedimentares da região semiárida do Nordeste brasileiro, Brasília, 2004.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Águas Subterrâneas – Um recurso a ser conhecido e protegido. Brasília, 2007.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Águas Subterrâneas – Um recurso a ser conhecido e protegido. Brasília, 2007.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 10.152, Níveis de ruído para conforto acústico - Procedimento, Brasília – DF, 30 de dezembro de 1987.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 10.151, Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, Brasília – DF, 30 de junho de 2000.

BRASIL. Decreto Estadual 15.357/1993: Estabelece padrões de emissões de Ruídos e Vibrações bem como outros condicionantes ambientais e dá outras providências, João Pessoa - PB, 1993.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM. Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba. Recife: CPRM, 2002

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM. Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba. Recife: CPRM, 2002



BRITO NEVES, B. B. de O mapa geológico do Nordeste Oriental do Brasil, escala 1:1.000.000. São Paulo, 1983. 177p. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1983.

BRITO NEVES, B. B. de Regionalização geotectônica do Pré-cambriano Nordestino. São Paulo, 1975. 198p. il. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1975.

BRITO NEVES, B. B.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; COUTINHO, J. M. V.; BEZERRA, F. H. R. Novos dados geológicos e geofísicos para a caracterização geomática e estratigráfica da sub-bacia de Alhandra (sudeste da Paraíba). Revista do Instituto de Geociências – USP, Série Científica, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 63-87, 2009.

BRITO NEVES, B. B.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; COUTINHO, J. M. V.; BEZERRA, F. H. R. Novos dados geológicos e geofísicos para a caracterização geomática e estratigráfica da sub-bacia de Alhandra (sudeste da Paraíba). Revista do Instituto de Geociências – USP, Série Científica, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 63-87, 2009.

CARVALHO, M. G. D. F. Estado da Paraíba: classificação geomorfológica. João Pessoa: Editora da UFPB, 1982.

CHAVES, J. J. da S. Estudo geomorfológico em ambiente subterrâneo: gruta do lobo guará, município de Santa Rita, Paraíba. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

CHAVES, J. J. da S. Estudo geomorfológico sobre as cavidades naturais da Paraíba. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Geografia. João Pessoa, 2017.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 415-437.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia – 2ª ed. – São Paulo: Editora Blucher, 1980, p. 102-110.

CIIAGRO - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Balanço hídrico normal. São Paulo, 2012.

Costa Filho, W. D.; Demétrio, J. G. A.; Feitosa, E. C.; Filho, J. M., 2008. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro. Hidrogeologia da Bacia do Jatobá: Sistema Aquífero Tacaratu/Inajá. Recife: UFPE/CPRM/FINEP.

COSTA, N. L.; SILVA, G. B.; FORTUNATO, F. F. Estudo dos Solos do Estado da Paraíba em nível exploratório-reconhecimento. XXXV Congresso brasileiro de ciência do solo, Natal, Rio Grande do Norte, 02 a 07 de Agosto de 2015.

CREPANI, E. Medeiros, J. S. HERNANDES FILHO, P. FLORENZANO, T. G. DUARTE, V. BARBOSA. C. C. F. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento



aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: MCT/INPE, 2001. 124 pg.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. 2ª Edição. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 367pg.

Estudo hidrogeológico da bacia sedimentar do Jatobá: relatório final: texto / Secretaria de Recursos Hídricos. - Recife: SRHE, 2010.

Feitosa, Fernando A. C., Manoel. Filho, João, Feotpsa, Edilton Carneiro., Demetrio, L. Geilson A., 2008 Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3º edição. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID.

FIGUEIREDO, L. A. V. de. História da espeleologia brasileira: protagonismo e atualização cronológica. Anais do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia– Sociedade Brasileira de Espeleologia. Ponta Grossa-PR, 21-24 de julho de 2011.

FRANÇA, J. R. A.; Li, L. Z.; SILVA, F. N. R.; JUNIOR, A. R. T. Sensibilidade do Modelo de Circulação Geral do LMD às variações na Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Tropical. Revista Brasileira de Meteorologia, 2000.

FRANCISCO, P. R. M. Climatologia do estado da Paraíba. Campina Grande, Paraíba. EDUEFCG, 2017.

FURRIER, M. Caracterização Geomorfológica e do Meio Físico da Folha João Pessoa – 1:100.000. Tese de Doutorado. São Paulo: FFLCH-USP, 2007.

FURRIER, M. Caracterização Geomorfológica e do Meio Físico da Folha João Pessoa – 1:100.000. Tese de Doutorado. São Paulo: FFLCH-USP, 2007.

