
5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA

5.1. Meio Físico

5.1.1. Introdução

Apresentamos a seguir o estudo do meio físico da área de implantação do **Complexo Eólico Porto** com área diretamente afetada correspondendo a 7429,87 hectares, conforme requisitos exigidos para elaboração de estudos ambientais, regulados pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA), pela Lei Complementar Estadual nº 272/2004. A área do empreendimento está localizada no município de Porto do Mangue, Rio Grande do Norte.

A metodologia utilizada no estudo consistiu em revisão bibliográfica e levantamentos de campo integrados com coletas de dados climatológicos, geológicos, geomorfológicos, de solos, geotécnicos, cavidades naturais, recursos hídricos e além de medições *in situ* dos níveis de pressão sonora (ruídos). Esta base de dados permitiu a elaboração de mapas, gráficos e tabelas, que facilitaram a análise e compreensão dos aspectos regionais e locais que envolvem as Áreas de Influência Direta (AID) e Área de Influência Indireta (AII) do Complexo Eólico. As AID e AII correspondem a um entorno de 500 e 1.500 metros, respectivamente, que foram definidas e delimitadas considerando a incidência dos impactos nos meios físico, biológico e socioeconômico.

Os mapas de geologia, geomorfologia, solos e recursos hídricos foram elaborados em escalas de 1:30.000, que contemplam detalhamento necessário para compreensão do meio. A seguir apresentamos em detalhes os itens do meio físico: clima e condições meteorológicas, geologia, geomorfologia, solos, cavidades naturais, recursos hídricos e níveis de pressão sonora.

5.1.2. Clima e Condições Meteorológicas

As condições meteorológicas são fatores fundamentais para a avaliação da instalação de um projeto de geração de energia eólica, sobretudo no que diz respeito aos ventos. Para análise dos elementos climáticos, foram calculadas as médias mensais de pluviometria, temperatura, umidade e velocidade/direção dos ventos, da estação meteorológica do município de Macau/RN; bem como foram coletados dados primários *in loco* de temperatura, umidade e velocidade/direção dos ventos, obtidos em dois períodos: janeiro (estiagem/verão) e março (chuvoso/inverno) (**Figura 33**).

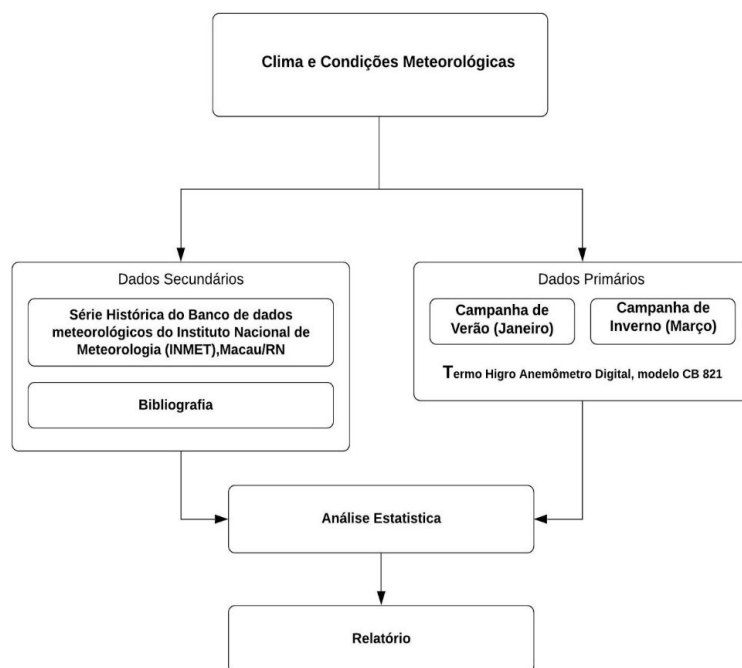


Figura 33. Fluxograma metodológico das análises de clima e condições meteorológicas.

5.1.2.1. Tipologia Climática

Conforme critérios estabelecidos por Diniz & Pereira (2015), o tipo climático atuante no litoral setentrional do Rio Grande do Norte é o tropical de zona equatorial, predominando sob a forma do subdomínio semiárido, e de acordo

com a classificação climática de Köppen, definido como clima muito quente e semiárido do tipo SW'h, de temperaturas elevadas e com estações bem definidas: Seca, com período mais longo (7 a 8 meses), que ocorre de junho a janeiro e chuvosa com período pluvial de março a maio (**Figura 34**).

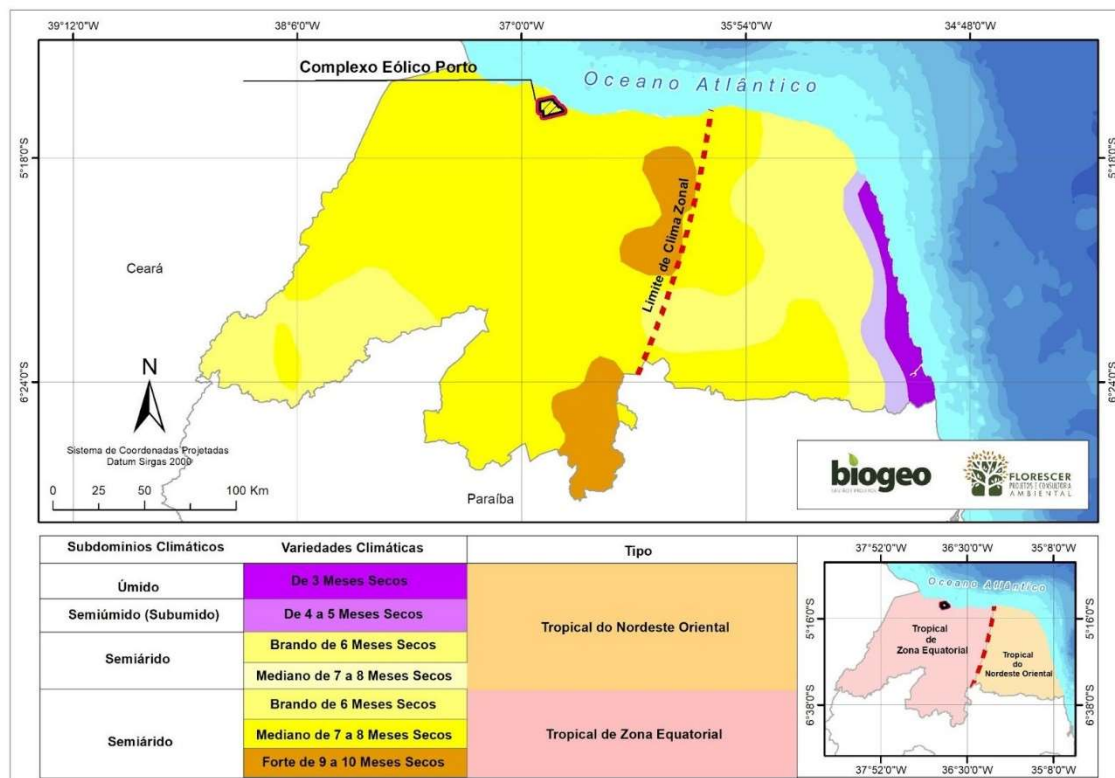


Figura 34. Mapa dos tipos climáticos do RN (Adaptado de Diniz & Pereira, 2015).

5.1.2.2. Sistemas Meteorológicos atuantes

Conforme estudo de Molion e Bernardo (2002), a zona de convergência intertropical (ZCIT) associada a convergência de umidade é considerado o principal mecanismo de macroescala responsável pela geração de precipitação pluviométrica na região norte do Nordeste (NNE) do Brasil. Tal fato é constatado quando se considera que o pico de precipitação sobre o NNE (março e abril) ocorre exatamente na época em que a ZCIT atinge posições mais ao sul da linha do equador (**Figura 35**).

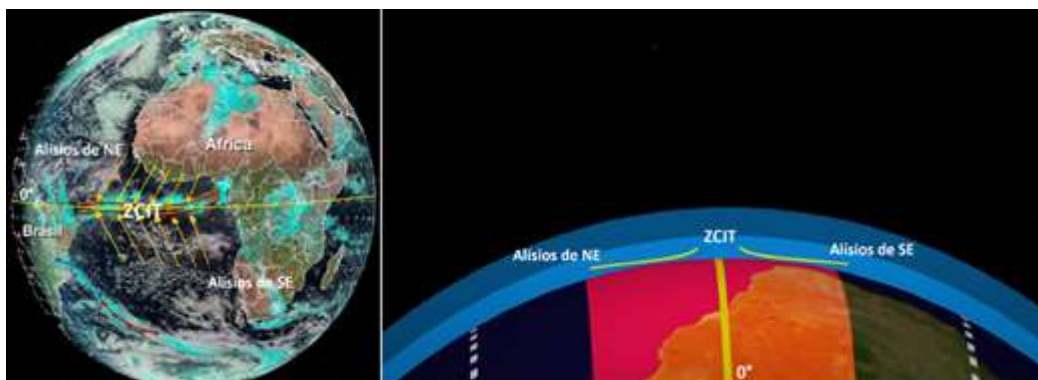


Figura 35. Imagem de satélite mostrando a formação da Zona de Convergência do Atlântico.

Apesar da predominância da ZCIT como agente formador de chuvas no NNE, ela não é a única responsável pelas precipitações pluviométricas na região. Devemos salientar que os mecanismos de meso e microescala exercem um papel crucial no regime de chuvas. A respeito, Molion e Bernardo, (2002) elencou as Perturbações Ondulatórias no Campo dos Alísios (POA) como encarregadas por 30% a 40% da pluviometria total. Esse mecanismo de mesoescala ocorre em função do avanço de sistemas frontais do Hemisfério Norte, em latitudes equatoriais as quais, em decorrência do contraste térmico continente-oceano e da convergência de umidade, intensificam-se ao chegar à região costeira. Com origem no oriente, as POA são fenômenos que ocorrem entre os meses de março e maio e que, em função da sua direção de propagação, atingem majoritariamente o litoral oriental do Nordeste do Brasil (NEB). Por conseguinte, o litoral setentrional do NEB raramente tem chuvas associadas a esse fenômeno, e quando ocorrem, são de intensidade bem inferiores às do litoral oriental, pois as POA chegam primeiro a este, perdem umidade e só depois alcançando o litoral setentrional (Diniz & Pereira, 2015).

Ainda tratando-se de sistemas meteorológicos de mesoescala atuantes no NNE, deve-se destacar também o importante papel das brisas e a influência dessas nos totais pluviométricos litorâneos. Esse agente representa um regime específico de vento, de escala diurna, originado a partir da diferenciação térmica entre a superfície terrestre e o mar, sendo classificado em dois tipos: marítimas e terrestres (Rotunno et al., 1992).

De acordo com estudo apresentado por Teixeira (2008), as brisas terrestres podem ocorrer em associação com sistemas meteorológicos de macroescala, por exemplo, as POA, resultando na formação de arcos de nuvens os quais se deslocam em sentido ao oceano, favorecendo o aumento da precipitação na região sobretudo entre a madrugada e o início da manhã. Já a brisa marítima atua favorecendo a ocorrência de chuvas em regiões mais continentais no período da tarde para o início da noite.

A concavidade de trechos do litoral setentrional no NEB faz com que a convergência em baixos níveis da brisa terrestre com os ventos sinóticos (Alísios de sudeste) origine uma frente de brisa “no oceano, que dá origem em geral, a nuvens dispostas na forma de um grande arco com concavidade contrária à concavidade da costa” (Teixeira, 2008, p. 287; **Figura 35**).

A brisa terrestre é, portanto, um fator que concorre para o aumento das precipitações no litoral oriental. De modo contrário, as regiões produtoras de sal marinho do litoral setentrional, são extremamente desfavorecidas do ponto de vista de precipitação pelo fenômeno da brisa terrestre, que tende a afastar os ventos sinóticos da costa, gerando convergência de nuvens de chuva sobre o oceano, o que diminui seus totais pluviométricos, assim como a frequência de chuvas. Essa diminuição na precipitação é identificada quando da ocorrência de tempo chuvoso no Estado, tanto por ocasião da atuação da ZCIT como em razão da atuação das POA.

Dentre os mecanismos de microescala, as circulações orográficas também têm papéis de destaque na distribuição da precipitação média anual no RN. Esses mecanismos são diretamente controlados por dois fatores geográficos do clima: o relevo (e sua posição em relação aos ventos predominantes) e a altitude.

5.1.2.3. Dados Primários

Os dados primários foram obtidos *in loco* por meio de Termo Hígro Anemômetro Digital, modelo CB 821, devidamente calibrado e certificado (**Figuras 36 e 37**). Para cada campanha de aquisição, foram coletadas amostras

nos turnos matutino (8:00h - 12:00h) e vespertino (14:00h - 17:00h) em intervalos de aproximadamente 1h e distribuídas de modo a representar espacialmente as variáveis nas áreas de influência do empreendimento (**Figuras 38 e 39**).



Figura 36. Termo Hígro Anemômetro Digital, modelo CB 821 em coleta de unidade amostral.



Figura 37. Coleta de dados primários durante a campanha de verão (A), Coleta de dados primários durante a campanha de inverno (B).

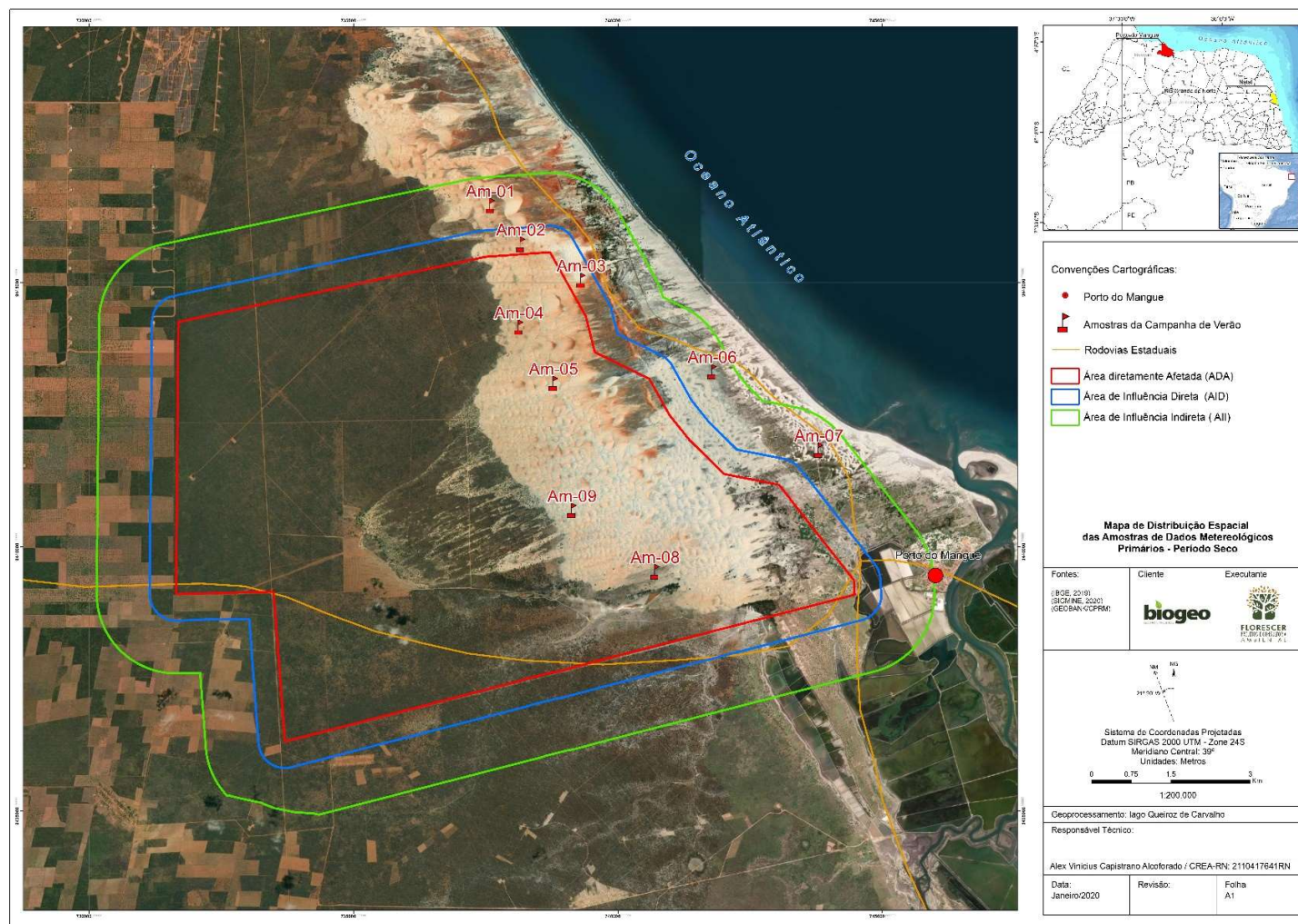


Figura 38. Mapa de Pontos de coleta de dados primários, período seco.

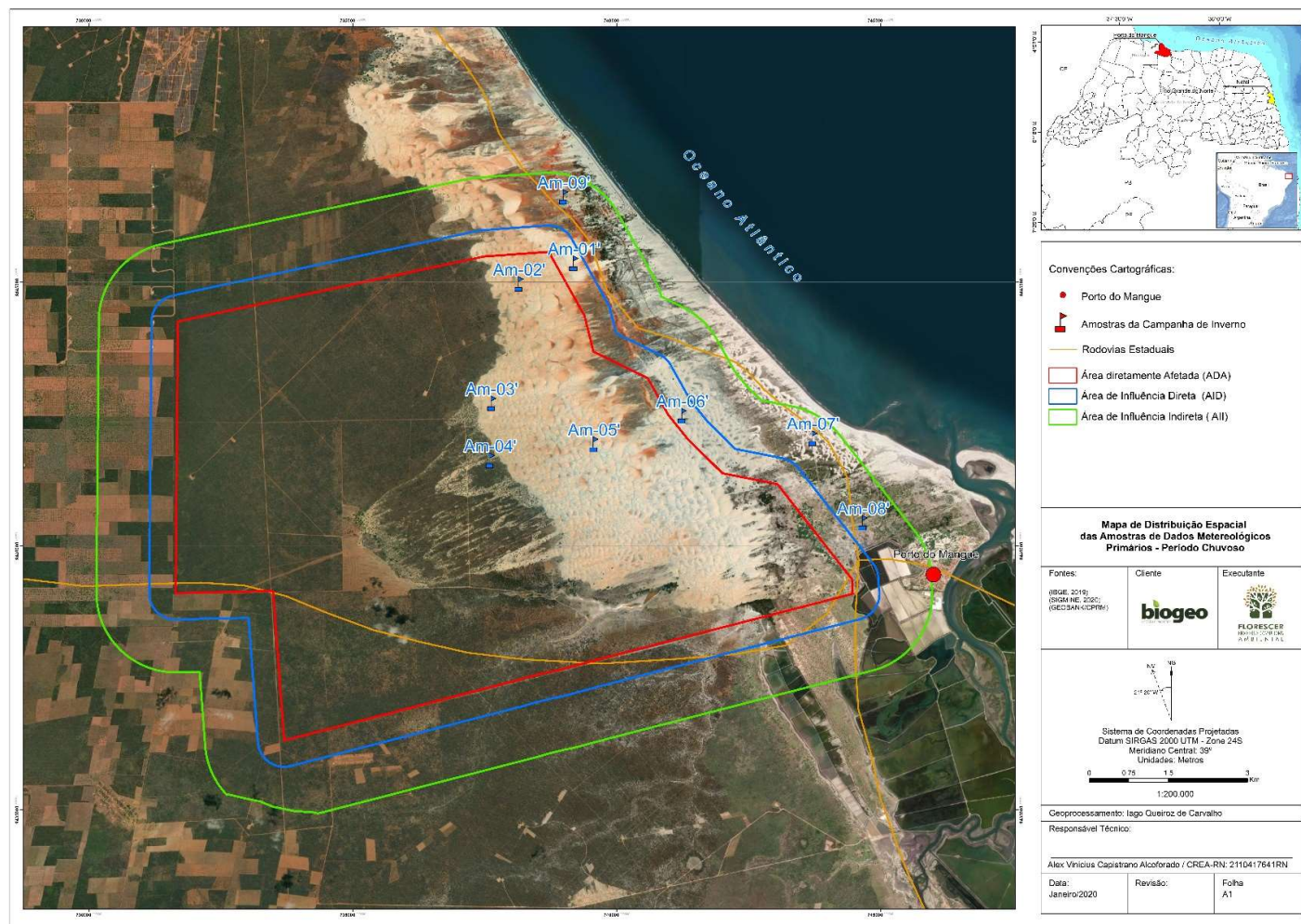


Figura 39. Mapa de Ponto de Coleta de dados primários, período chuvoso.

O resultado das aferições encontra-se apresentado nas **Tabelas 7 e 8** e nos **Gráficos 1 e 2**.

Tabela 7. Dados primários obtidos na campanha de verão (Figura 5.6).

Quadro de Dados Primários - Janeiro/2021							
Amostras	Temperatura (°C)	Vel. ventos (m/s)	Umid. ar (%)	Data	Horário	Longitude (X)	Latitude (y)
Am-01	30,17	6,75	52,32	20/01/21	8:05	737.590,67	9.446.457,27
Am-02	30,14	7,15	55,40	20/01/21	9:03	738.162,17	9.445.720,02
Am-03	31,28	7,31	61,14	20/01/21	10:04	739.305,18	9.445.044,39
Am-04	31,41	8,22	63,64	20/01/21	11:04	738.130,42	9.444.150,39
Am-05	32,15	9,14	59,47	20/01/21	12:01	738.781,30	9.443.091,76
Am-06	31,25	9,24	62,41	20/01/21	14:00	741.783,00	9.443.315,00
Am-07	30,23	8,64	64,27	20/01/21	15:02	743.798,87	9.441.830,23
Am-08	31,05	10,56	62,42	20/01/21	16:20	740.703,24	9.439.528,35
Am-09	30,33	10,15	69,64	20/01/21	17:20	739.131,61	9.440.687,23
Média	30,89	8,57	61,19	-	-	-	-

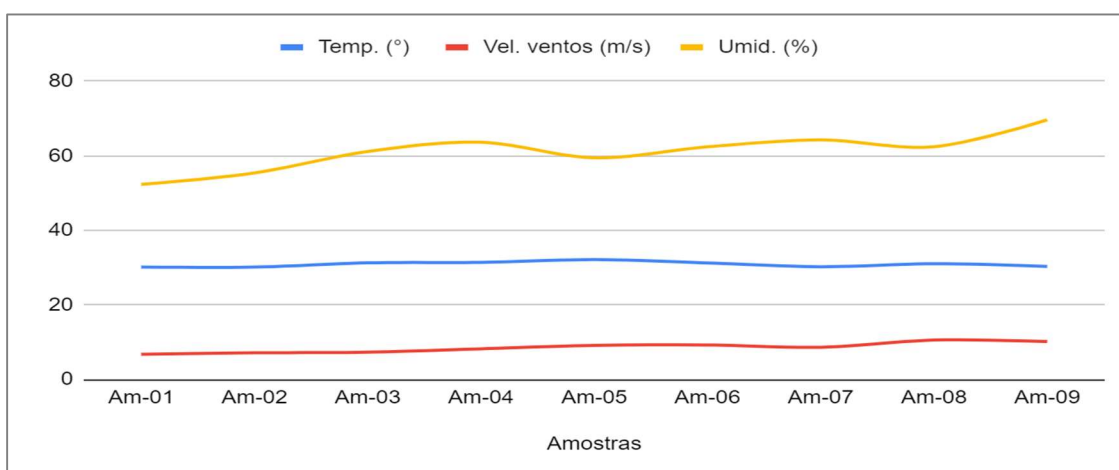


Gráfico 1. Gráfico resumo de dados meteorológicos primários coletados na campanha de verão.

Tabela 8. Dados primários obtidos na campanha de inverno (Figura 5.7).

Quadro de Dados Primários - Março/2021							
Amostras	Temperatura (°C)	Vel. ventos (m/s)	Umid. ar (%)	Data	Horário	Longitude (X)	Latitude (y)
Am-01'	28,12	7,18	62,46	17/03/21	8:31	739.192,79	9.445.357,03
Am-02'	30,62	7,48	60,13	17/03/21	9:30	738.155,62	9.444.965,44
Am-03'	31,40	9,40	61,14	17/03/21	10:30	737.637,03	9.442.700,60
Am-04'	31,46	12,14	62,33	17/03/21	11:32	737.605,28	9.441.621,10
Am-05'	32,03	9,75	62,25	17/03/21	12:30	739.573,79	9.441.928,02
Am-06'	31,52	10,65	64,30	17/03/21	14:30	741.245,96	9.442.467,77
Am-07'	31,10	11,80	62,12	17/03/21	15:30	743.722,46	9.442.042,32
Am-08'	29,70	11,46	72,30	17/03/21	16:31	744.675,49	9.440.435,77
Am-09'	28,45	9,34	65,48	17/03/21	17:30	739.131,61	9.446.613,80
Média	30,48	9,91	63,61	-	-	-	-

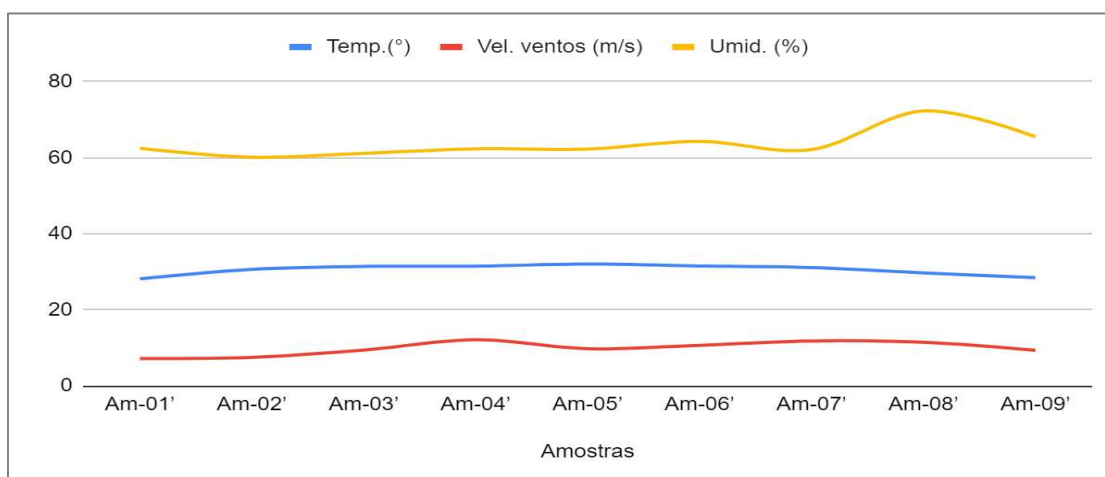


Gráfico 2. Gráfico resumo de dados meteorológicos primários coletados na campanha de inverno.

5.1.2.4. Dados secundários das variáveis meteorológicas

Os dados secundários foram computados com base nos valores diários, referentes ao período de 2007 a 2020, totalizando 13 anos de análise. A escolha desse período se deu em função da disponibilidade de informações do banco de dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), correspondendo a maior série histórica encontrada para a estação meteorológica automática do INMET, localizada no Campus do Instituto Técnico Federal do Rio do Norte (IFRN), no município de Macau, Rio Grande do Norte.

Pluviometria

A média mensal da precipitação computada para o período foi de 146,73mm, com valor mínimo de 0,0 mm e máxima de 560,50 mm (junho de 2007), com amplitude de 560,50 mm.

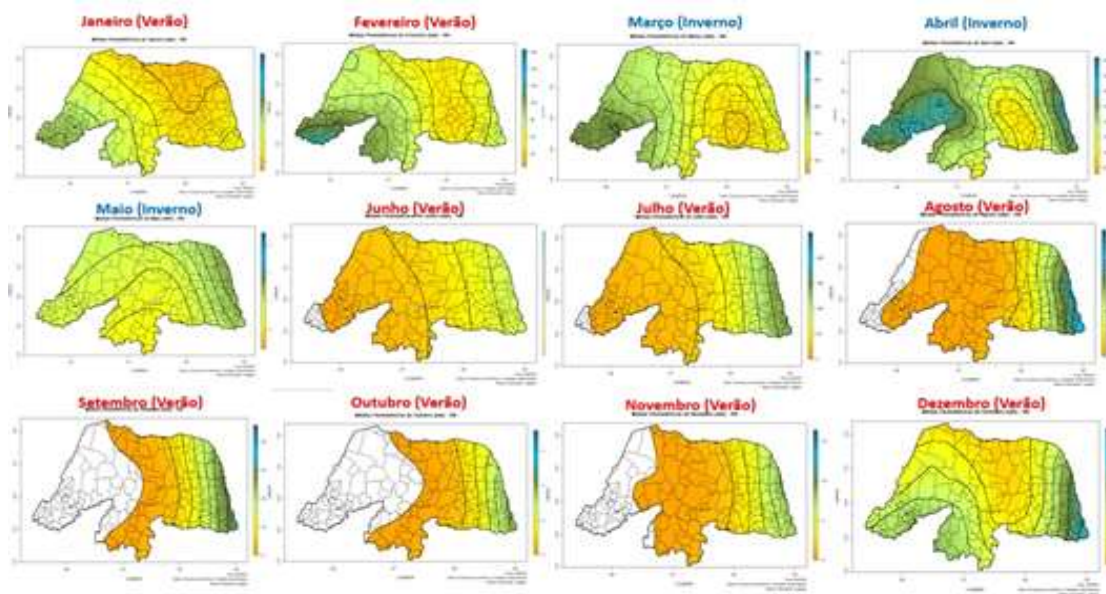


Figura 40. Mapa de Isoietas referentes a precipitações do mês de janeiro até dezembro destacando as estações de verão (vermelho) e inverno (azul). (Adaptado de EMPARN, 2013).

Balanço Hídrico

Para o cálculo de balanço hídrico climatológico, foi utilizada a normal climatológica do INMET para obtenção de dados de temperatura máxima e mínima e para dados de radiação solar extraterrestre recorreu-se ao repositório digital NASA/POWER. A estimativa de evapotranspiração potencial (ETP) foi realizada utilizando a equação de Hargreaves e Samani (1985) expressa da seguinte forma:

$$ET0 = 0.0135 Kt (T + 17,78) (Tmzx - Tmin) 0.5 Ra$$

Mês	Nº	P (mm)	ETP (mm/m)	P-ETP	Neg.Acum.	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC
JAN	31	44,6	136,46	91,86	-91,86	39,91	0	44,60	91,86	0
FEV	28	58,6	126,20	67,60	-67,60	50,87	10,96	69,56	56,64	0
MAR	31	126,5	134,95	8,45	-8,45	91,90	41,03	167,53	32,58	0
ABR	30	135,9	126,94	8,96	0,85	100,86	8,96	126,94	0,00	0
MAI	31	73,2	123,23	50,03	-50,03	60,64	40,22	113,42	9,81	0
JUN	30	34,6	117,39	82,79	-82,79	43,70	16,94	51,54	65,85	0
JUL	31	22,9	127,90	105,00	-105,00	35,00	-8,70	31,60	96,29	0
AGO	31	10,4	144,40	134,00	-134,00	26,18	-8,81	19,21	125,19	0
SET	30	2,2	149,76	147,56	-147,56	22,86	-3,32	5,52	144,24	0
OUT	31	0,9	152,30	151,40	-151,40	22,00	-0,86	1,76	150,54	0
NOV	30	2,2	140,65	138,45	-138,45	25,05	3,04	5,24	135,41	0
DEZ	31	6,4	139,70	133,30	-133,30	26,37	1,32	7,72	131,98	0
Totais	365	518,4	1619,88	1101,48	1109,59	545,32	-14	644,65	1040,39	0
Médias	30,42	43,20	134,99	91,79	-92,47	45,44	1,13	53,72	86,70	0,00

Temperatura e Umidade Relativa do Ar

Em decorrência da proximidade da porção setentrional do estado do Rio Grande do Norte com a linha do equador, a região possui um regime térmico homogêneo, caracterizado por uma elevada incidência de radiação solar, temperaturas elevadas e pouca variação sazonal. A temperatura média apresentou amplitude de 6,84°C, com mínima de 24,04°C e máxima de 30,88°C. Quanto à umidade relativa do ar, o valor médio computado foi de 67,01%, com máxima de 98,75%, mínima de 38,07 % e amplitude de 60,68%. Os dados de umidade e temperatura apresentaram uma forte correlação negativa de (-0,8), o que indica que as duas variáveis se comportam de modo dependente e possuem relação inversamente proporcional.

Ventos

Os ventos assumem um papel crucial como agentes morfogênicos. Marcados por dois *trends* principais: ENE e SE, a velocidade média dos ventos foi de 4,58 m/s, com valor mínimo de 3,42 m/s e máximo de 12,62 m/s, tendo como amplitude 9,2 m/s. Os ventos de NE são caracterizados por possuírem maior intensidade, enquanto os ventos de E são intermediários e os de SE são os mais brandos (LIMA et al., 2012). As maiores médias de velocidade de ventos ocorrem nos meses de agosto a novembro, com picos de velocidade em setembro sendo predominantemente oriundos de E (agosto e setembro) NE (outubro e novembro). Os meses de janeiro a maio apresentam as menores médias de velocidade.

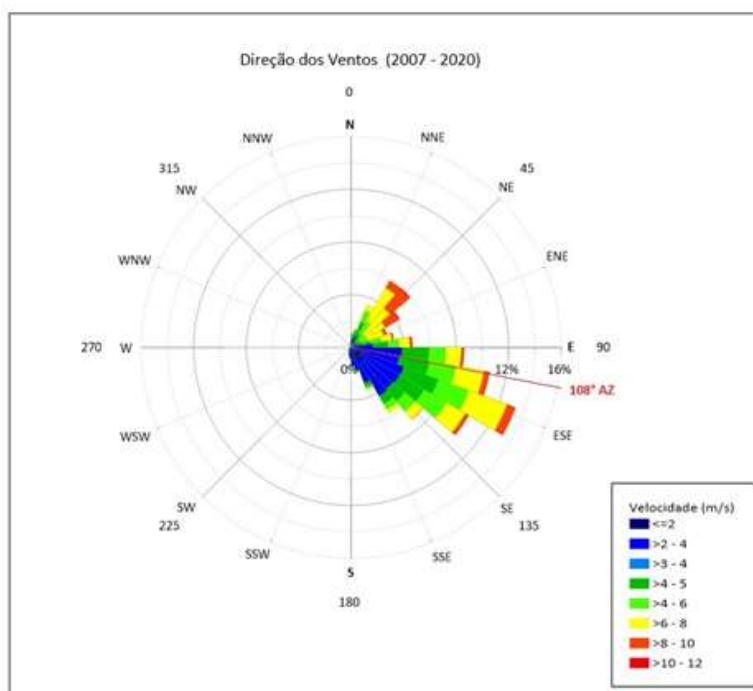


Figura 41. Diagrama de frequência e velocidade dos ventos para a estação de Macau/RN, período de 2007 a 2020.

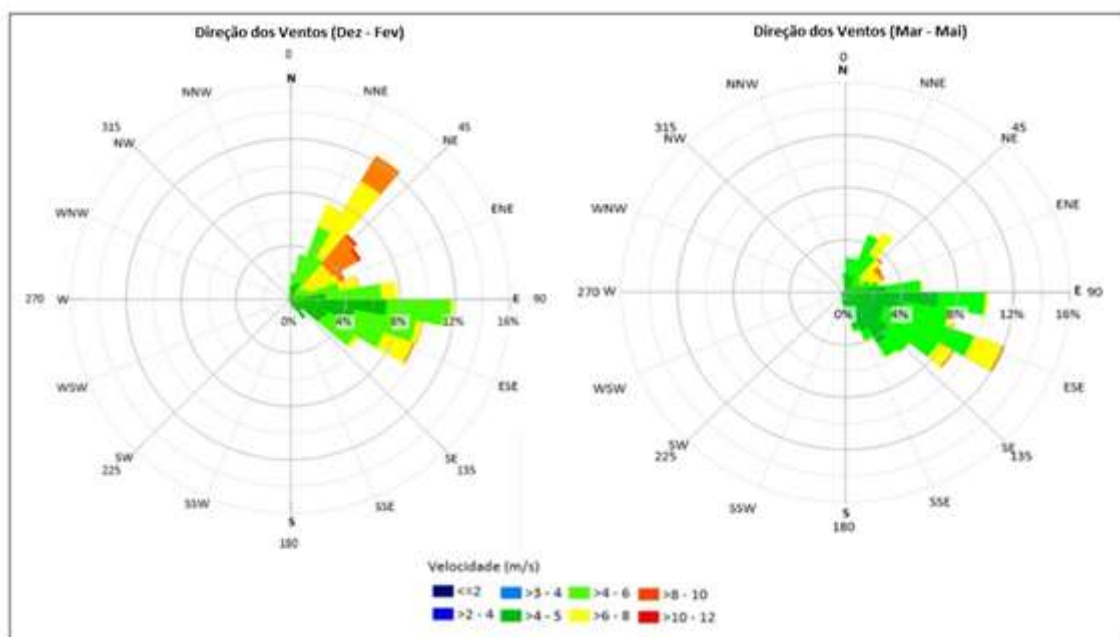


Figura 42. Diagrama de frequência e velocidade dos ventos para a estação de Macau/RN, período de dezembro a fevereiro e março a maio.

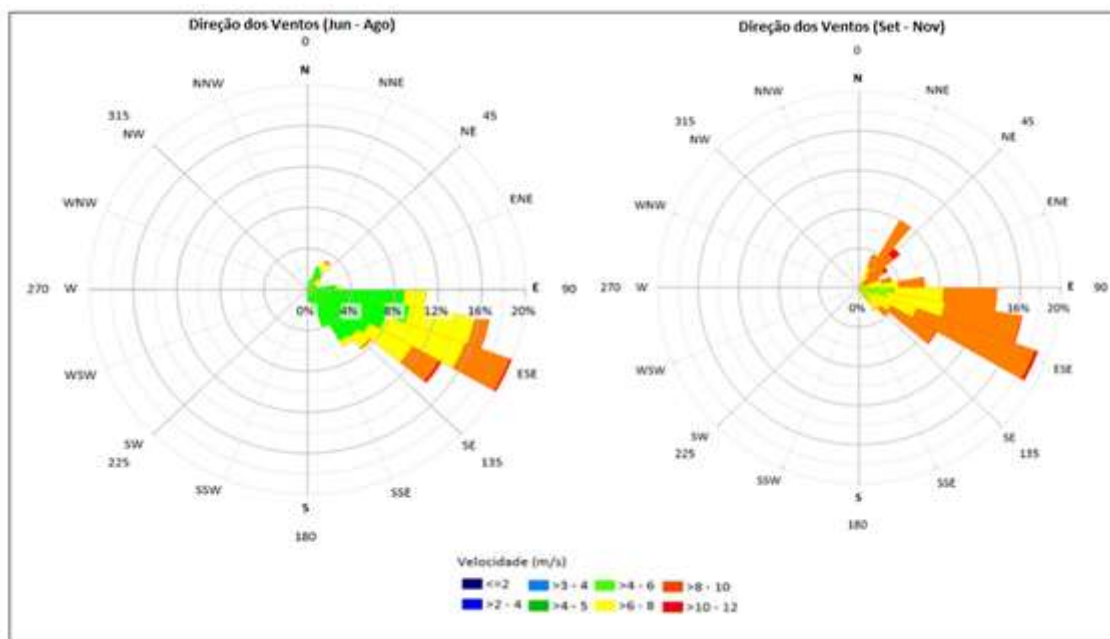


Figura 43. Diagrama de frequência e velocidade dos ventos para a estação de Macau/RN, período de junho a agosto e setembro a novembro.

5.1.3. Geologia

5.1.3.1. Geologia Regional

A área de instalação do Complexo encontra-se inserida no contexto geológico da Bacia Potiguar, localizada no Nordeste do Brasil (Figura 5.12). Situada no extremo Leste da Margem Continental Brasileira, ocupa grande parte do Estado do Rio Grande do Norte e uma porção do Estado do Ceará. Segundo Angelim et al, 2006 esta bacia é limitada a sul, a leste e a oeste pelo embasamento cristalino, estendendo-se para norte até a isóbata de 2.000 m. A plataforma de Aracati define seu limite oeste com a Bacia do Ceará (Sub-bacia de Mundaú), enquanto a plataforma de Touros define seu limite leste com a Bacia Pernambuco-Paraíba.

Nesse contexto, a Bacia Potiguar abrange uma área de aproximadamente 48.000 km², dos quais 21.500 km² (44,79%) encontram-se situados na porção emersa e 26.500 km² (55,20%) correspondentes à região submersa da bacia. (Pessoa Neto et al. 2007) (**Figura 44**).

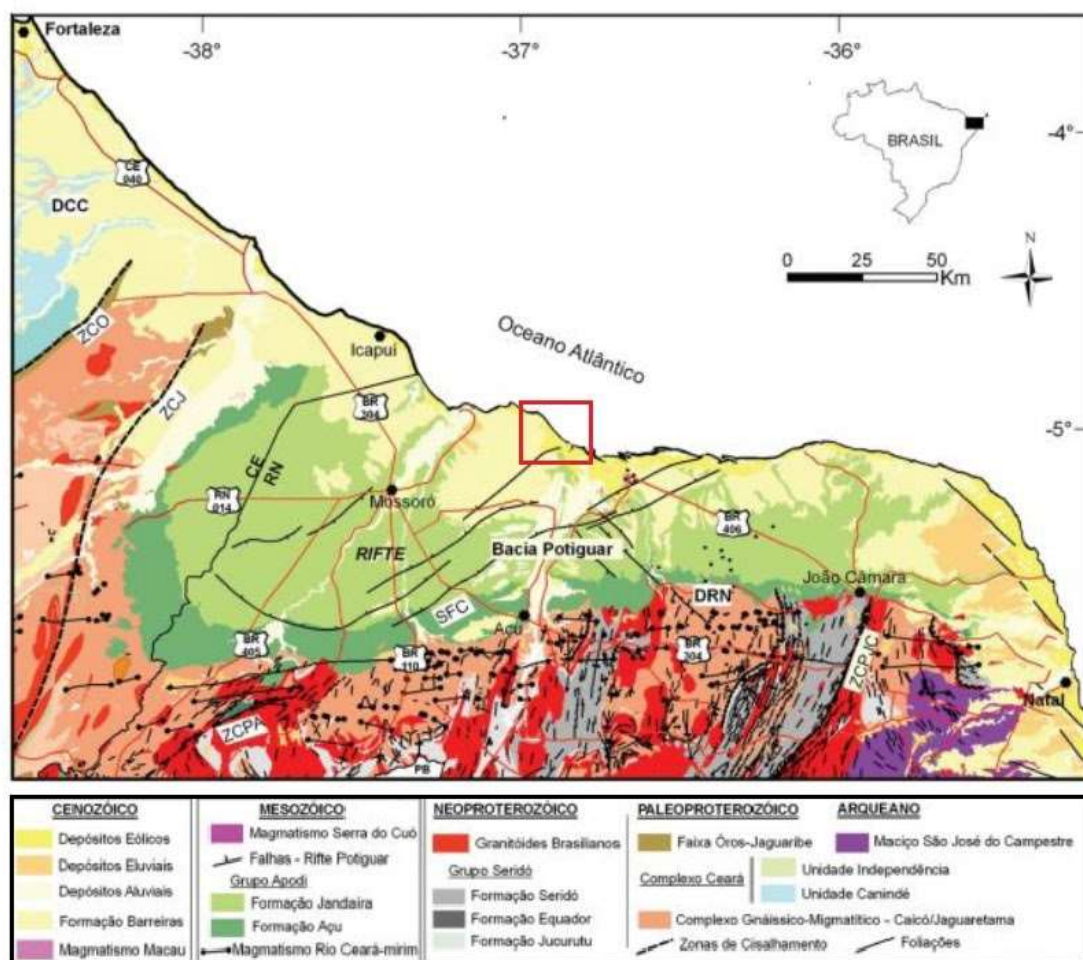


Figura 44. Mapa Geológico da porção emergida da Bacia Potiguar (Modificado de Pedrosa et al., 2010), com destaque para área de estudo.