FURRIER, M. Caracterização Geomorfológica e do Meio Físico da Folha João Pessoa – 1:100.000. Tese de Doutorado. São Paulo: FFLCH/USP, 2007.

FURRIER, M., et al. Geomorfologia e tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. In: Revista do Instituto de Geociências da USP. Série Científica Geologia USP, São Paulo, 2006.

Furrier, M; Araújo, M. E.; Meneses, L. F., 2006. Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no estado da Paraíba. Geologia USP: Série Científica, v. 6, n. 2, p. 61-70.

GARDNER, T. A. et al. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. Ecology Letters, 2008, v. 11, p. 139-150.

IBGE. Mapa de unidades de relevo do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

JARDIM DE SÁ, E. F. A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira/Pan-Africana Brasília, 1994.804p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 1994.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. Monthly Weather Review, v.107, n.9, p.1140-1153, 1979.



KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper Tropospheric Cyclone Vortices in the Tropical South Atlantic. *Tellus*, v.33, p.538–550, 1981.

LEAL E SÁ, L. T. Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia PernambucoParaíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa-PB. 1998. 127f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife: UFPE, 1998.

LEAL E SÁ, L. T. Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia PernambucoParaíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa-PB. 1998. 127f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife: UFPE, 1998.

Lira, G. A. R., 2005. Sistema de informações baseado nas características dos poços de abastecimento público em áreas urbanas litorâneas do estado da Paraíba. Pós-Graduação em engenharia urbana da Paraíba. Dissertação de Mestrado.

LUCENA, A. Pereira de; André Lucena Pires² ; Hamilcar José Almeida Filgueira³ ; Adriano Rolim da Paz⁴ SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUPORTE NO ESTUDO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO LITORAL SUL DA PARAÍBA

LUCENA, A. Pereira de; André Lucena Pires² ; Hamilcar José Almeida Filgueira³ ; Adriano Rolim da Paz⁴ SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUPORTE NO ESTUDO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO LITORAL SUL DA PARAÍBA

MABESOONE, J. M. Sedimentary basins of northeast Brazil. Recife: UFPE/CT/DG, 1994

MABESOONE, J. M. Sedimentary basins of northeast Brazil. Recife: UFPE/CT/DG, 1994

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia do Brasil. Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MOLION, L. C. B. Seca, o eterno retorno. *Ciência Hoje*, v.3, n.18, p.26-32, 1985.

Monteiro, A. B.; Cabral, J. J. S. P. ; Freire, P. K. C. ; Costa, W. D. ; Barbosa, G. F. ; Silva, S. R., 2008. Drastic: vulnerabilidade do Aquífero Barreiras nos bairros de Ibura e Jordão Recife Pernambuco. In: XV Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas, 2008, Natal. Anais do XV Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas, 2008. p. 97-97.

NASCIMENTO, J. J. DE SOUZA. Caracterização do Uso e Ocupação do Solo no Entorno no Estuário no Rio Abiaí. UFPB, 2012.

NASCIMENTO, J. J. DE SOUZA. Caracterização do Uso e Ocupação do Solo no Entorno no Estuário no Rio Abiaí. UFPB, 2012.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the Tropical Atlantic and South America. *J. Climate*, v.10, n.4, p.2464-2479, 1996.



Oliveira, L. T., 2003. Aspectos hidrogeológicos da região costeira norte de Pernambuco – Paulista a Goiana. Pós-Graduação em Geociências. Dissertação de Mestrado.

PENA, R. F. A. Fatores e elementos climáticos. Brasil Escola, disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/fatores-elementos-climaticos.htm>>. Acesso em 28 de dezembro de 2017.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. Geologia do Brasil. São Paulo: T. A. Queiroz/EDUSPP, 1988.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. Geologia do Brasil. São Paulo: T. A. Queiroz/EDUSPP, 1988.

PIRES, A.L. Análise da vulnerabilidade ambiental de bacias hidrográficas do litoral sul paraibano. Dissertação, CT UFPB, João Pessoa, 2015.

PIRES, A.L. Análise da vulnerabilidade ambiental de bacias hidrográficas do litoral sul paraibano. Dissertação, CT UFPB, João Pessoa, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa – PMSB-JP. Versão Preliminar do Diagnóstico do PMSB-JP, 20115.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa – PMSB-JP. Versão Preliminar do Diagnóstico do PMSB-JP, 20115.

RIBEIRO, M. M. RIOS ; Maria Adriana de Freitas Mágero RIBEIRO² ; Zédna Mara de Castro Lucena VIEIRA COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO LITORAL SUL DA PARAÍBA – BRASIL: UMA POSSIBILIDADE PARA A DISCUSSÃO E A RESOLUÇÃO DE CONFLITOS?