A Bacia Potiguar é controlada por falhas profundas (MATOS, 1989), que continuam na direção da plataforma continental, onde se desenvolve uma sedimentação de margem passiva (ANGELIM *et al*, 2006). A Partir de trabalho publicado por Cremoniani et al. 1996, conclui-se uma configuração para a bacia potiguar, a qual é caracterizada por um conjunto de grabens assimétricos (Umbuzeiro, Apodi, Boa Vista e Guamaré), compartimentados por altos internos do embasamento e dispostos obliquamente aos principais lineamentos do embasamento cristalino (**Figura 45**).

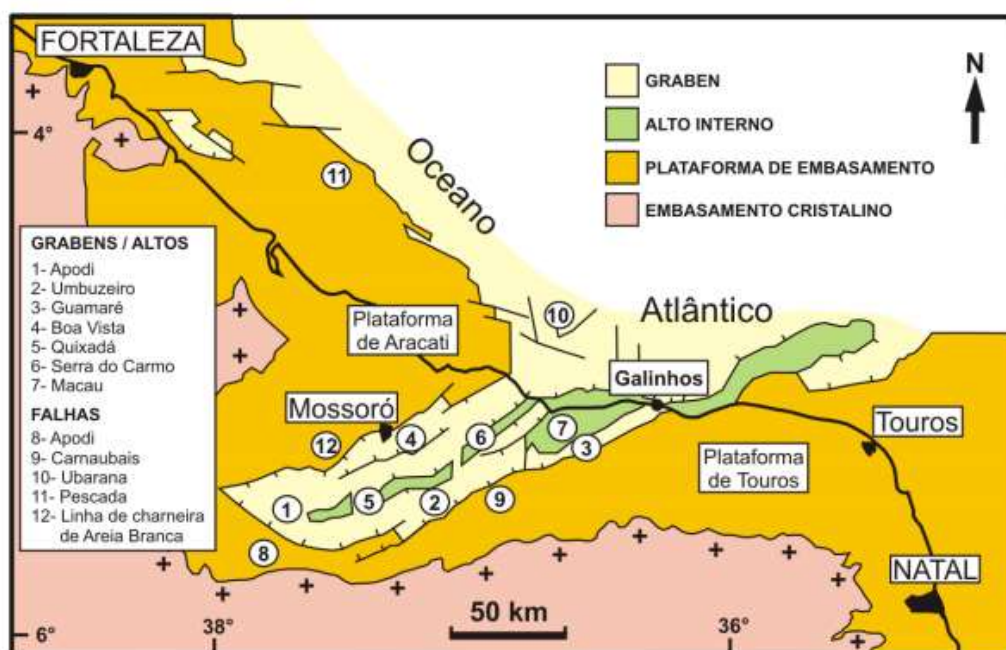


Figura 45. Arcabouço da Bacia potiguar e compartimentações. Fonte: COSTA NETO, 2009.

O graben de Apodi (NW) e os grabens de Boa Vista e Umbuzeiro (NE) são os principais depocentros da bacia em sua porção emersa. Na região submersa, os grabens são assimétricos e orientados paralelamente à linha de costa. Os altos internos supracitados são desenvolvidos em decorrência da formação dos grabens por meio de grandes falhas lístricas, e são os responsáveis pelo condicionamento da bacia a um sistema de calhas preenchidas por sedimentos continentais. Os principais altos internos são os altos de Quixaba, Serra do Carmo e Macau (**Figura 46**).

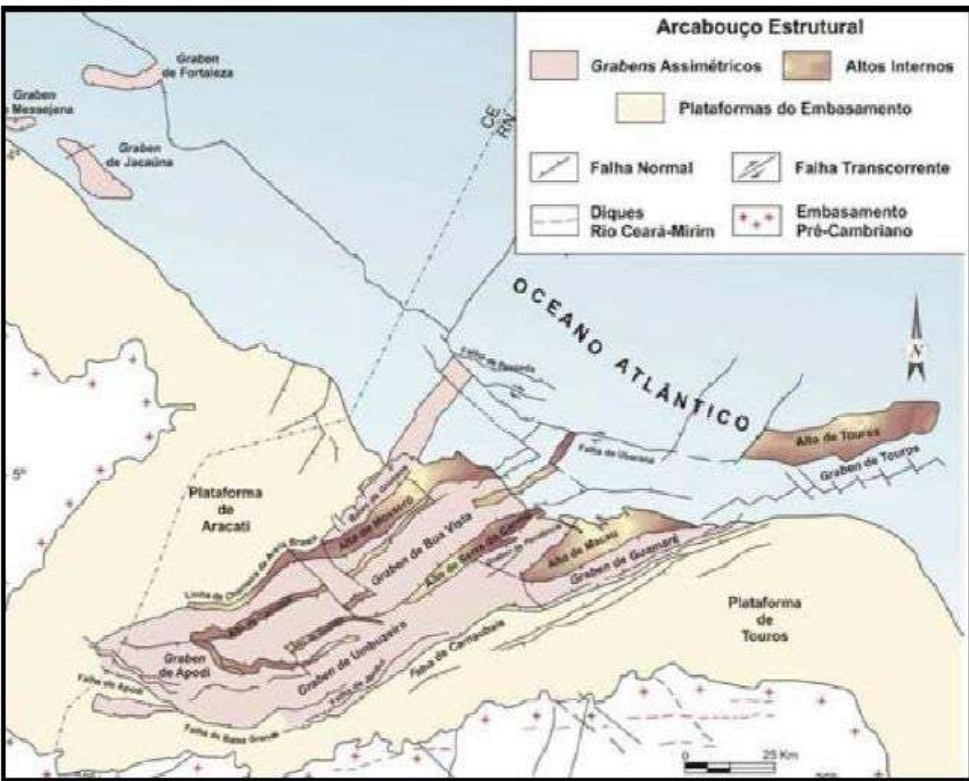


Figura 46. Arcabouço estrutural da Bacia Potiguar (Cremonini et al. 1996 apud Júnior 2015).

A Bacia Potiguar, segundo BERTANI *et al.* (1990) *apud* COSTA NETO (2009), tem em seu arcabouço estrutural 03 unidades básicas. Esta compartimentação, descrita a seguir, comporta sequências sedimentares distintas (Neocomianas a Terciárias):

Os Grábens são estruturas rebaixadas preenchidas por sequências sedimentares do cretáceo inferior. Na porção terrestre são representados pelos grábens do Apodi, Umbuzeiro, Guamaré e Boa Vista, exibindo feições lineares (direção NE-SW) e forma assimétrica. Na porção submersa mostram-se orientados sub-paralelamente à linha de costa atual (VASCONCELOS, 2006);

Os Altos internos representam as porções mais elevadas que contrastam com os grábens. Os principais são os de Quixaba, Serra do Carmo e Macau, correspondem a cristas alongadas do embasamento e são compostos por blocos de gnaisses, migmatitos ou xistos soerguidos por falhas normais. Não são observadas sequências sedimentares provavelmente devido a erosão (VASCONCELOS, 2006);

As plataformas do embasamento representam porções onde os grábens centrais estão delimitados a leste e oeste por plataformas rasas do embasamento, denominadas de Touros e Aracati. Elas geralmente são recobertas por sedimentos do Aptiano e Cretáceo Superior, na porção emersa, e sequências Terciárias na porção marítima (VASCONCELOS, 2006).

Conforme Matos (1992), a Bacia Potiguar foi depositada sobre o embasamento cristalino, aproveitando seu *trend* predominante de direção (NE-SW) durante o Eocretáceo, sendo o sistema de falhas de Carnaubais o principal sistema do Rifte Potiguar. Já o sistema de falhas de Afonso Bezerra é caracterizado como uma estrutura frágil instalada sobre uma descontinuidade pré-cambriana que teria sido reativada no limite Cretáceo-Terciário (Oliveira et al. 1993)

Estruturalmente, os sistemas de falhas de Afonso Bezerra e Carnaubais (**Figura 47**) são identificados como as principais estruturas que exercem o controle da sedimentação na bacia, bem como a deposição dos sedimentos costeiros na região (Souto, 2009).

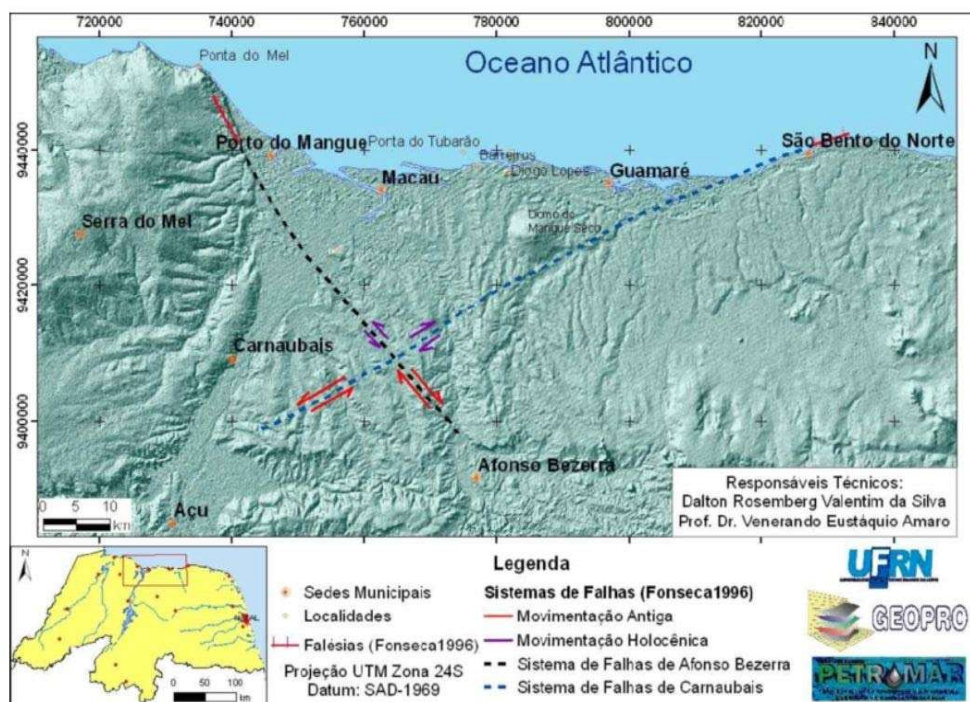


Figura 47. Mapa de representação dos sistemas de falhas de Afonso Bezerra e Carnaubais (Valentim da Silva, 2008).

Adotando-se a evolução tectonoestratigráfica proposta por Pessoa Neto et al. (2007), a Bacia Potiguar é dividida em três estágios: Supersequência Rifte, depositada no Cretáceo inferior; uma Supersequência Pós-Rifte, depositada durante o Andar Alagoas; e uma Supersequência Drifte, depositada entre o Albiano e o Recente (**Figura 48**)

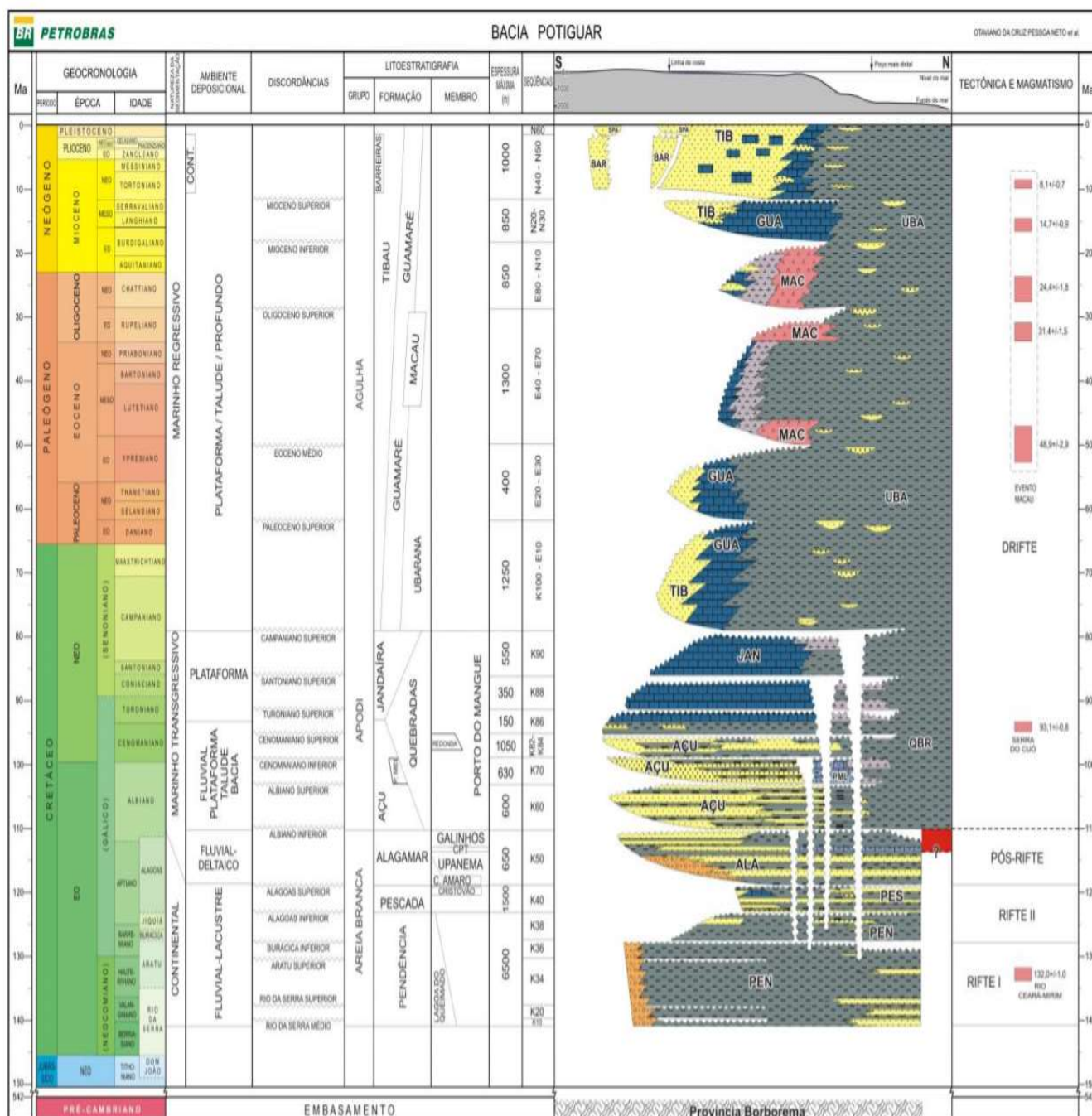


Figura 48. Carta estratigráfica da Bacia Potiguar (Pessoa Neto et al. 2007).

Supersequência Rifte

Constituídos pelos depósitos flúvio-deltáicos e lacustres das Formações Pendência (Neoberriassiano a Eobarremiano) e Pescada (Neobarremiano a Eoaptiano). A Supersequência Rifte é correspondente às fases Rifte I e Rifte II.

Os eventos Rifte I e II correspondem aos eventos de rifteamento regionais descritos por Matos (1992) como fase Sin-Rifte II e Sin-Rifte III. O estágio Sin-Rifte I é referente ao início do processo de deformação distensional caracterizado pela deposição de clastos na depressão afro-brasileira. O estágio Sin-Rifte II (Neoberriassiano ao Eobarremiano) está associado ao esforço distensionais de *trend* NW-SE que culminou na formação de um rifte (NE-NW) na porção emersa da bacia. Esse rifte formou semi-grabens em duas direções, uma NE-SW (Umbuzeiro, Guamaré e Boa Vista) e NW-SE (Apodi).

O estágio Sin-Rifte III (Neobarremiano ao Eoaptiano) ocorreu em regime transtensional destrai E-W. Essa movimentação resultou no deslocamento do rifte para a porção submersa. Nesse estágio a porção emersa da bacia encontrava-se abortada. Este evento deformacional proporcionou a formação dos grabens assimétricos NW-SE de Messejana, Jacaúna e Fortaleza.

O registro desta fase na bacia é restrito à porção submersa, sendo representado pelas seções Neobarremiana da Formação Pendência e Eoaptiana da Formação Pescada. A Formação Pendência nessa porção da bacia é constituída por arenitos grossos e pelitos de um sistema flúvio-deltáico-lacustre. A Formação Pescada é constituída por uma cunha clástica sintectônica, reconhecida inicialmente no bloco baixo da falha de pescada, cuja atividade está geneticamente relacionada a um aumento da taxa de subsidência no final da fase Sin-Rifte III. Litoestratigraficamente, esta formação é constituída por sistemas deposicionais continentais, dominados por leques aluviais e sistemas fluviais de alta energia com bancos carbonáticos restritos (Pessoa Neto et al. 2007).

Supersequência Pós-Rifte

Fase caracterizada por um ambiente deposicional de águas relativamente calmas e de regime tectônico com subsidência térmica. Análises bioestratigráficas e geoquímicas apontam a presença de dinoflagelados, sugerindo que a primeira incursão marinha na bacia tenha ocorrido nesse período (Neoaptiano). Essa super sequência é representada pelos sedimentos da Formação Alagamar (Aptiano e Albiano), período de afogamento gradativo dos sistemas flúvio-deltaicos e fan-deltaicos (Membros Canto do Amaro e Upanema) e folhelhos transicionais (Membro Galinhos), separados por um intervalo de rochas de um sistema lagunar constituído de folhelhos pretos e calcilutitos ostracoidais, denominado informalmente de Camadas Ponta do Tubarão (Costa et al. 1983, Rossetti et al. 1996 apud Guedes. 2012). As rochas que compõem as Camadas Ponta do Tubarão são interpretadas como o primeiro registro de ingressão marinha na bacia e depositadas em ambiente lagunar restrito (sabkha) durante um período de clima árido (Pessoa Neto et al. 2007) e correspondente ao regime tectônico marcado por subsidência térmica, com sedimentação ocorrendo em ambiente relativamente calmo, que sucedeu a fase Rifte.

Dados geoquímicos e bioestratigráficos, analisados atestam a presença de dinoflagelados, sugerindo que a primeira incursão marinha na bacia tenha ocorrido nessa idade (Neoaptiano). Essa super sequência é representada pelos sedimentos da Formação Alagamar (Aptiano e Albiano) e ocorrência de afogamento gradativo dos sistemas fan-deltaicos e flúvio-deltaicos (Membros Canto do Amaro e Upanema) e folhelhos transicionais (Membro Galinhos), separados pelas Camadas Ponta do Tubarão, que é um sistema lagunar constituído de folhelhos pretos e calcilutitos ostracoidais (Guedes. 2012). As rochas que compõem as Camadas Ponta do Tubarão são o primeiro registro do período de ingressão marinha na bacia e depositadas em ambiente lagunar (sabkha) durante um período paleoclimático de clima árido (Pessoa Neto et al. 2007).

Supersequência Drifte

Fase correspondente a duas sequências: sequência flúvio-marinha regressiva e sequência flúvio-marinha transgressiva. A Sequência flúvio-marinha transgressiva (Eoalbiano ao Eocampaniano) é constituída por sedimentos siliciclásticos da Formação Açu, sedimentos marinhos da Formação Quebradas e sedimentos da Formação Ponta do Mel, os quais são típicos de plataforma carbonática rasa. O ápice desta transgressão ocorreu no início do Turoniano, sendo identificado pela deposição de folhelhos contínuos na porção submersa da bacia e afogamento dos sistemas fluviais (Formação Açu) na porção emersa, bem como pela instalação de uma plataforma/ carbonática dominada por maré (Formação Jandaíra). O limite do pacote carbonático da Formação Jandaíra com os arenitos da Formação Açu é concordante e representa a superfície de inundação máxima no período Cretáceo Superior. Os depósitos sistemas são caracterizados por folhelhos de ambientes nerítico médio a batial, na porção submersa da bacia, e sucessões de tidal bundles (fície de ambiente estuarino) e folhelhos marinhos na porção emersa (**Figura 49**).

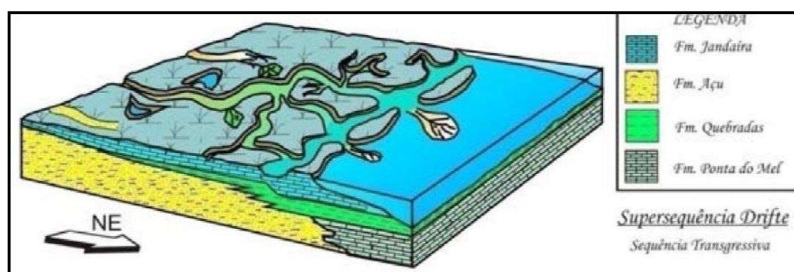


Figura 49. Modelo deposicional da sequência transgressiva da Supersequência Drifte da Bacia Potiguar (Bertani et al. 1990 apud Júnior 2015).

A sequência flúvio-marinha regressiva é marcada por uma camada pelítica espessa, pertencente a um sistema de plataforma, depositados em taludes e boca, denominada de Formação Ubarana (Pessoa Neto, 2003). Conforme Junior (2015), esses sedimentos encontram-se interdigitados lateralmente com os calcarenitos e calcilutitos, depositados em um sistema tipo plataforma e talude carbonáticos da Formação Guamaré. Esta por sua vez, interdigita-se

lateralmente com os sedimentos siliciclásticos da Formação Tibau, pertencentes a um sistema de leques costeiros e preenchimentos de vales incisos. Durante o Neógeno, uma sucessão areno-argilosa intercalada, às vezes, por sucessões silticas e conglomeráticas, predominantemente continental, que constituem a Formação Barreiras. Ela compreende aos sistemas de leques aluviais, fluviais e costeiros, que foram depositadas interdigitando-se à Formação Tibau. Esses sedimentos são representados pela Formação Barreiras e compreendem sistemas de leques aluviais, fluviais e costeiros (Guedes, 2012), (**Figura 50**).

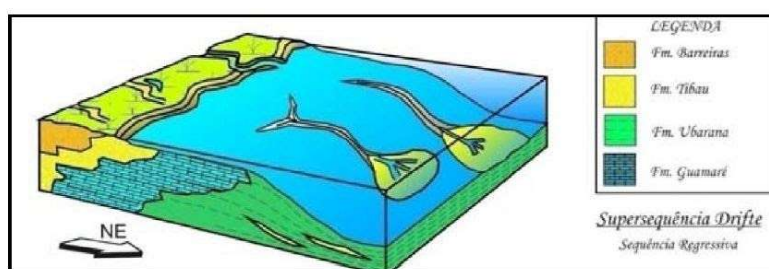


Figura 50. Modelo deposicional da sequência regressiva da Bacia Potiguar (Bertani et al. 1990 apud Júnior 2015).

As sequências Neocampaniano a Eopaleoceno preservam sedimentos de plataforma carbonática de fácies de talude e bacia. No Neopaleoceno ao Eomioceno ocorre, ocorre uma sequência deposicional representada por uma cunha sedimentar de plataforma carbonática, de fácies de talude e bacia. As sequências E20 a N10, conforme Pessoa Neto et al. (2007), apresentam clinoformas mais oblíquas com quebras de plataformas bem definidas, mostrando um domínio de feições progradacionais, com predomínio de fácies de talude. Na porção mais profunda ocorrem turbiditos intercalados com folhelhos e derrames vulcânicos terciários (basaltos Macau no Cânion de Agulha). Já as sequências N20 a N50 apresentam padrão agradacional, com a preservação de sedimentos de plataforma mista rasa das formações Tibau e Guamaré.

O magmatismo terciário conhecido como Macau, ocorreu de modo intercalado aos sedimentos da sequência regressiva, sendo datados com idades distribuídas entre 70-65 e 9-6 Ma (Eoceno/Oligoceno), com picos entre $48,9 \pm 2,9$ e $31,4 \pm 1,5$ Ma. Um pulso mais novo no Mioceno de idade mínima de $14,7 \pm 0,9$

Ma é datado com base em poços na porção submersa da bacia (Pessoa Neto, 1999). A espessura desses derrames de basalto chega a atingir cerca 1,5 Km na região dos cânions de Agulha e Ubarana, evidenciando a grande magnitude desse evento. A origem desse magmatismo pode estar relacionada à passagem da Margem Equatorial sobre o hot spot de Fernando de Noronha ou ainda estar relacionado à colocação de magmas em zonas de alívio, a partir de ajustes tectônicos intraplaca (Pessoa Neto, 2007).

A Sequência mais jovem da bacia é restrita ao Quaternário e é composta por sedimentos aluviais oriundos das bacias hidrográficas do Rio Açu e Mossoró, na porção proximal, sedimentos praias e de dunas na região costeira, sedimentos siliciclásticos intercalados com sedimentos bioclásticos na plataforma externa e sedimentos finos no talude e nas partes profundas da bacia (Júnior, 2015)

Estratigrafia Simplificada

Conforme Araripe & Feijó (1994), a Bacia Potiguar pode ser dividida em três unidades litoestratigráficas: Areia Branca, Apodi e Agulha, representando a sedimentação ocorrida do Neocomiano até o Recente. Compõem ainda o arcabouço litológico da Bacia Potiguar as rochas vulcânicas das formações Rio Ceará-Mirim, Serra do Cuó e Macau. Bem como, as coberturas sedimentares recentes do Grupo Barreiras.

Grupo Areia Branca

O Grupo Areia Branca representa o início da deposição sedimentar na Bacia Potiguar, tendo os primeiros registros datados do Neocomiano. Este grupo é composto pelas formações Pendências, Ceará-Mirim, Pescada e Alagamar (Araripe & Feijó 1994). As três primeiras formações foram depositadas no primeiro estágio tectônico evolutivo, correspondente ao rifte continental, que marca uma sedimentação essencialmente siliciclástica representada por: folhelhos, argilitos, arenitos e conglomerados de sistemas, preferencialmente. A Formação Alagamar, representa a transição entre os estágios rifte e de deriva

continental, que compreende o estágio transicional. Esta é caracterizada não só pelas rochas siliciclásticas, mas também por rochas carbonáticas, embora de menor representatividade.

Grupo Apodi

O grupo Apodi é composto pelas formações: Açú, Ubarana, Ponta do Mel, Quebradas, Jandaíra e Serra do Cuó. Esse grupo é referente as primeiras deposições do estágio de deriva continental, correspondendo a fase de transgressão marinha, tendo como característica as rochas siliciclásticas das formações Açú, Ubarana, Ponta do Mel, Quebradas, e as carbonáticas de origem plataformal das formações Ponta do mel e Jandaíra. A Formação Serra do Cuó, Jandaíra (Costa e marinho raso) e Ubarana (Marinho raso/profundo), no topo da sequência, correspondem a um derrame vulcânico com tendência alcalina no Santoniano (Pessoa Neto, 2003).

Grupo Agulha

A passagem da fase transgressiva para a regressiva no estágio de deriva continental é marcada por uma discordância erosiva a qual precede a deposição do Grupo Agulha, por volta do mesocampaniano. Esse grupo é constituído pelas formações Tibau, Guamaré, Ubarana, Macau e Barreiras. As três primeiras foram depositados quase simultaneamente em ambientes deposicionais que variaram respectivamente entre costeiro/transicional, plataforma rasa e águas profundas, enquanto a quarta formação é correspondente a um derrame vulcânico de grandes proporções que ocorreu entre o Eoceno e Oligoceno. Ao final do Oligoceno e início do Mioceno, inicia-se a deposição da Formação Barreiras. Essa unidade possui grande extensão no continente, chegando a margear quase completamente o litoral do Rio Grande do Norte, bem como grande parte da costa brasileira.

Neotectônica da Bacia Potiguar

Durante o Cenozóico, importantes sistemas de falhas foram reativados, resultando em grandes dobramentos com eixos orientados preferencialmente na direção N-S, oriundos de esforços compressivos E-W (Cremonini e Kramer, 1995). Os efeitos desses esforços na morfologia, drenagem e ambientes de sedimentação foram analisados por Bezerra e Vita-Finzi (2000), Bezerra et al. (2001,2008), Nogueira et al. (2010), Moura Lima et al. (2010), Rossetti et al. (2011) e Maia (2012). Por seu turno, esses trabalhos demonstraram que a relação entre a tectônica cenozóica e os depósitos neogênicos (**Figura 51**) e quaternários na Bacia Potiguar é responsável pelas conformidades entre a disposição dos vales, falésias e as falhas neotectônicas.

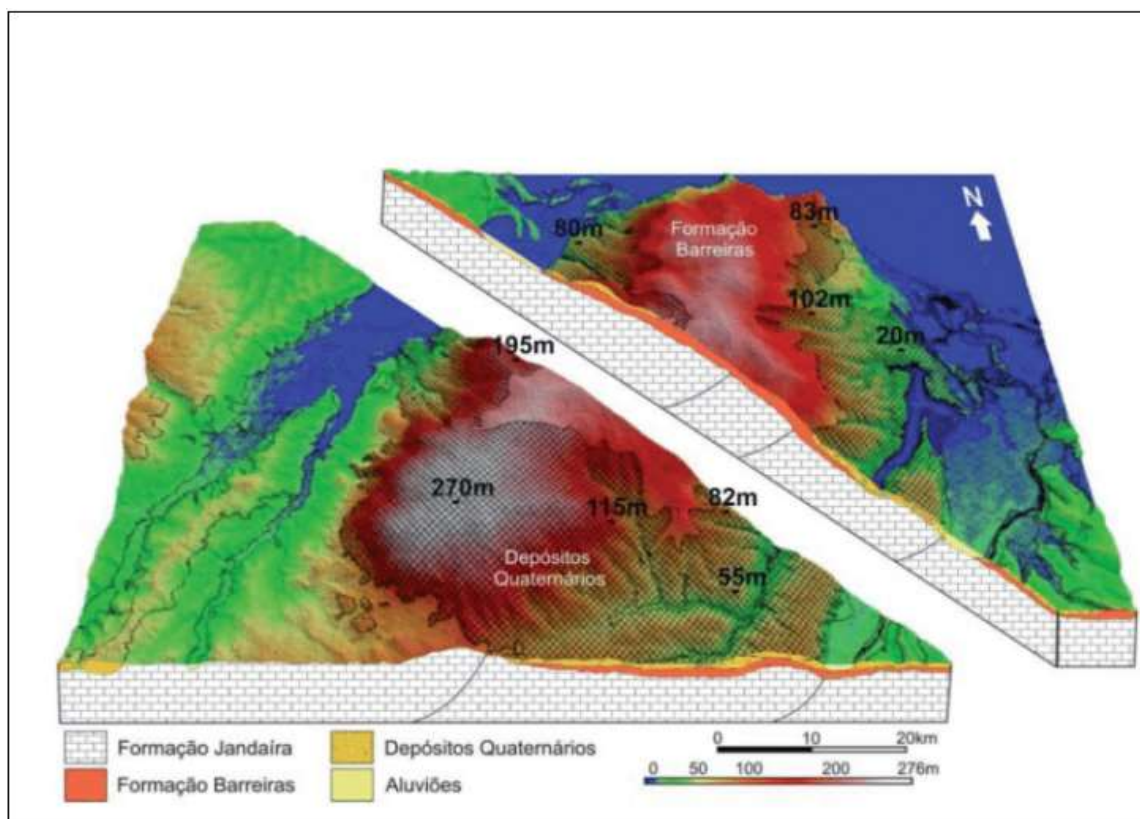


Figura 51. Bloco diagrama demonstrando a distribuição dos depósitos neogênicos e quaternários em Serra do Mel. A área hachurada representa os paleodepósitos fluviais dos rios Mossoró e Açu (Adaptado de Maia e Bezerra, 2014).

Essa conformação indica a relação genética existente entre alinhamentos mais antigos e a morfologia atual dos vales e das escarpas litorâneas. Vários alinhamentos de vales e áreas deprimidas direcionam-se segundo as orientações de falhas do embasamento pré-cambriano e cretáceo, o que pode representar uma reativação recente dessas linhas de fraqueza (Moura Lima, et al., 2010). Desse modo, porções substanciais do relevo da Bacia Potiguar tem origem neotectônica e é originada a partir da inversão do campo de tensões tectônicas no Cenozoico (Maia e Bezerra, 2014).

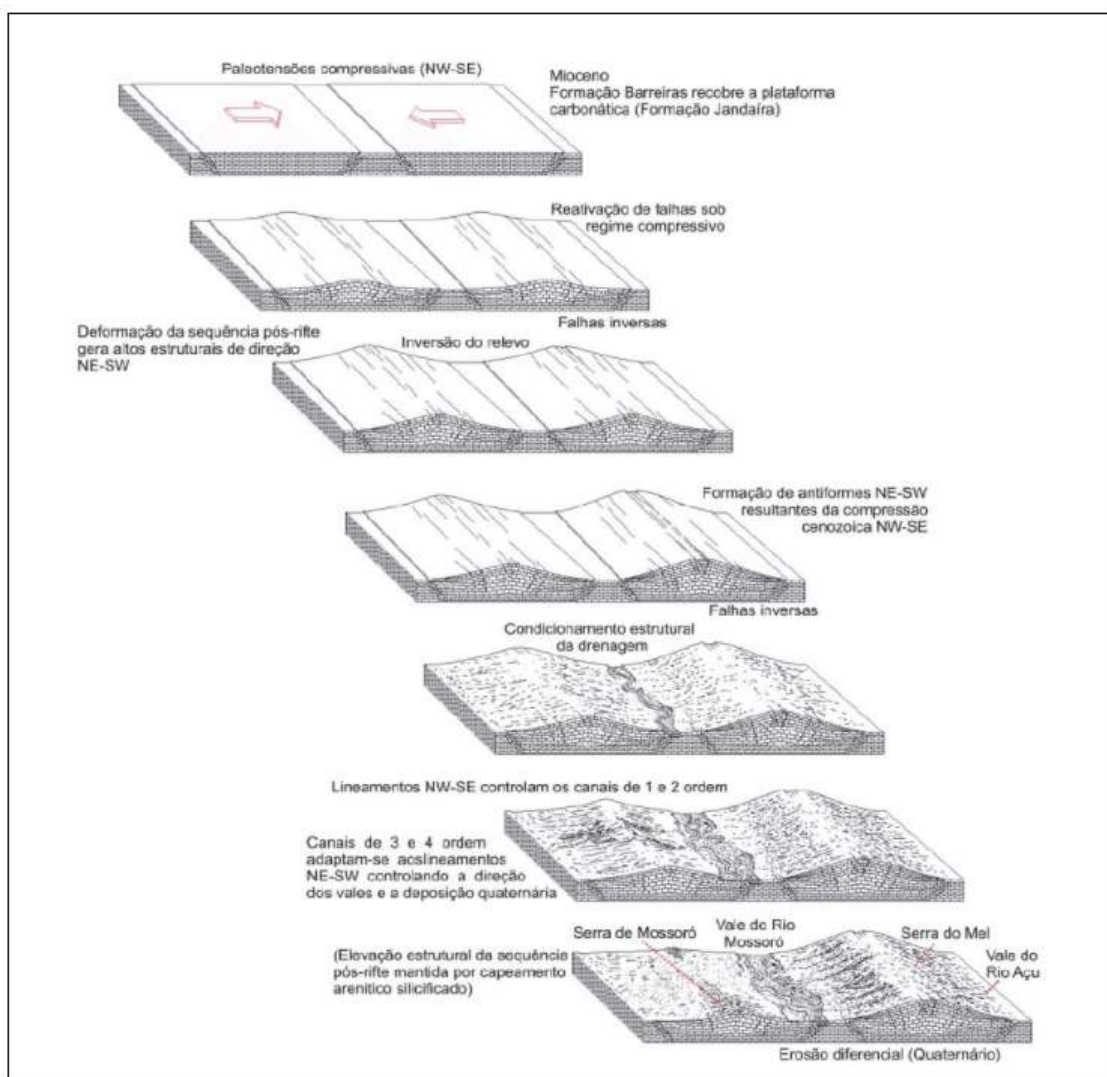


Figura 52. Modelo esquemático da evolução geomorfológica da seção pós-rifte resultante da compressão cenozóica (Maia e Bezerra, 2014).

5.1.3.2. Geologia Local

A área ocupada pelo Complexo, assim como suas áreas de influência direta e indireta, está inserida no contexto da Bacia Potiguar, compartimentando-se em 05 unidades que estão cartografadas em escala de 1:30.000, conforme mapa da Figura 5.21. Os depósitos sedimentares foram classificados como: Depósitos Eólicos Litorâneos vegetados e não vegetados, Depósitos Flúvio-marinhos, Depósitos Aluvionares antigos e Formação Barreiras, como pode ser visto no mapa a seguir.

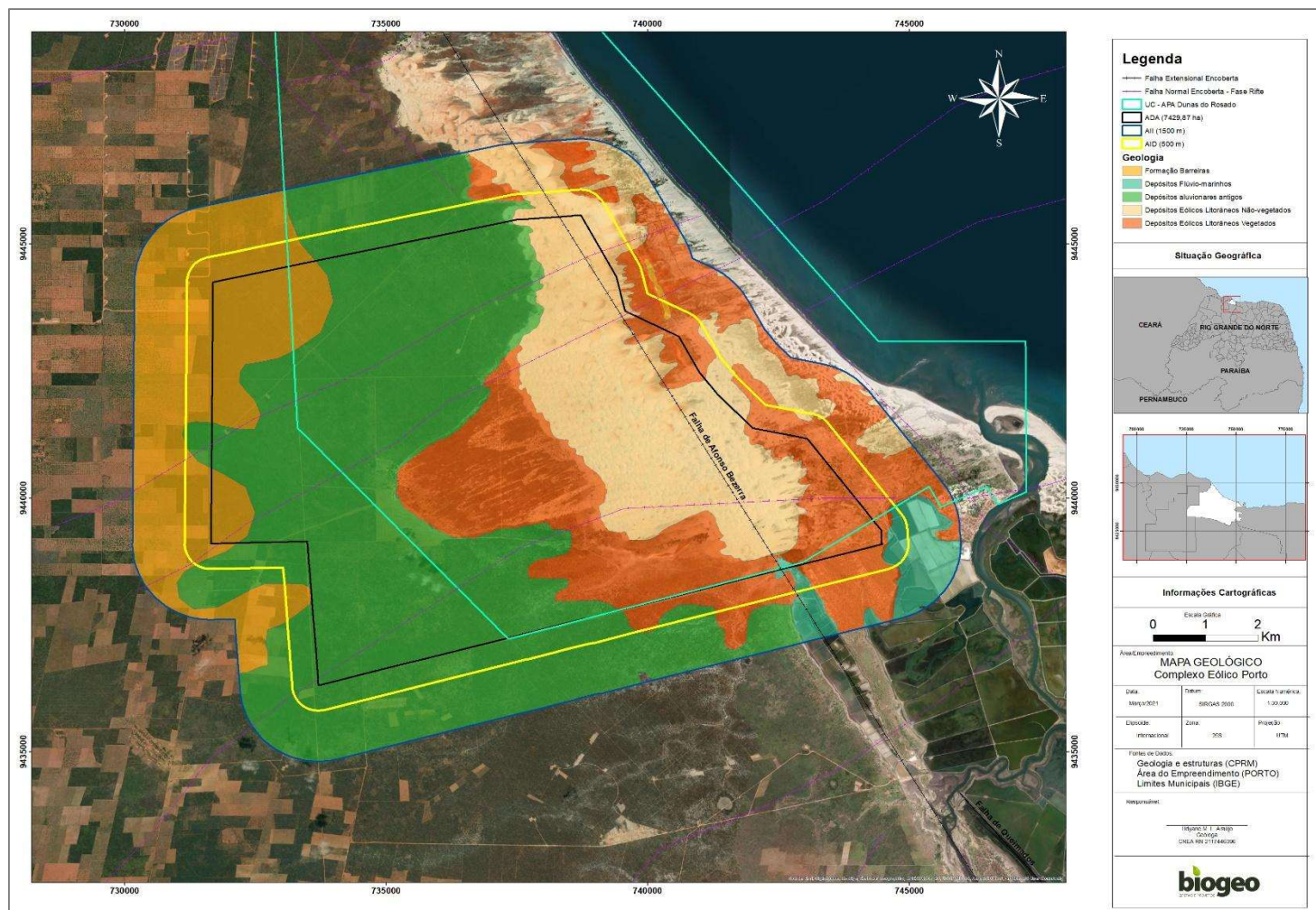


Figura 53. Mapa Geológico da área da área do Complexo Eólico Porto. Fonte: Biogeo, 2021.

a) Formação Barreiras

Formada por sedimentos terciário-quaternários mal selecionados de textura areno-argilosa e coloração típica avermelhada, creme ou amarelada. Os sedimentos depositados nesta formação estão associados com leques aluviais de alta energia e depósitos litorâneos ocorrendo em dois contextos estruturais distintos que são sob a forma de estratos horizontalizados ou com camadas basculadas. Assim, caracterizam duas litofácies dispostas verticalmente em contatos normais ou por falhas, a litofácies inferior que corresponde a arenitos siltico-argilosos com estratificação cruzada de baixo ângulo e a litofácies superior que corresponde arenitos médios a grossos, maciços, com intercalações conglomeráticas (ALHEIROS *et al.*, 1998). Villwock (2005), destaca que os sedimentos encontrados no Grupo Barreiras possuem idade Neógena e foram retrabalhados no Pleistoceno e no Holoceno, dando origem às feições geomorfológicas dos tabuleiros costeiros. Sua coloração geralmente avermelhada indica a presença de óxidos e hidróxidos de ferro, bem como material mais claro indicado pela presença de argilominerais. Sua extensão atinge cerca de 40 km adentrando o continente a oeste.

Na área de estudo representado pela morfologia de Falésias inativas ou paleofalésias, que podem estar associadas a processos de variação eustáticos e/ou tectônicos, aos quais Bird (2008) apud Neto (2019), aponta as *emerged coastlines*, ou seja, antigas linhas de costas que estão em um nível mais alto do que quando foram originalmente formadas. O autor utilizar o termo *bluff* para encostas escarpadas com menor inclinação, geralmente entre 8 -10° em rochas friáveis, sendo que a inclinação tende a aumentar em rochas de maior resistência (**Fotos 5 e 6**).

Essas linhas de paleofalésias foram mapeadas (**Foto 7**) através de imagem oriunda do sensor remoto orbital Quickbird (0,61m de resolução espacial) e levantamento GNSS. Elas totalizaram 36,59 ha (hectares), no entanto, o fator eólico associado a migração dunar acaba dificultando a delimitação integral desses afloramentos.

Analisando os Modelos Digitais de Elevação (MDE) obtidos, verificou-se que as paleofalésias estão situadas entre as cotas ortométricas 30 m e 15 m e declividades de 10% a 20%.

Vale destacar que esses depósitos se encontram em processos ativos de denudação, devido a ação de processos exógenos, tais como: ação pluvial e coluvial (**Fotos 8 e 9**).

Entre as linhas de falésias inativas e a faixa praial, diversos subambientes costeiros ocorrem, com destaque para os campos de dunas ativas, dunas fixas e planícies de deflação (**Foto 10**).

A presença do sistema de falhas de Afonso Bezerra, relacionados à Fase Rift, e mapeadas em condições de subsuperfície tem sua expressão direta na área através da presença de materiais de sílex, conforme afloramento identificado na proximidade de um curso d'água da localidade Canto da Lagoa (**Foto 11**).



Foto 5. Paleofalésia evidenciando o mergulho suave característico de encostas do tipo bluff.



Foto 6. Sedimentação ferruginosa associada à Formação Barreiras. Evidência de material friável. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 7. Visão geral da área de falésia exibindo diferença na coloração devido ao intemperismo. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 8. Estratificações demarcando afloramento da Fm. Barreiras. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 9. Destaca a presença de ravinas voçorocas decorrentes dos processos erosivos instalados nas paleofalésias.