RIBEIRO, M. M. RIOS ; Maria Adriana de Freitas Mágero RIBEIRO² ; Zédna Mara de Castro Lucena VIEIRA COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO LITORAL SUL DA PARAÍBA – BRASIL: UMA POSSIBILIDADE PARA A DISCUSSÃO E A RESOLUÇÃO DE CONFLITOS?

ROSS, J. L. S. Geomorfologia: ambiente e planejamento. ed. 4 ed. – São Paulo: Contexto, 2012.

SALES, M. C. L.; RAMOS, V. M. Caracterização ambiental das áreas sob influência do reservatório de Bocaina (PI) com base na compartimentação geomorfológica. In: Carta CEPRO, Teresina, 2000, v.18, n.1, p.149-161.

SANTOS, E. J. dos; BRITO NEVES, B. B. de Província Borborema. In: ALMEIDA, Fernando F. Marques de; HASUI, Yociteru. O pré-cambriano do Brasil. São Paulo: Edgard Blucher, 1984.

SANTOS, E. J. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba/Organizado por Edilton José dos Santos, Cícero Alves Ferreira, José Maria Ferreira da Silva Júnior - Recife: CPRM, 2002.



SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. Meteorologia Agrícola, Balanço Hídrico. ESAL/USP, São Paulo, 2012.

SILVA, A. M.; COSTA; D. L. C. R.; LINS, C. J. C. Precipitações no Nordeste Brasileiro: tendências de variação e possíveis implicações na agricultura. Anais Semana do Meio Ambiente, 5, 2008 - Recife, PE.

SILVA-VAREJÃO, M.A, et al. Atlas Climatológico da Paraíba. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. Núcleo de Meteorologia Aplicada, 1984.

SOUZA, A. dos S. A Geomorfologia: uma reflexão conceitual. Cadernos do LOGEPA, Volume 8, 2013, p. 37-53.

SUGUIO, K. A Importância da Geomorfologia em Geociências e Áreas Afins. Revista Brasileira de Geomorfologia, Volume 1, Nº 1, 2000, p. 80-87.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Recife: INMET, 2006.

ANEXOS

Nível estático (m) = 6,08		
Altura da boca do poço (m) = 0,35		
Tempo (min)	Nível dinâmico (m)	Rebaixamento (m)
1	8,50	2,42
2	8,82	2,74
3	8,95	2,87
4	9,04	2,96
5	9,17	3,09
6	9,19	3,11
7	9,25	3,17
8	9,26	3,18
10	9,31	3,23
12	9,33	3,25
15	9,36	3,28
20	9,40	3,32
25	9,43	3,35
30	9,46	3,38
40	9,49	3,41
50	9,53	3,45
60	9,54	3,46
70	9,57	3,49
80	9,58	3,50
100	9,59	3,51
120	9,61	3,53
150	9,63	3,55
180	9,64	3,56
240	9,66	3,58
300	9,67	3,59
360	9,68	3,60
420	9,68	3,60
480	9,69	3,61
540	9,70	3,62
600	9,73	3,65
660	9,75	3,67
720	9,78	3,70
840	9,82	3,74
960	9,86	3,78
1080	9,89	3,81
1200	9,92	3,84
1320	9,94	3,86
1440	9,97	3,89

Anexo 1. Informações obtidas durante o teste de vazão contínuo.



Tempo (min)	Nível dinâmico (m)	Rebaixamento (m)	tb/t'+1 (min)
1	7,65	1,57	1441,00
2	7,10	1,02	721,00
3	6,97	0,89	481,00
4	6,90	0,82	361,00
5	6,85	0,77	289,00
6	6,81	0,73	241,00
7	6,78	0,70	206,71
8	6,76	0,68	181,00
10	6,72	0,64	145,00
12	6,69	0,61	121,00
15	6,65	0,57	97,00
20	6,61	0,53	73,00
25	6,57	0,49	58,60
30	6,54	0,46	49,00
40	6,50	0,42	37,00
50	6,46	0,38	29,80
60	6,42	0,34	25,00
70	6,40	0,32	21,57
80	6,37	0,29	19,00
100	6,34	0,26	15,40
120	6,30	0,22	13,00
150	6,27	0,19	10,60
180	6,23	0,15	9,00
240	6,20	0,12	7,00
300	6,16	0,08	5,80
360	6,13	0,05	5,00
420	6,11	0,03	4,43
480	6,08	0,00	4,00

Anexo 2. Informações obtidas durante a recuperação do poço após o bombeamento.