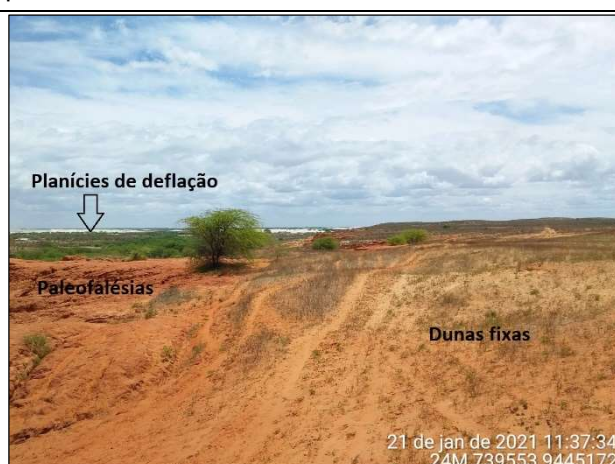


Foto 10. Subambientes costeiros presentes entre as linhas de falésias inativas e a atual linha de costa.



Foto 11. Presença de arenitos maciços silicificados (silexito) na área onde se localiza uma lagoa intermitente, com presença de vegetação. Fonte: Biogeo, 2021.

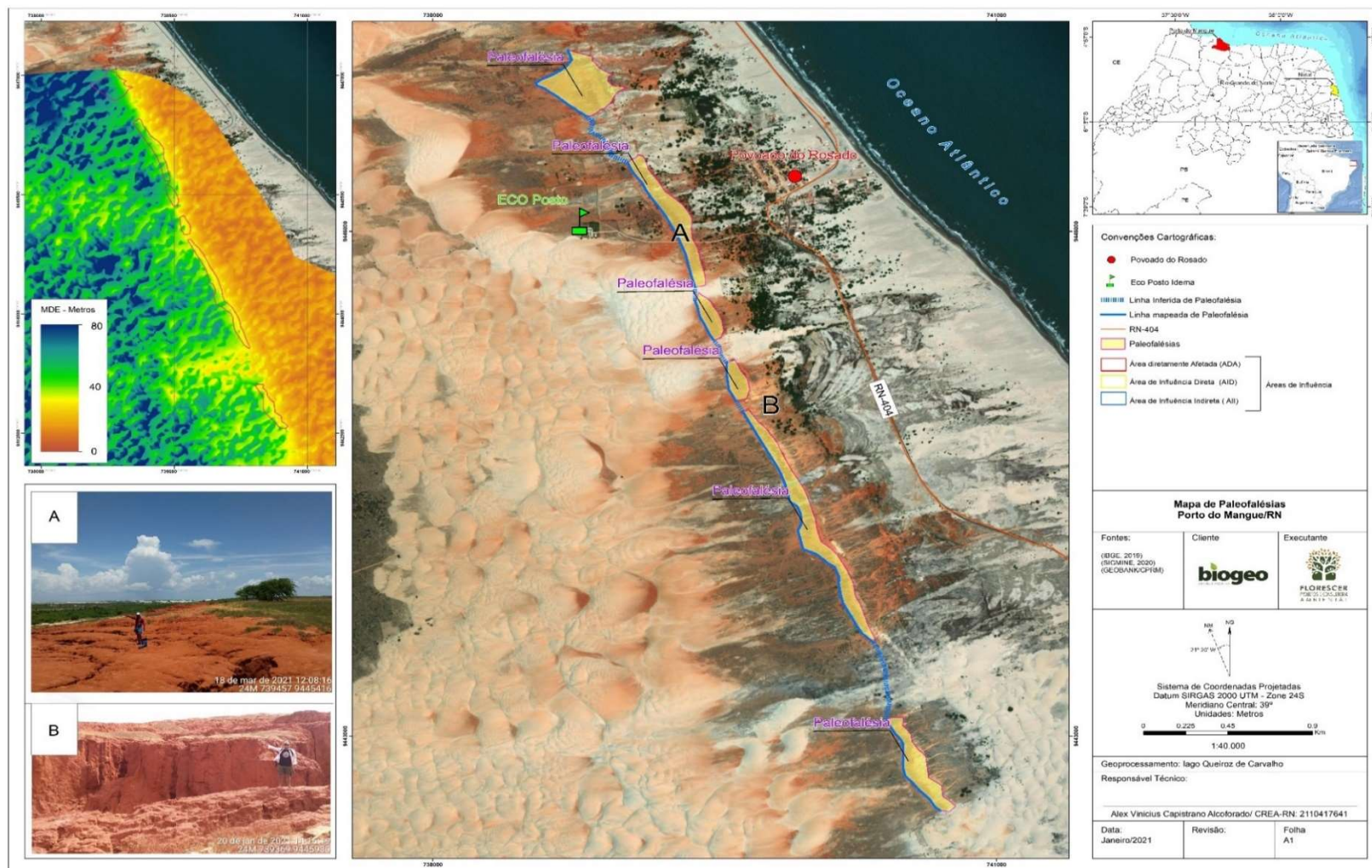


Figura 54. Mapeamento de Paleofalésia na Área de Estudo.

b) Depósitos Eólicos Litorâneos

O Depósito eólico é constituído, predominantemente, por sedimento holocênicos, areno-quartzosos, de granulometria fina a média, que foram selecionados pelo transporte eólico, estando geralmente sobrepostos a uma litologia mais antiga, Formação Barreiras, por exemplo. O relevo fortemente ondulado, forma campos de dunas com predomínio de Neossolos Quartzarênicos, bem selecionados, e de colorações claras. Este depósito está presente na porção Leste/Nordeste da área de estudo, mais próximo a zona costeira, estabelecendo limite com os depósitos aluvionares antigos, a Formação Barreiras e os depósitos flúvio-marinhos. Os depósitos eólicos na área estão representados por dunas fixas e móveis classificadas por sua morfologia (Barcana e Parabólica) e presença/ausência de vegetação (vegetadas/fixas e não vegetadas/móveis). Na área de estudo essas feições estão dispostas paralelas à linha de costa apresentando relevo ondulado caracterizando uma planície costeira.

As dunas atualmente ativas, são morfologicamente classificadas como barcanas (**Fotos 12 e 13**). As dunas barcanas formam-se na região de pós-praia e, gradativamente vão sendo deslocadas para o interior dos campos de dunas pela ação de ventos e aumentando suas dimensões com o sucessivo acúmulo de sedimento proveniente da forma em lençol.

Os depósitos vegetados são considerados como dunas fixas e como característica apresentam alta permeabilidade, não propiciando a formação de redes de drenagem superficial (**Fotos 14 e 15**). São classificadas morfologicamente como dunas parabólicas (**Figura 55**). Essas dunas são mais antigas do que as dunas móveis, e ocupam 706,64 hectares, o que representa, aproximadamente, 5,38% da área de influência do empreendimento. Em termos de distribuição espacial, estão localizadas a oeste dos campos de dunas móveis que gradativamente vão se deslocando e recobrando os campos de dunas fixas.



Foto 12. Campo de dunas móveis do tipo Barcana.
Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 13. Campo de dunas móveis do tipo Barcana próximo à linha de costa com presença de marcas onduladas eólicas. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 14. Transição entre campo de dunas móveis e campo de dunas vegetadas. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 15. Depósitos eólicos litorâneos vegetados. Fonte: Biogeo, 2021.

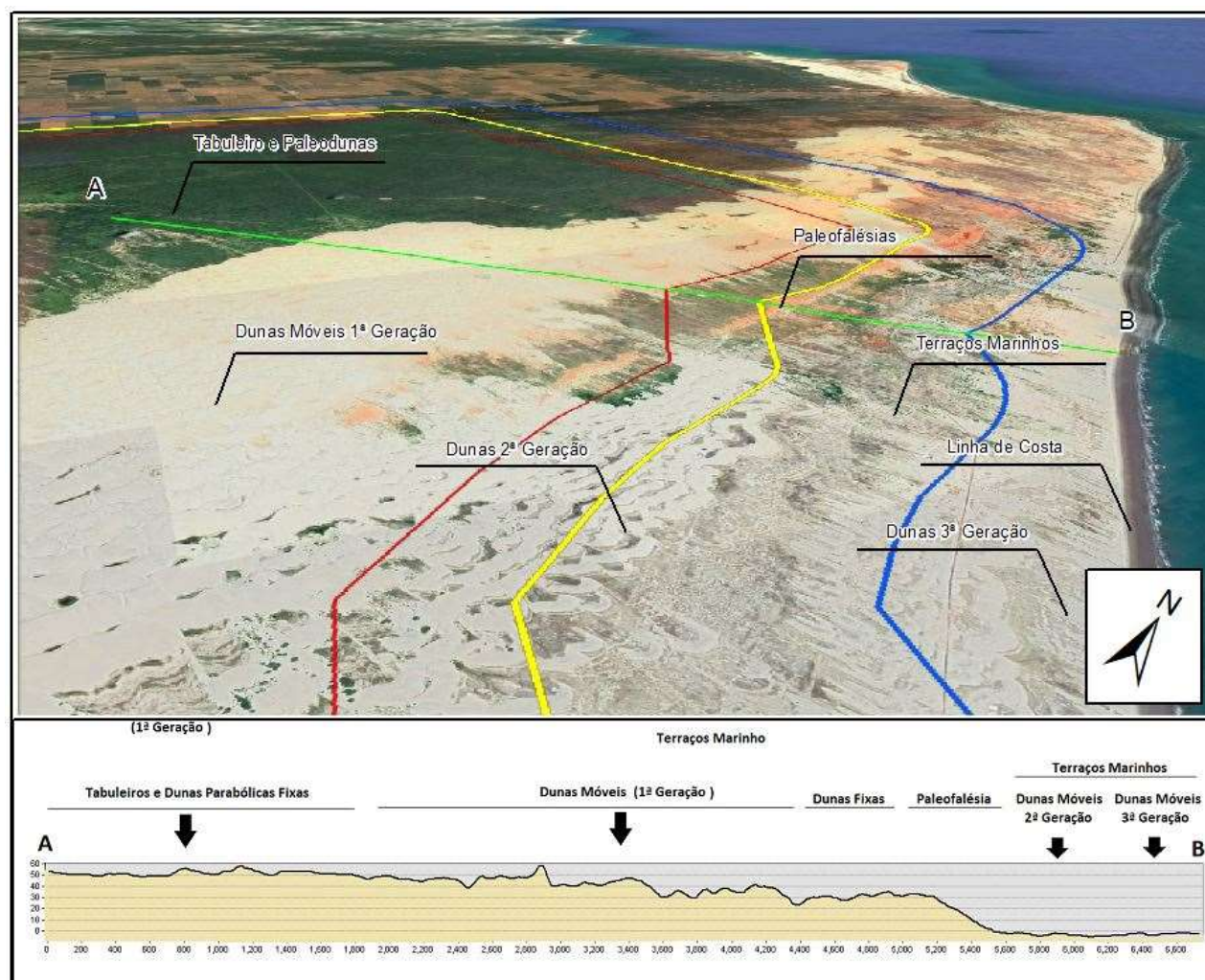


Figura 55. Perfil esquemático da área de estudo. Destaque para as sucessivas gerações de dunas móveis que migram no sentido da região de tabuleiro.

Análise Multitemporal do Campo de Dunas

Este tópico tem por objetivo a identificação das mudanças espaço-temporais do campo de Dunas do Rosado nas porções inseridas nas áreas de influência do empreendimento, entre os anos 1985 e 2020 de modo que permita quantificar o grau de modificação das dunas móveis presentes. Para tal, foram utilizadas um conjunto de imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, que possuem respectivamente os sensores: TM e OLI que são sensores passivos, com resolução espacial de 30m.

Para extração de dados e execução das análises históricas, a metodologia empregada (**Figura 56**) recorreu a aplicação de técnicas de pré-processamento digital de imagens e processamento digital de imagens com intuito de ressaltar e contrastar os alvos terrestres. Para atenuação do efeito atmosférico nas imagens foi aplicado o algoritmo FLAASH e para a minimização das distorções geométricas decorrentes da aquisição dos sensores, foi realizado o registro das imagens de modo que o valor do erro médio sistemático (RMS) não ultrapassou o valor de 0,5m, possibilitando a realização de análises métricas com precisão cartográfica quanto ao posicionamento das áreas mapeadas (**Figuras 57 a 61**).

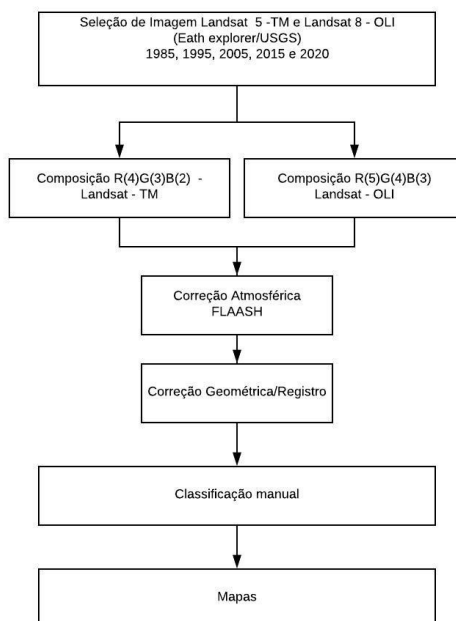


Figura 56. Fluxograma metodológico da análise multitemporal dos campos de dunas.

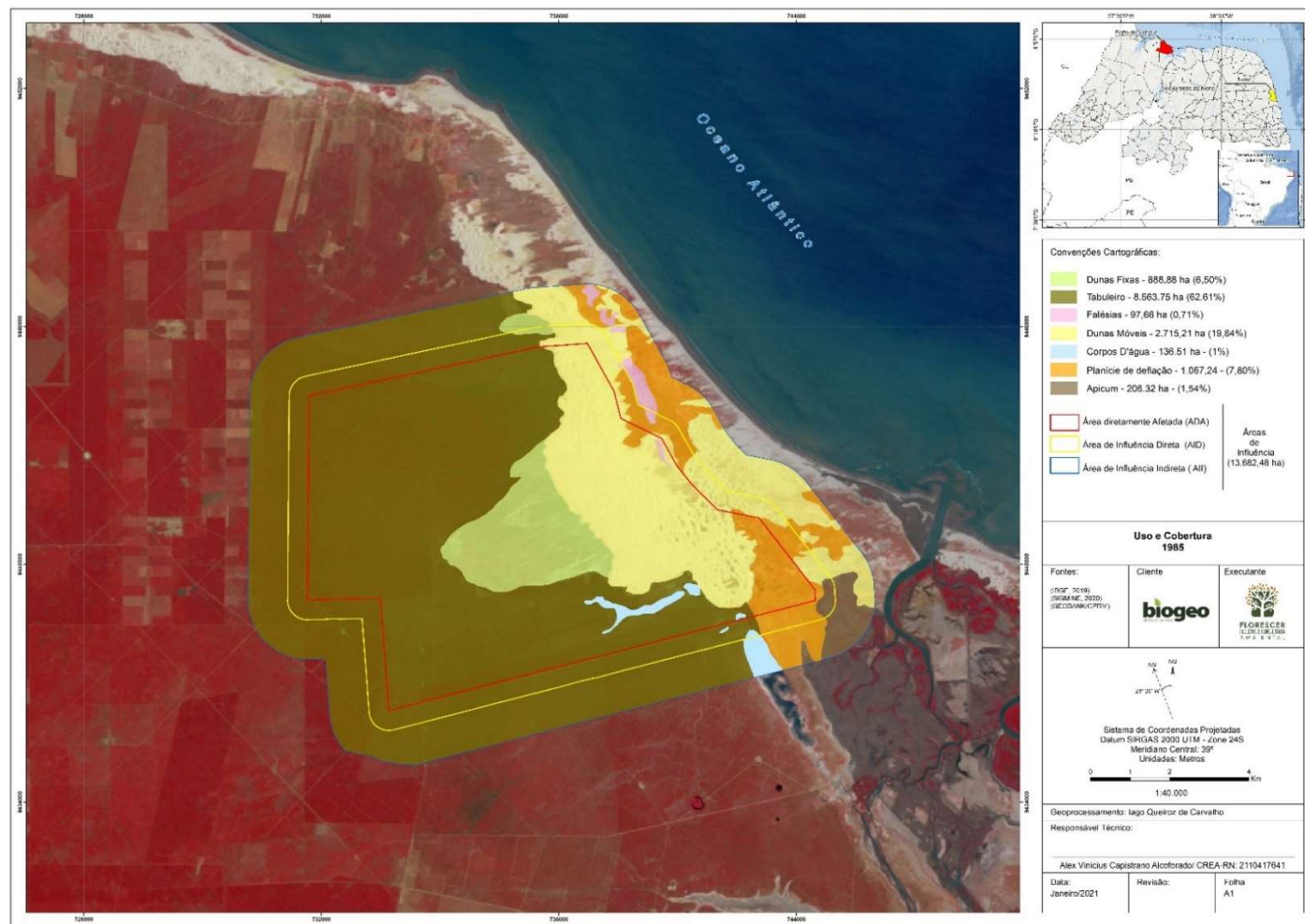


Figura 57. Uso e Cobertura do Ano de 1985.

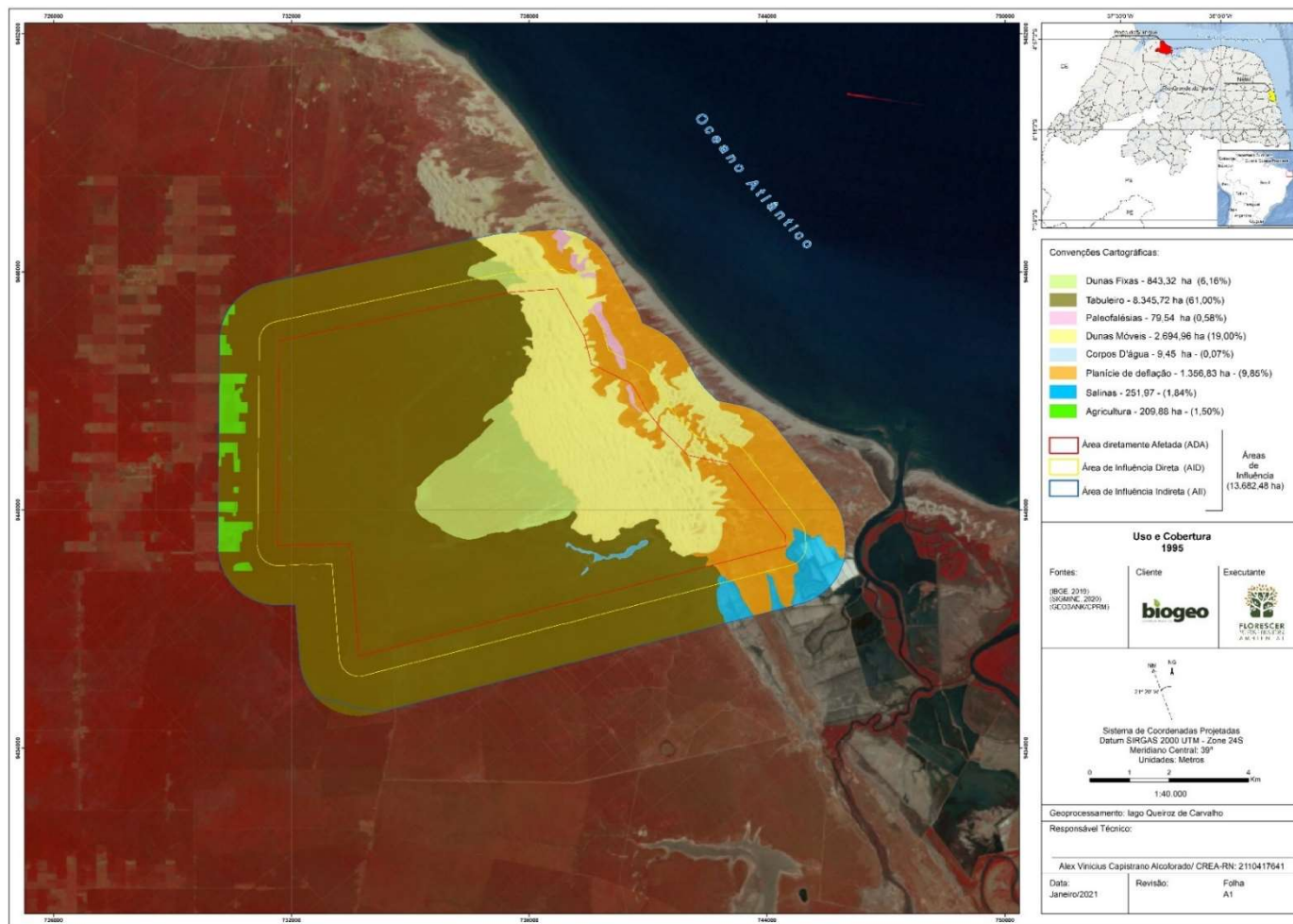


Figura 58. Uso e Cobertura do Ano de 1995.

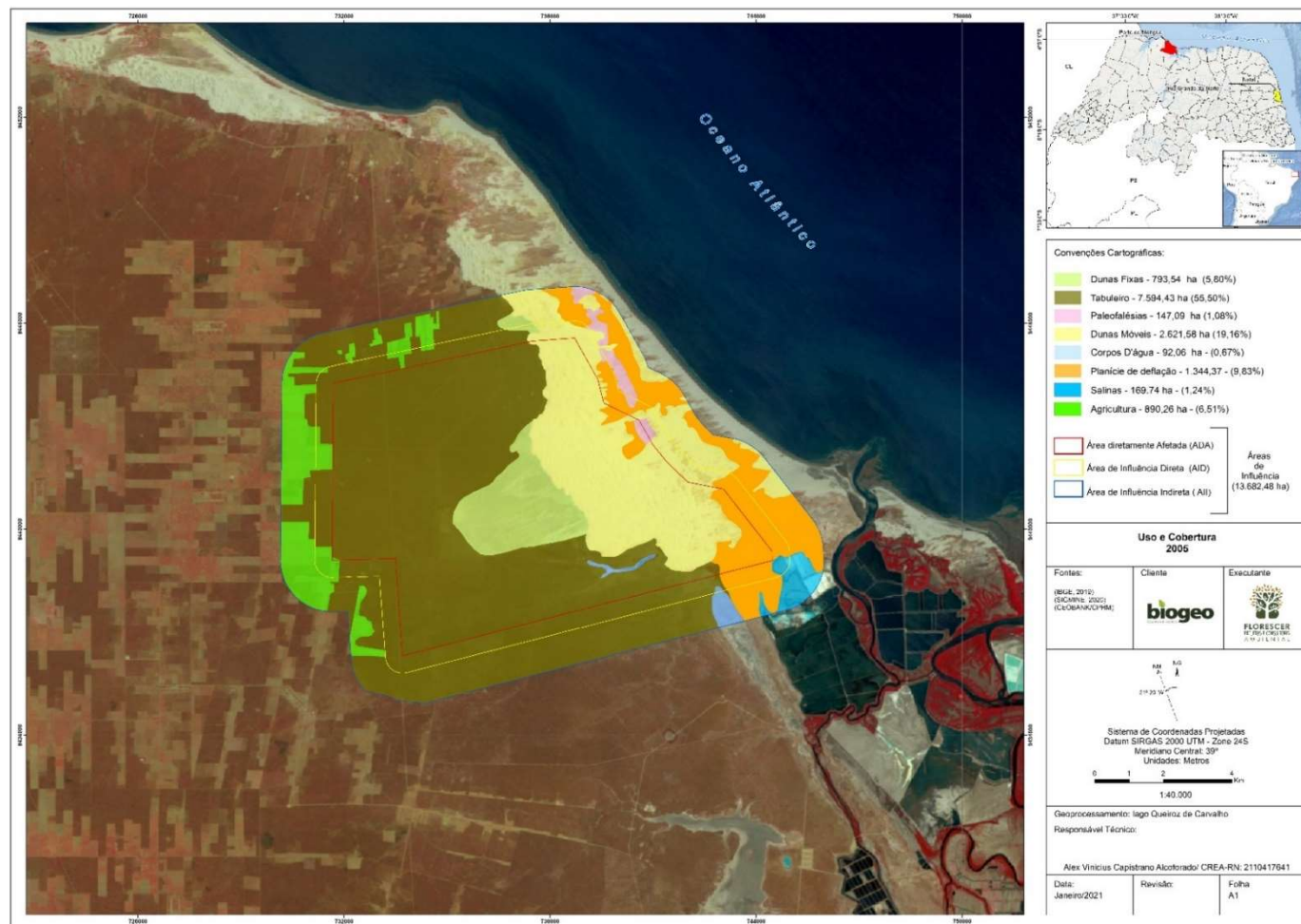


Figura 59. Uso e Cobertura do Ano de 2005.

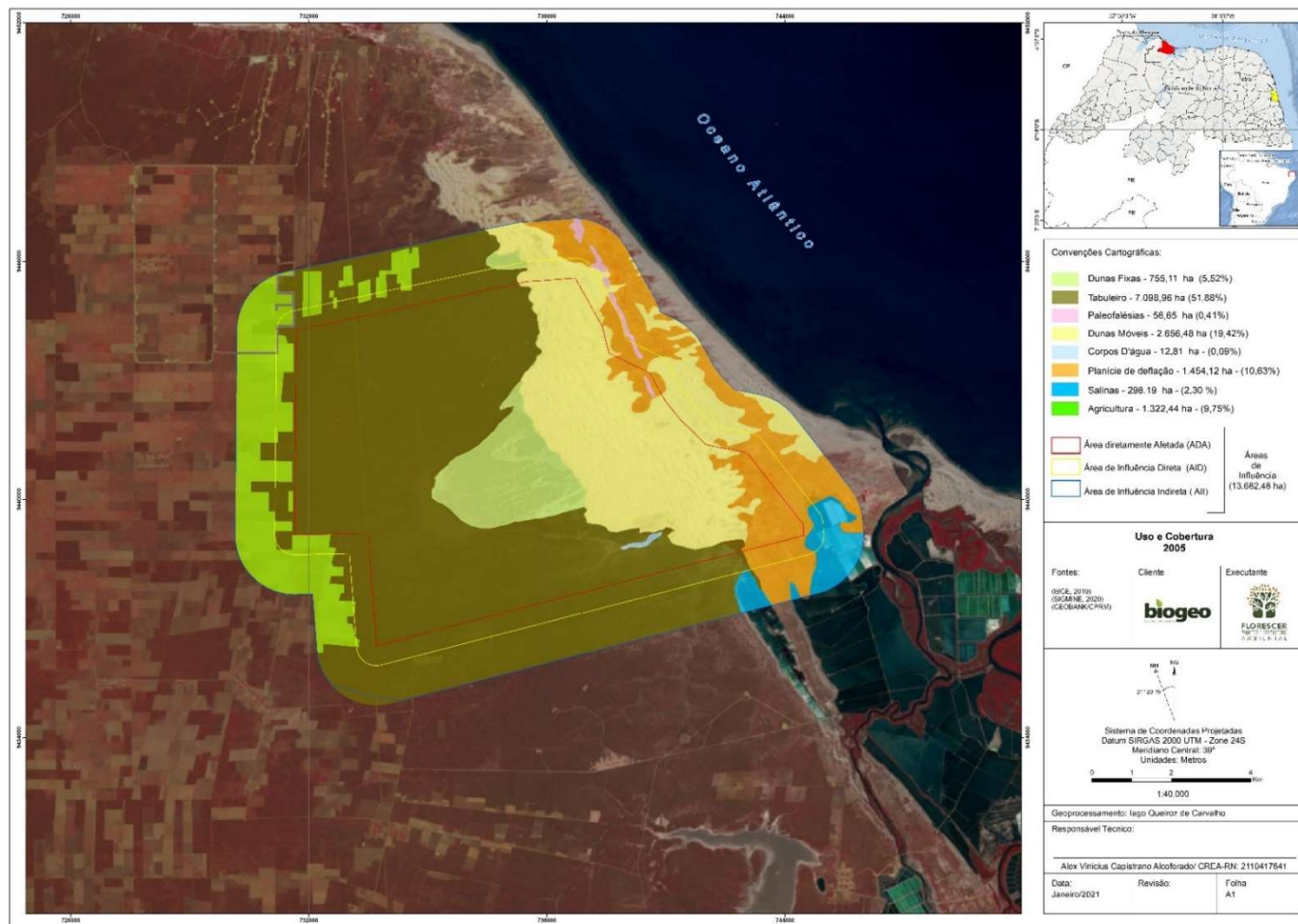


Figura 60. Uso e Cobertura do Ano de 2015.

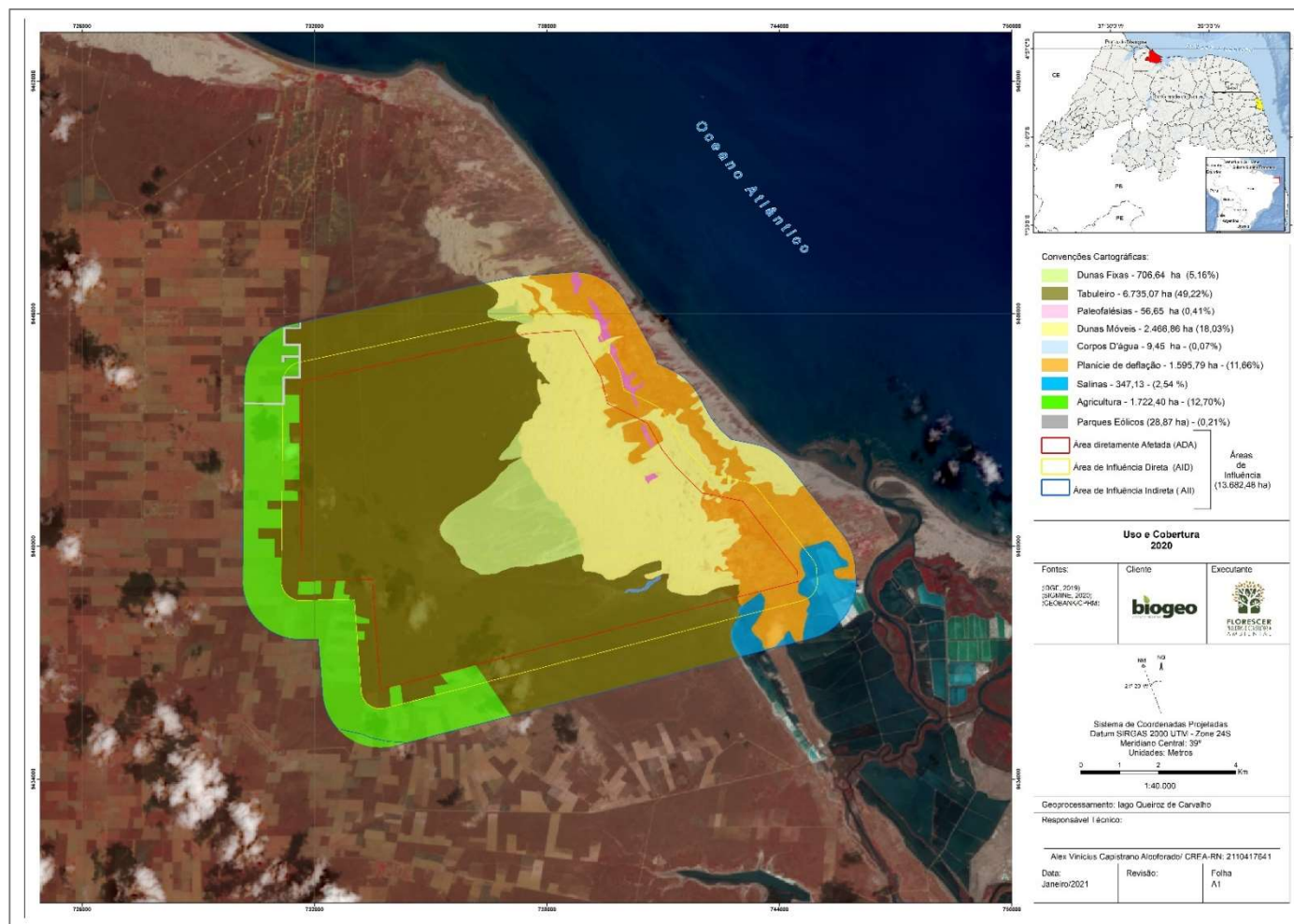


Figura 61. Uso e Cobertura do Ano de 2020.

Levantamento Geodésico do Campo de Dunas

Os levantamentos geodésicos foram realizados em duas etapas, como determinado pelo termo de referência do IDEMA:

- (I) Levantamento no período chuvoso/janeiro de 2021, e
- (II) Levantamento no período seco/março de 2021.

Os levantamentos se limitaram aos campos de dunas inseridos nas áreas de influência do empreendimento, objetivando a análise da evolução morfodinâmica de curto prazo através de metodologia demonstrada abaixo (**Figura 62**).

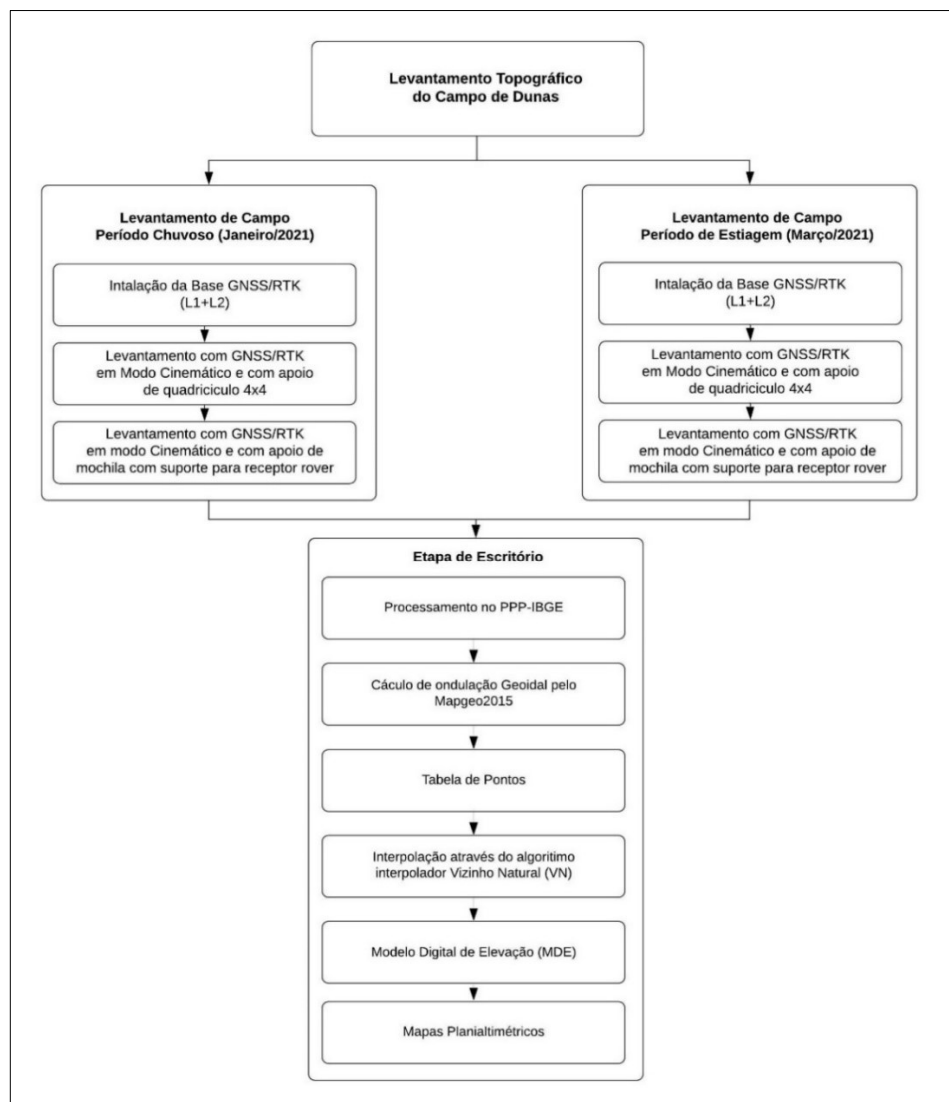


Figura 62. Metodologia de aquisição e processamento de dados geodésicos do campo de dunas.

A coleta de dados se deu através da aplicação do método de Posicionamento relativo cinemático em tempo real (MPRC), no qual um par de receptores GNSS/RTK coletam dados simultaneamente. O receptor base (**Foto 16**), que é instalado em um local predeterminado, é responsável pela correção do posicionamento via ondas de rádio para o receptor Rover, que para esse estudo foi instalado em bastões acoplados a dois quadriciclos 4x4 e em mochilas específicas para esse fim (**Foto 17**). Para garantir a precisão e acurácia, os dados foram adquiridos com solução do tipo fixa.



Foto 16. Receptor base instalado em local estratégico.



Foto 17. (A) Receptor rover acoplado a quadriciclo 4x4 para aquisição de dados em modo cinemático. (B) Receptor rover acoplado em mochila, para aquisição de dados em modo cinemático em setores com impossibilidade de acesso através de quadriciclo.

Processamento dos Dados Geodésicos

Após a coleta de dados de campo, foram baixados os arquivos dos receptores base e rover, os quais foram convertidos para RINEX e posteriormente submetidos a etapa de processamento. Essa etapa foi dividida em duas seções:

(I) Processamento das bases através do IBGE-PPP, o qual é um serviço on-line gratuito para pós-processamento de dados GNSS (Global Navigation Satellite Systems) acessado através do portal do IBGE: www.ppp.ibge.gov.br. Este serviço faz uso do software GPSPACE, desenvolvido pelo Canadian Geodetic Survey (CGS), e gera como produto um relatório contendo a precisão esperada, as coordenadas do processamento da base, desvio padrão das coordenadas (sigma) e ondulação geoidal. Posteriormente a base processada foi utilizada para o ajustamento dos pontos rovers do levantamento cinemático.

(II) Nessa secção, foram obtidas as altitudes ortométricas dos pontos rovers. Para obtenção das altitudes ortométrica (H), a partir das geométricas (h) obtidas com GNSS, é indispensável o conhecimento da ondulação geoidal (N) da conforme equação (**Figura 63**). A ondulação geoidal da área é de -6,81 m e foi obtida através do modelo geoidal MAPGEO 2015.

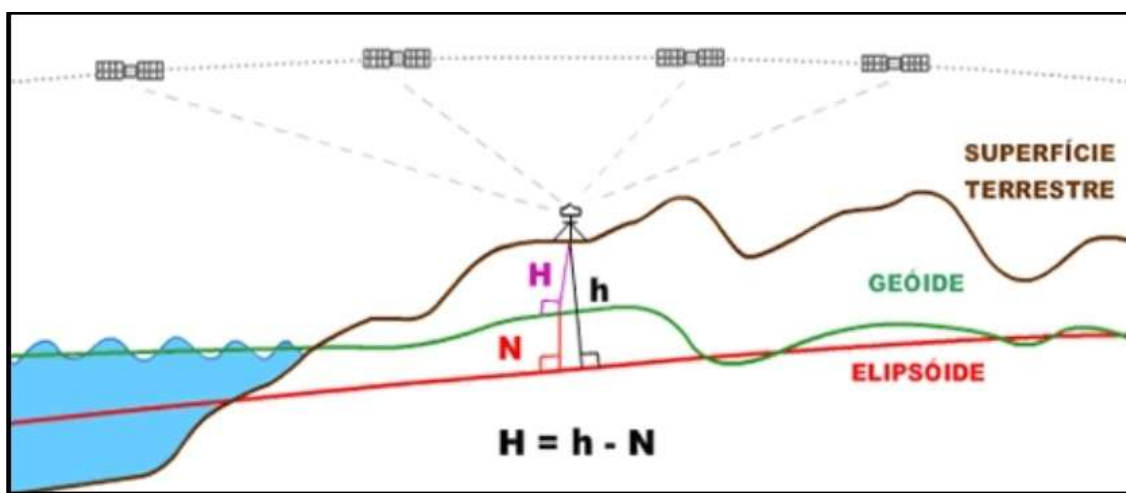


Figura 63. Representação gráfica da relação entre altitudes ortométrica (H) e geométricas (h) e ondulação geoidal (Mapgeo, 2015).

Interpolação e Obtenção de Modelos Digitais de Elevação (MDE)

Na geração dos Modelos Digitais de Elevação (MDE), foi utilizado o interpolador determinístico Vizinheiro Natural (NN). O método Vizinhança Natural baseia-se na aplicação da rede de polígonos de Thiessen. Essa rede pode ser

construída a partir da triangulação Delauney de um conjunto de pontos de dispersão. A triangulação Delauney é uma TIN (rede triangular irregular) que foi construída de modo que o critério Delauney fosse satisfeito (ESRI®, 2010).

Resultados dos Levantamentos Geodésicos

Como produtos finais foram obtidos dois Modelos Digitais de Elevação - MDE - (**Figuras 64 e 65**) correspondentes ao levantamento no período chuvoso (janeiro de 2021) e ao levantamento no período seco (março de 2021). A partir desses MDE, variáveis morfométricas foram extraídas, tais como: relevo sombreado, aspecto e declividade.

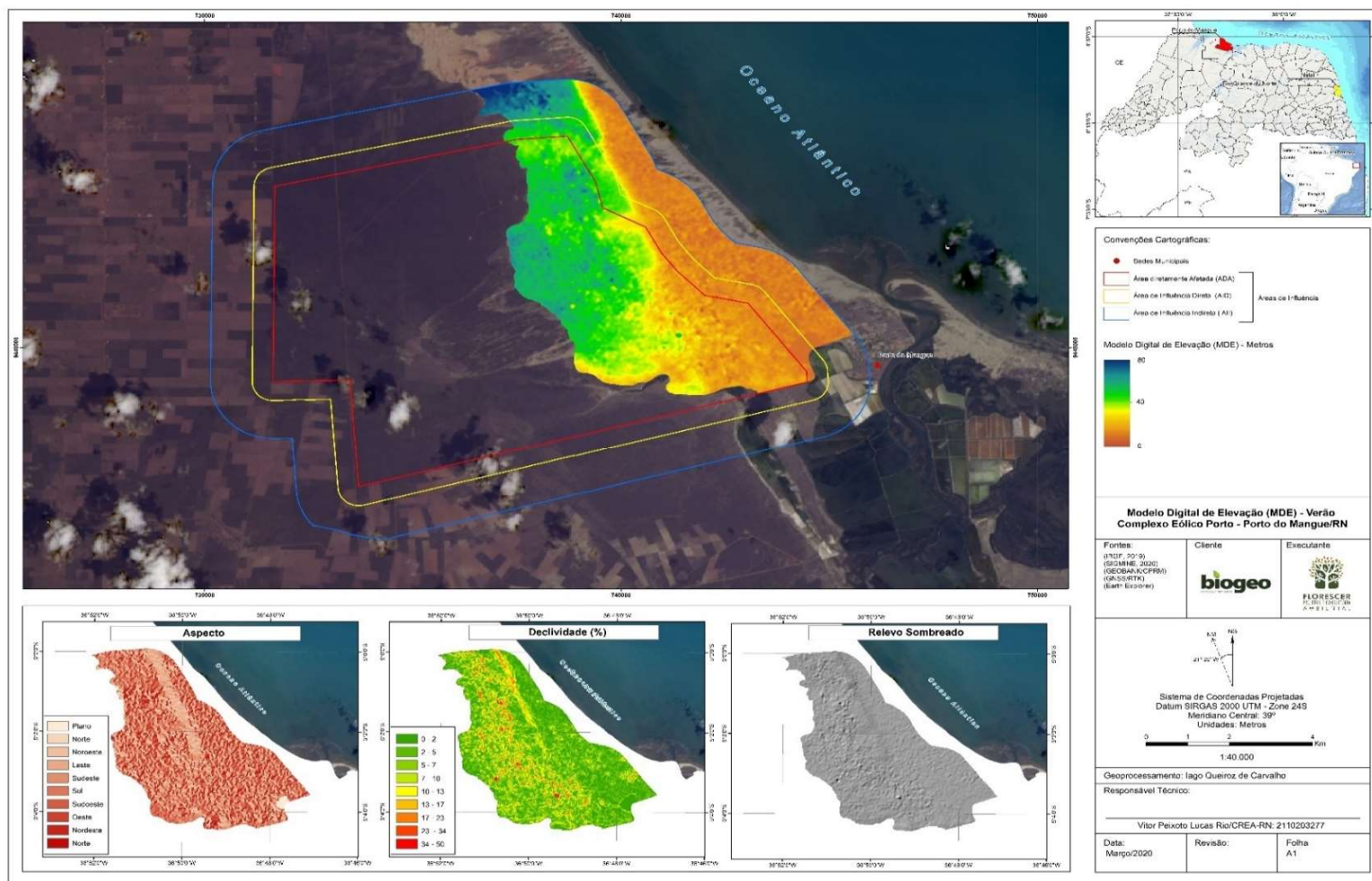


Figura 64. Modelo digital de elevação (MDE) do período seco.