Afloramento	lat	long	Unidade
1	9175957	290985,9	Gramame
2	9177384	290295,2	Barreiras
3	9176803	291344	Gramame
4	9176738	291394,8	Gramame
5	9176804	291380,9	Gramame
6	9177303	290706,2	Gramame
7	9176372	291506,8	Gramame
8	9175652	291414,3	Gramame
9	9175884	291341,7	Gramame

Anexo 3. Tabela de afloramentos visitados na área.



FLOREST
CONSULTORIA E ENGENHARIA



CIMENTO
NACIONAL

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**PROJETO ÁRVORE ALTA
ALHANDRA/PB
JUNHO/2019**

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA A IMPLANTAÇÃO DE DUAS MINAS DE EXTRAÇÃO DE
CALCÁRIO NO MUNICÍPIO DE ALHANDRA/PB**

FICHA TÉCNICA:

Cliente/Requerente: MINERAÇÃO NACIONAL S/A
Endereço: Rodovia PB-044, Pitimbu - PB, 58324-000

Empresa responsável pela Coordenação e Consolidação do EIA/RIMA:
Razão Social: FLOREST – Consultoria e Engenharia de Projetos LTDA ME
Endereço: Avenida Mato Grosso, 667 Caixa Postal 0046, Bairro dos Estados, 58030-080, João Pessoa/PB. **Telefones:** (83) 98808-3647 📞 / 99845-0025
E-mails: florest@outlook.com

Empresas colaboradoras em diagnósticos deste EIA/RIMA:

Ruído: Ambiental 7
Endereço: R. Nossa Sra. dos Navegantes, 521 - Tambaú, João Pessoa - PB, 58039-111
Telefones: (83) 98877-463 📞
E-mails: ambiental7.eng@gmail.com

Ar: Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda
Endereço: Av. Prefeito Sebastião Fernandes nº 83 Centro, CEP 33200-000, Vespasiano/MG **Telefones:** (31) 3427 1600 - Fax (31) 3427 4077
E-mails: limnos@limnos.com.br

Água: Bioagri Ambiental LTDA
Endereço: Avenida Rinaldo Pinho Alves, 2680, Paulista/PE
Telefones: (81) 3372-8700
E-mails: falecom.amb.br@mxns.com

Arqueologia: TRADITIO Arqueologia
Endereço: Rua Pinheiro Machado, 20, Centro – Cruz Alta/RS
Telefones: (55) 99671-0201
E-mails: almeida.c.thaissa@gmail.com

EQUIPE TÉCNICA:

Nome	Formação Acadêmica	Registro Profissional	CTF/IBAMA
MSc. Alfredo N. da Silva Neto	Eng. Agrônomo	CREA/PB 2114813045	7142184
Cleberton da Silva Costa	Biólogo	CRBio 85.162/05-D	5474605
Faynara C. F. Figueiredo	Eng. Ambiental	CREA PB 1616684291	6093846
MSc. Felipe O. Tenório da Silva	Geólogo	CREA-PE 181574970	7324259
Dr. Gustavo A. C. Toledo	Biólogo	67.872/05-D	881693
Esp. Héric C. M. dos Santos	Eng. Florestal	CREA 161038317-6 PB	6266065
MSc. Ícaro de F. Albuquerque	Eng. Ambiental	CREA 161374525-7	7201271
Esp. Igor Feitosa Nogueira	Eng. Ambiental	CREA 161231176-8	5972486
MSc. José H. B. Mantovani	Sociólogo	-	-
MSc. Juan Diego L. de Mendonça	Biólogo	CRBio 107.378/05-D	5728536
Márcia Rodrigues Santos	Arqueóloga	-	5663904
Esp. Mônica Laura C. Ervolino	Assistente Social	CRESS/PB 4537	-
Odilon M. de J. da Silva	Téc. Biotecnologia	CRQ II 02409845	-
MSc. Renan Siqueira	Geólogo	CREA-PE 1814172092	7325499
Renato Magnum T. Costa	Biólogo	CRBio 99772/05-D	5329551
Ricardo T. de Carvalho	Graduando em Eng. Amb e Sanitária	-	-
Salvina Cristina Nunes	Tec. em Química	CRQ MG: 024020150	-
MSc. Sérgio Luiz da S. Muniz	Biólogo	CRBio 85.605/05-D	2137073
Dr. Telton Pedro A. Ramos	Biólogo	CRBio 67.115/05-D	2269976
Thaissa de Castro A. Caino	Arqueóloga	-	7323387
MSc. Thiago C. F. da Silva	Biólogo	CRBio 59.485/05-D	331999
Vitor de A. Lacerda	Eng. Ambiental	CREA/PB 1616429240	7143715
MSc. Wylde da Luz Vieira	Biólogo	CRBio 107.770/05-D	5824129