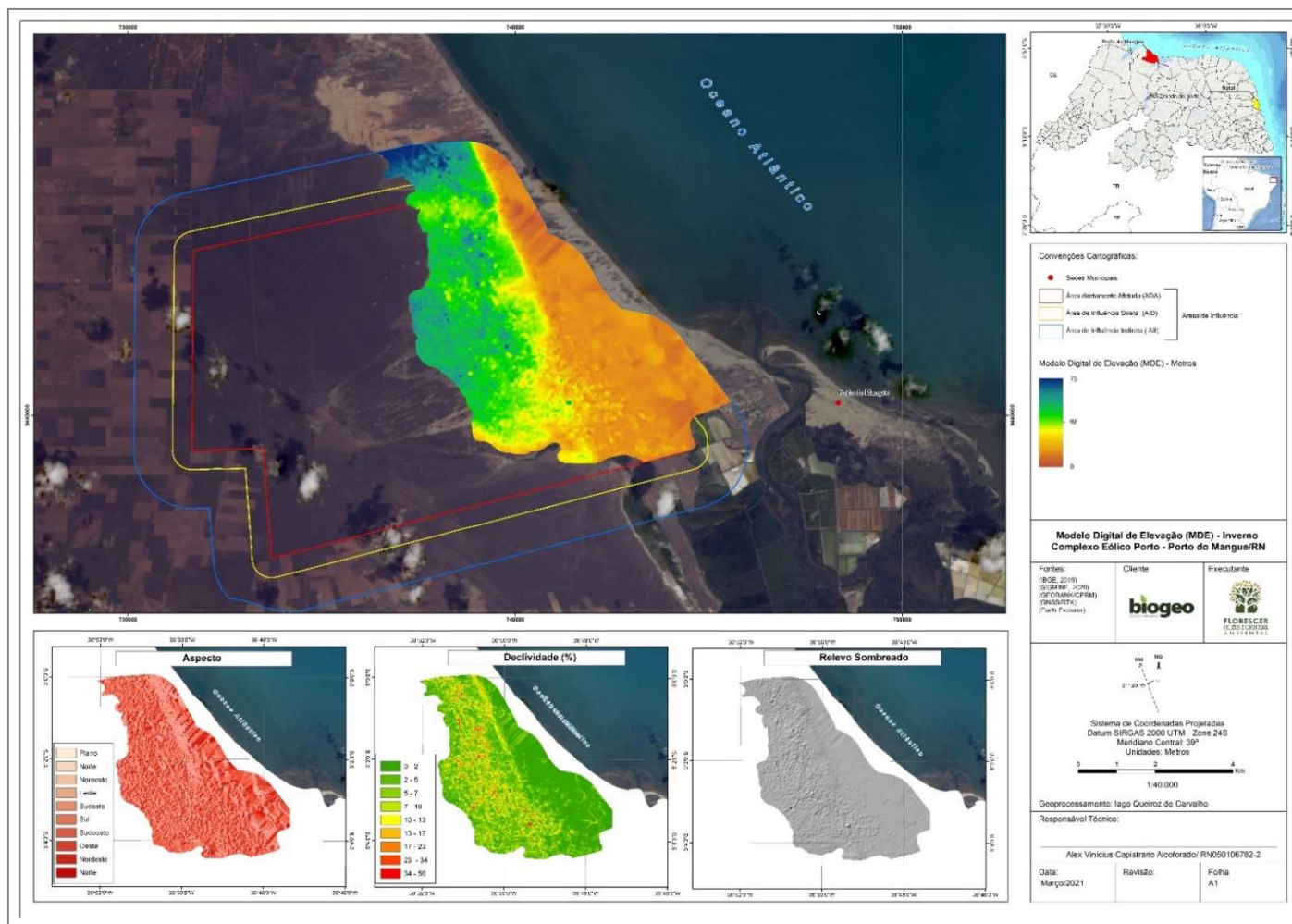
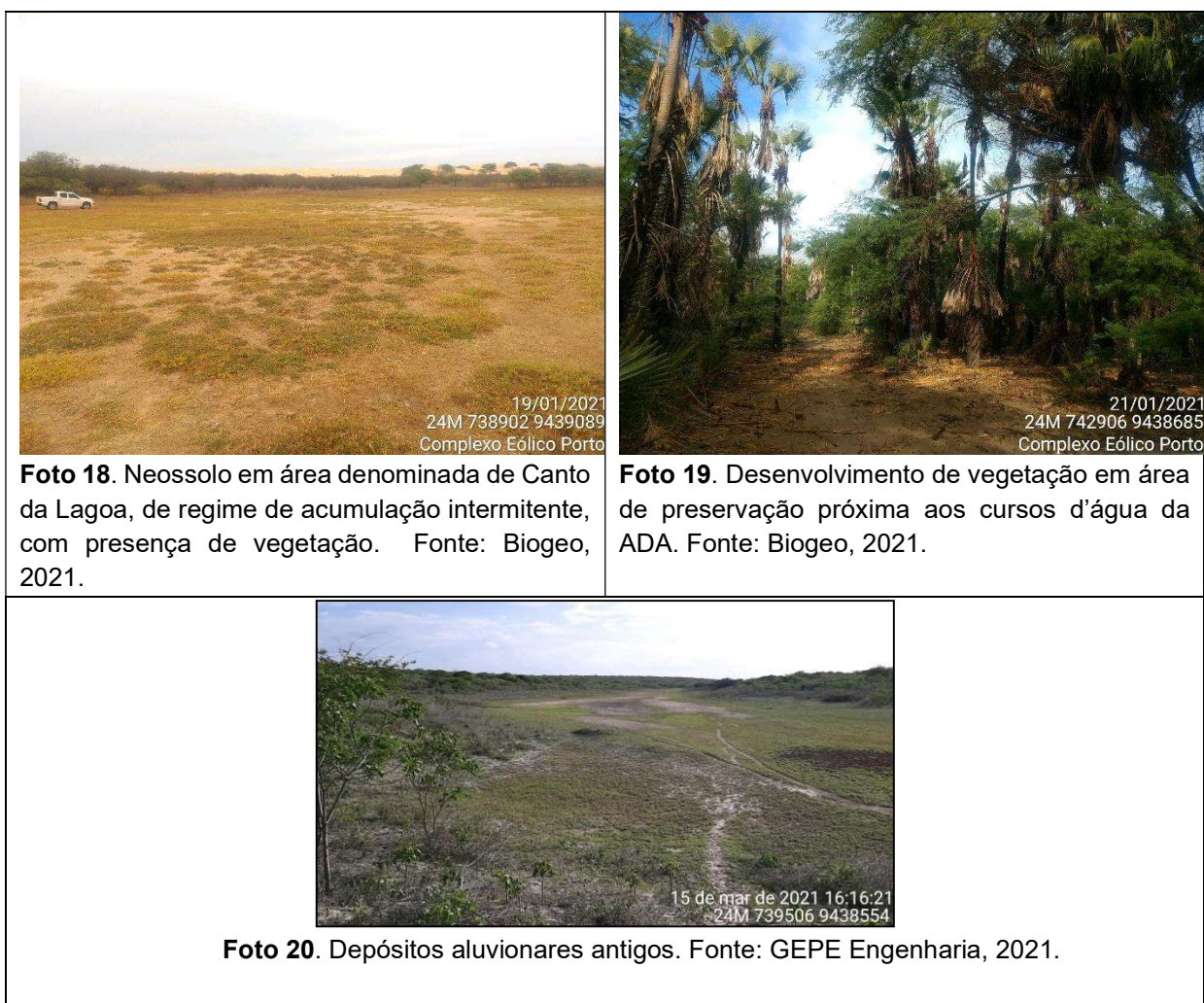


Figura 65. Modelo digital de elevação (MDE) do período chuvoso.

c) Depósitos Aluvionares

Os depósitos aluviais ocorrem em canais fluviais assim como na área de planície de inundação dos mesmos. Representam áreas de acumulação de sedimentos quaternários de constituição litológica areno-argilosa mal selecionados, de granulometria fina a grossa, de elevada porosidade e permeabilidade cuja topografia baixa e plana ocasiona frequentes inundações por ocasião das cheias. Apresentam bom potencial de águas subterrâneas. Os solos associados geralmente são caracterizados como neossolos flúvicos com boa fertilidade natural. Os depósitos aluviais identificados na área de estudo, estão ilustrados nas **Fotos 18 a 20**.



d) Depósitos Flúvio-Marinhos

São constituídos por depósitos de barra de pontal, originários do regime meandrante dos rios, formados de areia fina a média intercalada com pelitos; depósitos de transbordamento constituídos por planície de inundação, ocasionada pelas cheias, com grande aporte de material siltico-argiloso e depósitos lacustres, com deposição sob baixa energia, resultando em fácies mais argilosas. Associados aos sedimentos de fundo de lagoas podem ser encontrados os depósitos de diatomita e argilas brancas. Na área de estudo, além da caracterização geral que abrange os depósitos Flúvio-Marinhos/lacustrinos observa-se a presença de evaporitos (**Fotos 21 e 22**).



5.1.3.2. Análise Granulométrica

Para as análises sedimentológicas, foram efetuadas duas campanhas de coleta (período seco e período chuvoso), as quais os seguintes procedimentos: coleta de sedimentos no Campo de Dunas do Rosado (**Foto 23**) e georreferenciamento dos pontos amostrais.



Foto 23. Coleta de sedimentos para análise granulométrica.

Tendo sido coletado 10 amostras na primeira campanha e mais 10 amostras na segunda (Tabela 5.3). Essas amostras tiveram como intuito amostrar registros dos últimos eventos (dias e semanas), compatíveis com o período de verão e inverno. Posteriormente em laboratório, foram submetidas aos procedimentos de lavagem com água destilada, para retirada do sal e secagem em estufa.

Tabela 9. Localização das unidades amostrais da campanha de verão.

Campanha de Verão		
Amostra	Longitude (x)	Latitude (y)
Am-01	737.991,32	9.445.947,92
Am-02	737.939,82	9.446.477,46
Am-03	737.774,02	9.445.430,85
Am-04	739.310,00	9.444.403,00
Am-05	738.097,84	9.444.789,17
Am-06	737.878,84	9.443.285,11
Am-07	738.021,41	9.442.158,15
Am-08	739.888,09	9.441.707,2

Am-09	739.594,21	9.439.662,69
Am-10	741.632,40	9.439.134,81
Campanha de Inverno		
Amostra	Longitude (x)	Latitude (y)
Am-01	737.645,82	9.446.029,47
Am-02	738.145,16	9.445.403,90
Am-03	739.193,39	9.445.301,72
Am-04	738.630,38	9.445.040,45
Am-05	737.853,22	9.444.251,78
Am-06	738.546,69	9.444.123,01
Am-07	739.221,49	9.443.842,17
Am-08	737.723,83	9.443.257,35
Am-09	739.883,62	9.441.840,57
Am-10	741.763,57	9.440.061,61

Resultados

Os resultados referentes às amostras coletadas na área de influência do empreendimento, apresentaram valores médios de diâmetro de 2,40 ϕ no verão e 2.56 ϕ no inverno, com predomínio de sedimentos classificados como areias finas (**Tabelas 10 e 11**). O selecionamento ou grau de seleção é a medida de dispersão da amostra, ou seja, o desvio padrão (σ) da distribuição de tamanho. Ele revela a maior ou menor dispersão da curva de distribuição. Nas dunas, o total dos pontos apresentaram valores de grau de seleção durante o verão com 0.17 ϕ , enquanto que no inverno a média do grau de seleção foi de 0.091.

Tabela 10. Granulometria das amostras da campanha de verão conforme escala granulométrica de Udden-Wentworth.

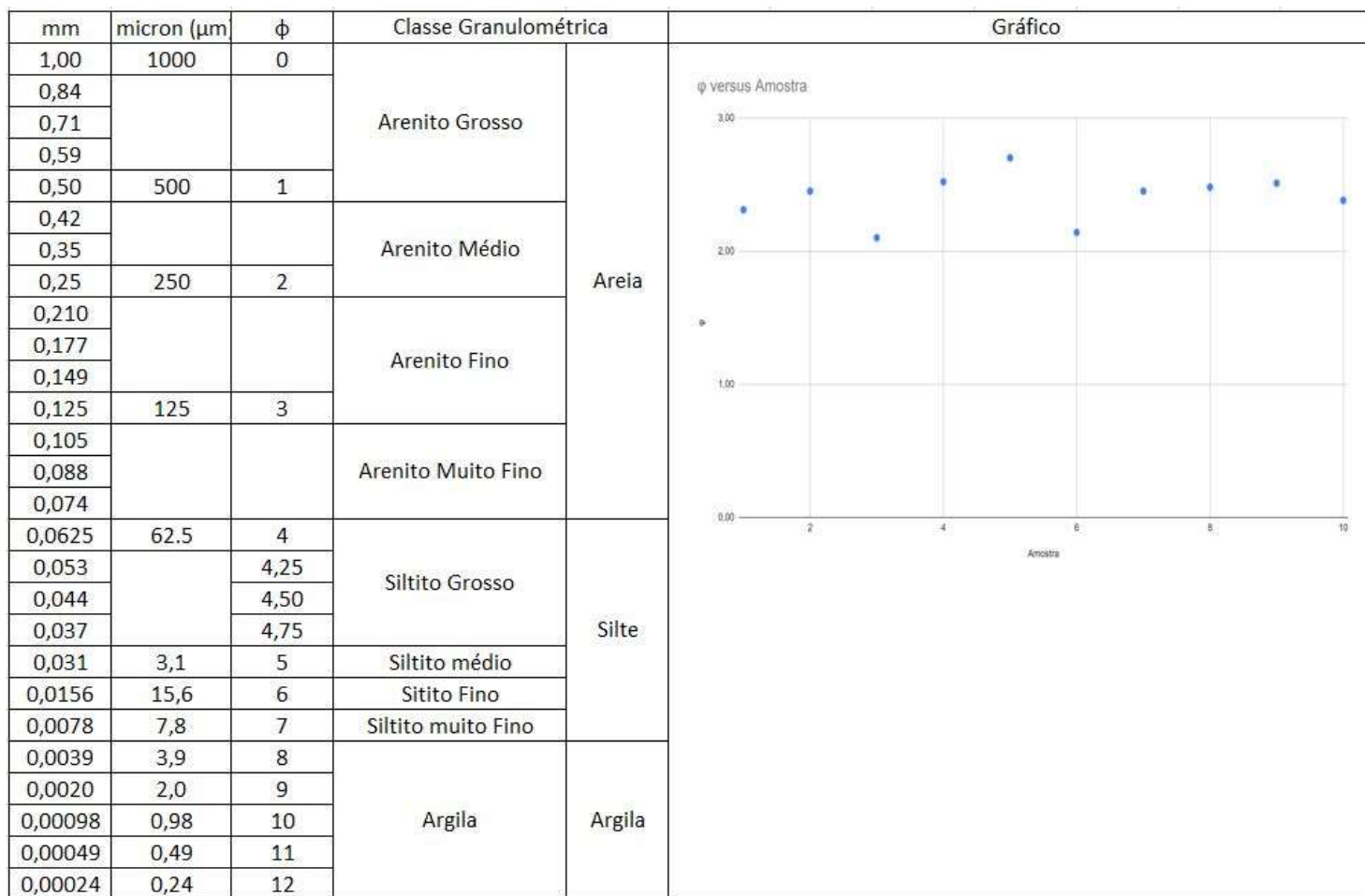
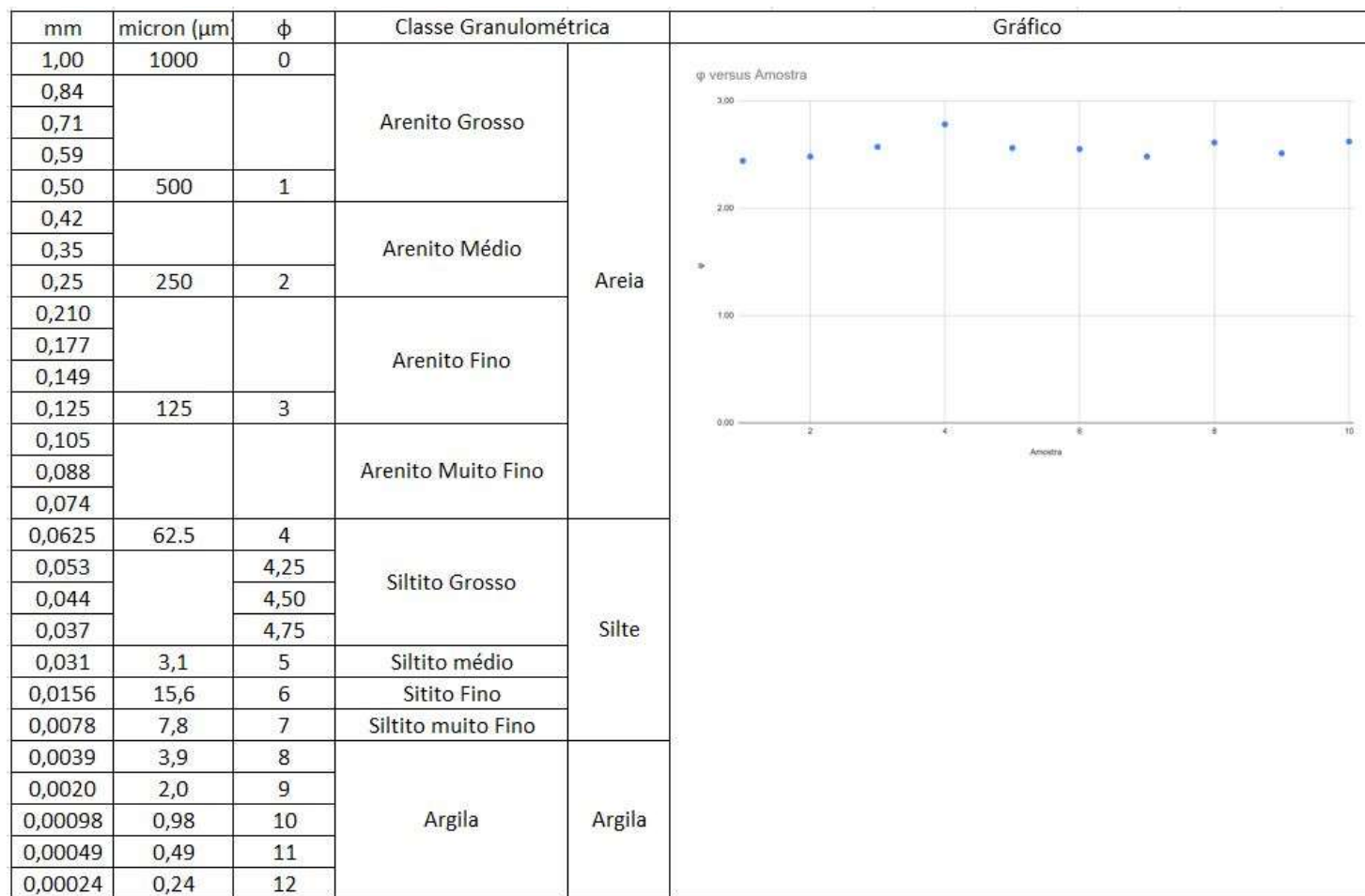


Tabela 11. Granulometria das amostras da campanha de verão conforme escala granulométrica de Udden-Wentworth.



5.1.3.3. Prognóstico da Área de Dunas

O presente estudo evidenciou a evolução morfodinâmica do campo de dunas móveis presente na área de estudo e realizou um prognóstico de evolução dunar para os próximos 10 anos. As análises multitemporais ocorreram por meio da utilização de conjunto de dados multifontes, os quais foram integrados com dados obtidos em campo (Sentido de migração do campo de dunas e dados de vento) em ambiente SIG e submetidos a análises espaciais e a técnicas de métrica da paisagem. Para as análises decadais de 1985, 1995 e 2005, foram utilizadas cenas do sensor Thematic Mapper (TM), com resolução espacial de 30m, embarcado no satélite LANDSAT-5. Para as análises de 2015 e 2020 as imagens utilizadas foram as do sensor Operational Land Imager (OLI) do satélite LANDSAT-8. Essas cenas foram submetidas a etapas de pré-processamento (Correção geométrica e atmosférica) a fim de minimizar distorções associadas a aquisição das cenas pelo sensor. Posteriormente as cenas corrigidas foram submetidas a técnicas de PDI (Manipulação histogramica e composição de bandas) com o objetivo de obter maior contraste entre os alvos e a extrair as informações necessárias através das seguintes etapas: Definição de classes de uso e cobertura do solo presentes nas áreas de influência (Tabuleiro, eólica, campo de dunas móveis, campo de dunas fixas, corpos d'água, salinas, agricultura e planície de deflação), vetorização manual, cálculos de área, cálculo de taxa média anual de migração do campo de dunas e elaboração de mapa com área prognosticada para o ano de 2031 (**Figura 66**).

A análise espaço-temporal e o prognóstico do campo de dunas evidenciam significativas mudanças em seus padrões internos e sobretudo na migração dos campos de dunas móveis com Trend Sudoeste (SO). A migração do campo de dunas no sentido SO acarreta sobretudo em seu incremento de área em detrimento da redução da classe (demonstrado no item 5.1.3.2) identificadas como tabuleiros costeiros a uma taxa de (11,7 m/ano). Esta migração em determinadas porções do campo de dunas, encontra anteparos naturais como: formações vegetais e paleofalésias) e anteparos antrópicos: porções desses

campos, que avançam sazonalmente sobre as estradas, são removidas por maquinários da prefeitura, e edificações urbanas pertencentes ao povoado Rosado, bem como sítios com espécies de frutíferas que impede o aumento do aporte sedimentar em determinadas regiões e acarreta em um perfil geral e local de estabilidade em termos de área do campo de dunas.

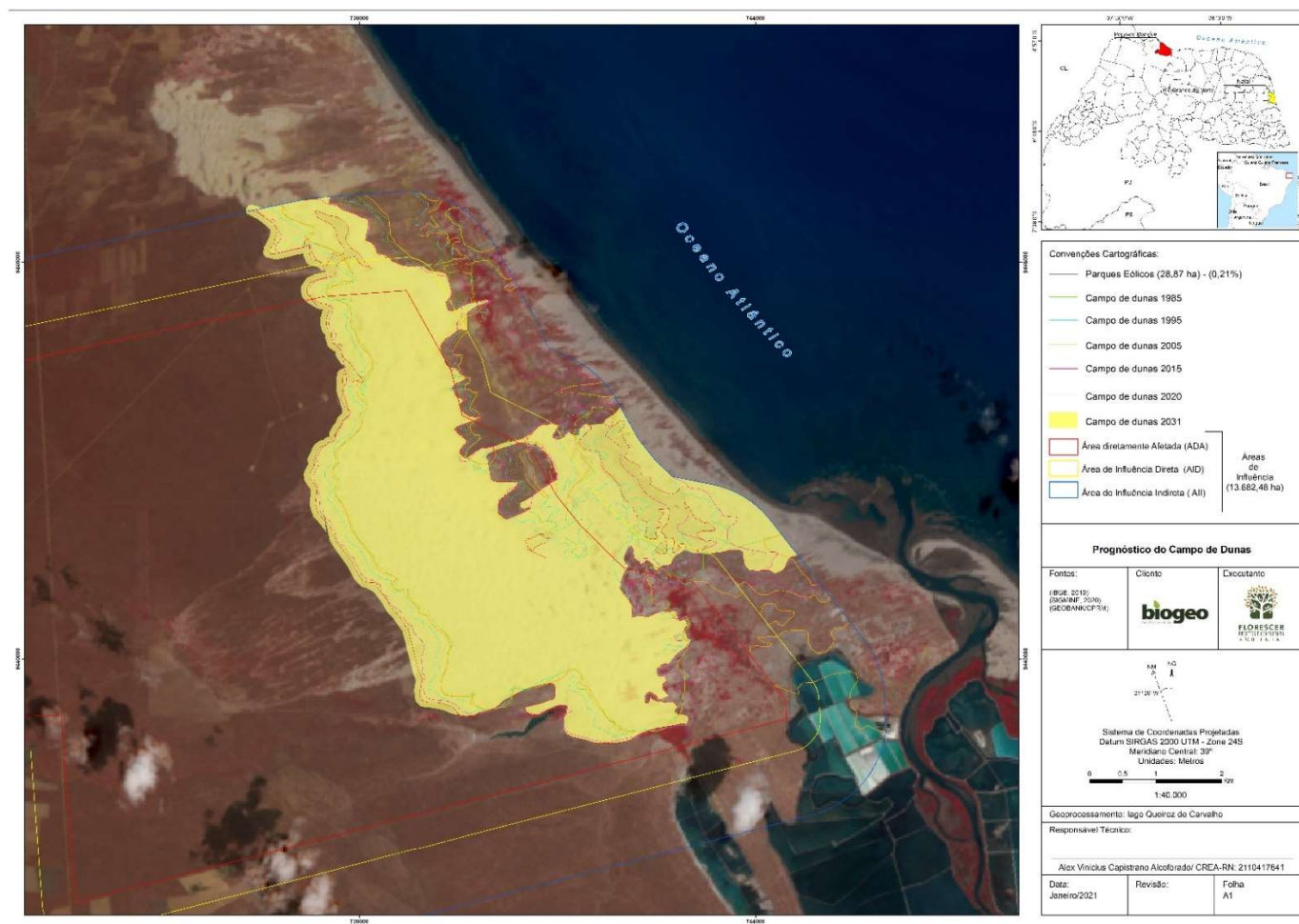


Figura 66. Mapa de Prognóstico do campo de dunas para o ano de 2031.

5.1.3.4. Metodologia de Modelagem Hidrodinâmica e Transporte de Sedimentos (Execução na próxima etapa do Licenciamento)

Escopo

Em atendimento ao Termo de Referência do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA), a apresentação desta metodologia tem como intuito propor um procedimento metodológico de estudo acerca da dinâmica costeira e hidrodinâmica atuante na praia do Rosado, orla marítima do Município de Porto do mangue, Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte, baseando-se em ferramentas de geotecnologias aplicadas e modelagens costeira e hidrodinâmica, estruturados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Procedimentos metodológicos

A estratégia de ação de monitoramento da dinâmica costeira divide-se nas seguintes etapas, que deverão ser executadas em um período de 12 meses:

Etapa 1: Levantamento de dados bibliográficos, cartográficos e estabelecimento de requisitos operacionais para início das atividades de campo e laboratório.

Revisão bibliográfica e cartográfica sobre os aspectos do meio físico (geológico-geomorfológico, batimétricos, geoambientais, da dinâmica costeira, entre outros) e climatológico da área costeira de interesse. Igualmente, outros temas de interesse e que estejam diretamente relacionados a dinâmica da linha de praia, como o grau e o histórico de ocupação humana na orla marítima.

Etapa 2: Seleção e Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto multiespectrais e multitemporais de resolução moderada a alta.

A seleção de imagens será feita no acervo de produtos imagens disponíveis desde o início da década de 1980, condicionado à baixa cobertura de nuvens e

adequação do imageamento às condições de marés no local. O interesse é a análise multitemporal dos aspectos da erosão e/ou deposição na orla marítima, em caráter de longo prazo (decadal), com pelo menos um imageamento de mesma estação sazonal e condições de maré por década, e de curto prazo, ou pelo menos uma imagem de mesma estação sazonal por ano, ou inferior a esse tempo, conforme a disponibilidade do acervo de imagens (Amaro et al. 2014). Prima-se ainda pelo uso de imagens multiespectrais de diferentes sensores remotos orbitais, quando disponíveis, e de resoluções espaciais moderada e alta, entre as quais:

- Imagens multiespectrais da série LANDSAT (sensores TM, ETM+ e OLI), de resolução temporal de 16 dias, com resoluções espaciais de 30m para as bandas do visível ao infravermelho e 15m para as pancromáticas;
- Imagens multiespectrais da série CBERS-4, de resolução temporal de 26 dias, com resoluções espaciais de 20m para as bandas do visível ao infravermelho, 10m e 5m para as pancromáticas;
- Imagens multiespectrais da série SENTINEL-2, de resolução temporal de 10 dias, com resoluções espaciais de 10m para as bandas do visível e infravermelho próximo, 20m para as bandas *red edge* e infravermelho de ondas curtas;
- Imagens de radar da série SENTINEL 1A e 1B com resolução espacial de 10m;

As imagens orbitais selecionadas serão submetidas a tratamentos matemáticos em Processamento Digital de Imagens (PDI) para realce nos domínios espectral e espacial e melhoria na definição de feições geoambientais e estruturais, além das feições topográficas. No domínio espectral serão aplicadas, desde simples composições coloridas nos sistemas de cores Red-Green-Blue (RGB) e Intensity-Hue-Saturation (IHS), com ampliações lineares e não-lineares de contraste, razão entre bandas e Análise por Principais Componentes (APC). No domínio espacial serão empregadas filtragens espaciais, para destaque de feições de altas, médias e baixas frequências, que

realçam bordas de alvos em superfície. Os geodados serão georreferenciados no datum SIRGAS2000 e projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), buscando a compatibilização espacial que favoreça cálculos qualitativos e quantitativos sobre as modificações ocorridas no período abrangido pelo estudo multitemporal de longo prazo (decadal) e de curto prazo (anual ou até mesmo sazonal), entre as décadas de 1970 e 2021.

Etapas 3: Levantamento in situ de unidades geoambientais ao longo da linha de costa.

Trata-se de levantamento *in situ* o qual será realizado na praia do Rosado para caracterização de aspectos geológico-geomorfológicos e geoambientais que subsidiem as interpretações sobre a evolução dinâmica desse setor da zona costeira. As geoinformações serão incorporadas em mapas temáticos, em escala local, com identificação das unidades geoambientais interpretadas. Outro aspecto é a identificação das condições atuais de ocupação da orla marítima em relação às unidades geoambientais, pois em função dessas características geológicas, geomorfológicas ocupacionais e de cobertura desses terrenos costeiros, correlaciona-se as bases metodológicas para o entendimento do balanço dinâmico costeiro instalado.

Etapas 4: Execução de perfis de praia no trecho da orla marítima, acompanhado por amostragem e análise laboratorial de sedimentos.

O acompanhamento das características do balanço sedimentar na faixa de praia baseado nas imagens de Sensoriamento Remoto de longo e curto prazo deve estar combinado às medidas *in situ* da morfodinâmica obtida com perfis de praias em levantamentos executados em segmentos específicos da área de interesse. Sugere-se que os levantamentos sejam feitos sob as condições de pelo menos uma maré de sizígia, trimestralmente, durante o prazo de execução do projeto de monitoramento da dinâmica Costeira. Para cada trecho de perfis praias e coleta de sedimentos, a declividade da face praial será medida e as características morfométricas que melhor caracterizam o ambiente praial serão

observados, de acordo com as feições morfológicas presentes na praia. Tais geodados e geoinformações servirão de subsídio aos modelos costeiros e hidrodinâmicos na análise do processo dinâmico instalado.

Etapas 5: Levantamento planialtimétrico e emprego de princípios geodésicos de alta precisão e acurácia baseados no Sistema Global de Navegação por Satélite (Global Navigation Satellite System, GNSS).

Levantamento planialtimétrico da linha de praia e do setor emerso da praia baseado em princípios geodésicos de alta precisão e acurácia com uso de GNSS, relevante ferramenta na quantificação da movimentação espacial e do balanço volumétrico, entre erosão e deposição de sedimentos no sistema praial.

A aquisição desses dados da porção costeira emersa é realizada com as coordenadas geodésicas (latitude, longitude, altitude geométrica e altitude ortométrica) dos pontos amostrais topográficos determinadas com o posicionamento GNSS no método relativo cinemático pós-processado (RTK, sigla em inglês para Real Time Kinematic), no qual dois receptores coletam dados, simultaneamente, durante um determinado intervalo de tempo, sendo um instalado em uma estação de referência (estação base fixa, de coordenadas conhecidas) e o outro nos pontos de interesse (estações móveis), alcançados com o uso de quadriciclo, conforme metodologia cientificamente reconhecida (Amaro et al. 2012; Santos et al. 2013).

Etapas 6: Aerolevantamentos com imagens ortorretificadas baseadas em levantamentos com Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA, Remotely Piloted Aircraft).

Os aerolevantamentos para imageamentos ortorretificados serão realizados em duas ocasiões com cerca de seis meses de intervalo entre ambas. Destacando a relevância da ação das condicionantes hidrodinâmicas sazonais sobre a orla marítima. Os sobrevoos utilizam equipamentos RPA, também conhecidos como drones multirrotores, para obtenção de imagens ortorretificadas em escala de detalhe do setor de interesse na orla marítima. Os

aerolevantamentos são subsidiados no georreferenciamento e no geoposicionamento pelos levantamentos geodésicos com GNSS.

Etapa 7: Aplicação do Sistema de Modelagem Costeira Brasil (SMC-Brasil).

O SMC-Brasil é uma ferramenta que inclui, além de importantes bases de dados de dinâmica marinha, os modelos numéricos (OLUCA, COPLA, MOPLA) que permitirá estudar os processos costeiros e quantificar as variações na orla marítima do Município de Porto do mangue, em escala regional, como consequência de eventos de modificações naturais (sob as condições meteoceanográficas regulares ou extremas) e/ou de interferências antropogênicas na zona costeira. Além de possuir ferramentas que permitem a reanálise de 60 anos em *downscaling* de dados da hidrodinâmica costeira (período e altura significativa de onda, correntes, marés), favorecendo a análise em planta e em perfil da morfodinâmica praial, o modelo permite ainda a determinação da cota de inundação, a análise de conflitos de usos da zona costeira e a análise de risco à erosão e à inundação costeira (zonas rurais ou urbanizadas), favorecendo os prognósticos da dinâmica costeira. Trata-se de sistema de modelagem numérica para a análise da morfodinâmica praial, fase fundamental em estudos que antecedem quaisquer sugestões sobre obras de Engenharia em praias arenosas submetidas à intensa dinâmica costeira, como é o caso da praia do Rosado.

Etapa 8: Aplicação de modelagem estatística no Digital Shoreline Analysis System (DSAS).

O Digital Shoreline Analysis System (DSAS) é uma ferramenta de uso no software ArcGIS da Environmental Systems Research Institute (ESRI), ofertado para uso gratuito em pesquisa científica pela United States Geological Survey (USGS). A principal aplicação à orla marítima do Município de Porto do Mangue se dará na análise qualitativa e quantitativa da evolução da linha de costa, defrontante ao mar aberto. Igualmente, realiza o prognóstico do comportamento

futuro da linha de costa, baseado em ferramentas estatísticas estabelecidas nos seguintes módulos estatísticos (Thieler et al. 2009): o Shoreline Change Envelope (SCE), o Net Shoreline Movement (NSM), o End Point Rate (EPR) e o Linear Regression Rate (LRR). Os algoritmos nos módulos SCE, NSM e EPR qualificam e quantificam a variação da linha de costa, enquanto o módulo LRR, e seus auxiliares Standard Error of the Estimate (LSE), R-squared (LR2) e Standard Error of the Slope with Confidence Interval (LCI), são empregados para efetuar o prognóstico do posicionamento futuro da linha de costa. Tais parâmetros fornecerão a taxa anual de variação da praia do rosado, onde as linhas de costa serão elaboradas na ETAPA 2, com base na análise multitemporal de longo e curto prazo de imagens de Sensoriamento Remoto conduzindo, igualmente, ao prognóstico de longo prazo e de curto prazo (Prudêncio et al. 2019).

Etapa 9: Elaboração de dois Relatórios Técnicos Parciais (RTP) e um Relatório Técnico Final (RTF), intervalados entre si em cerca de quatro meses, contendo todos os geodados e geoinformações coletados na execução do Projeto de Monitoramento da Dinâmica Costeira.

Trata-se da elaboração de relatórios consolidando todos os resultados obtidos no período de execução do projeto de pesquisa, além da divulgação por meio da realização de reuniões com equipes de interessados e selecionados pelo Contratante.

Cronograma de Execução

Etapas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
2		x	x	x	x	x	x					
3			x	x					x	x		

4	x			x			x			x		
5	x			x			x					
6	x						x					
7				x	x	x	x	x	x			
8				x	x	x	x	x	x			
9				x				x				x

5.1.3.5. Índice de vulnerabilidade/sensibilidade ambiental

Referenciais teóricos

A preocupação de planejar racionalmente a ocupação e uso do espaço costeiro é relativamente recente no Brasil. Os constantes problemas resultantes de interferência, direta e indireta, no balanço de sedimentos costeiros e do avanço da urbanização sobre áreas que deveriam ser preservadas mostram que ainda é longo o caminho entre intenção e realização. (MUEHE, 1995).

A questão da sustentabilidade esbarra nos interesses das políticas desenvolvimentistas que, em seu projeto de gestão, simplificam a problemática ambiental em detrimento do fator econômico. Não é mais aceitável gerir um território sem antes repensar a capacidade de suporte dos sistemas geoambientais, haja vista que deles retiramos os elementos base de nossa sobrevivência.

Desde o início da década de 1970, ação efetiva tem sido instigada através das conferências mundiais para o meio ambiente, culminando com o último Eco 92 - Agenda 21, que preconiza o desenvolvimento sustentável. A gestão sustentável, entretanto, exige esforço, visto que é necessária a integração e gestão conjunta das questões ambientais, sociais e econômicas, evitando assim

o esgotamento dos recursos naturais e a transformação drástica da paisagem (LIMA,2008).

A zona costeira é lugar de encontro de três sistemas ambientais diferentes, hidrosfera, litosfera e atmosfera. Essa confluência intersistêmica gera um ambiente de dinâmica complexa, sem domínio preponderante entre as fases terrestres, aquática ou aérea. Dois grupos de elementos dinâmicos podem ser definidos, os de ação de curta duração como os ventos, chuvas, correntes, ondas e marés e os de longa duração como os tectônicos, geoidais e macroclimáticos.

O produto da complexa relação de forças atuantes se traduz por uma variedade de ambientes litorâneos entre eles as praias, dunas, falésias, estuários, deltas, restingas, cordões litorâneos, etc., cada um deles com sua própria dinâmica. Produtos da forte interação de muitos elementos atuantes, essas formas litorâneas apresentam graus de vulnerabilidade variados, mas via de regra, apresentam uma grande fragilidade ambiental quanto ao equilíbrio dinâmico

A partir do século XX, a região costeira torna-se o lugar de preferência do homem como lugar de moradia. Hoje a maioria da população humana vive no litoral. Esse lugar de pressão demográfica e econômica é também fonte de recursos naturais utilizados pelas populações humanas. A combinação desses fatores está na origem de muitos conflitos de usos e interesses atuais e futuros.

A ocupação desordenada nas regiões litorâneas pode ocasionar rompimentos do equilíbrio dinâmico reinante, que possui consequências e impactos sempre negativos ao ambiente costeiro. Além disso, é na zona costeira que se fazem sentir mais acentuadamente os impactos das mudanças globais como a elevação do nível do mar e as manifestações climáticas.

A humanidade, ao produzir os chamados espaços geográficos, interfere na natureza com diferentes graus de transformação, com a preocupação de gerar riquezas, emprego e renda. Essas intervenções transformam agressivamente os ambientes naturais, promovendo modificações marcantes nos fluxos de energia e matéria, alterando a intensidade da funcionalidade intrínseca existente entre

os componentes da natureza - fato que também atinge a própria sociedade (VASCONCELOS, 2005).

O litoral norte riograndense se encontra inserido no domínio dos tabuleiros costeiros, que se constituem em formas de relevo esculpido nos sedimentos Terciários do Grupo Barreiras, estendendo-se desde o Amapá até o norte do estado do Rio de Janeiro (ROSS, 2006). Esses apresentam formas em colinas de topos convexos em alguns trechos e topos planos em outros.

As colinas são bruscamente interrompidas do lado oceânico por falésias abruptas que chegam a atingir 50 m em relação ao nível do mar. Como são formas esculpidas preferencialmente em sedimentos de arenitos com intercalações de argilas, são recobertas por solos do tipo latossolos de textura média a arenosa. Os vales fluviais inseridos nestes tabuleiros, para chegar ao mar, geralmente apresentam vales bem entalhados com fundos planos que se articulam com pequenas planícies marinhas que ocorrem na foz desses rios.

Em função da fragilidade do meio e de todos os problemas ambientais decorrentes das práticas econômicas, que têm marcado a história deste país, e que, obviamente, têm implicações para a sociedade a médio e longo prazos. Diante do desperdício dos recursos naturais e da degradação generalizada acarretando perda de qualidade ambiental e de vida, é que se torna cada vez mais urgente o planejamento físico, territorial não só com a perspectiva econômico-social, mas também ambiental. Assim, a preocupação dos planejadores, dos políticos e da sociedade como um todo deveria ultrapassar os limites dos meros interesses de desenvolvimento econômico e tecnológico, visando ao desenvolvimento que leve em conta não só as potencialidades dos recursos naturais, mas, sobretudo, as fragilidades dos ambientes naturais perante as diferentes inserções dos homens na natureza (ROSS, 2006).

Os estudos de zoneamento geoambiental têm como características principais a integração de dados ambientais e sócio-econômicos, constituindo uma abordagem holística da área de estudo em questão. Essa abordagem está pautada nos conceitos que vêm sendo desenvolvidos ao longo dos séculos XVIII

a XX pelas Escolas Russa/Roviética e Francesa de Geografia, num conceito chamado Geossistema.

Na França, os estudos com base em abordagens integradas têm maior expressividade nas obras de Bertrand e Tricart, que se inspiraram em concepções de ecólogos franceses e nos trabalhos dos geógrafos soviéticos.

Bertrand (1972, apud CHRISTOFOLETTI, 1999) define geossistema como “situado numa determinada porção do espaço, sendo o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que fazem da paisagem um conjunto único e indissociável em perpétua evolução”.

Para Tricart (1977), a metodologia estudada no meio ambiente dos ecossistemas é a dinâmica dos ecótopos, denominados de ecodinâmica. Essa ecodinâmica é o estudo da dinâmica dos ecossistemas, de cunho fundamental para a conservação e desenvolvimento dos recursos ecológicos inseridos na biocenose.

É imprescindível a pesquisa sobre as fragilidades e potencialidades ambientais integradas das relações da sociedade com a natureza. Os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural, com ou sem as intervenções humanas. (ROSS, 2006).

O zoneamento geoambiental se caracteriza pela divisão da área analisada em unidades de acordo com as características de seus atributos. As unidades representam áreas com heterogeneidade mínima quanto aos atributos e, em compartimentos, com respostas semelhantes frente aos processos de dinâmica superficial (ROBAINA, 2011).

As características geoambientais representam os elementos naturais que compõem o meio físico, como a geologia, geomorfologia, pedologia, os aspectos climáticos, relevo, os quais são a base para o entendimento da estruturação e organização do espaço físico, integrada às questões sociais. Por isso, a elaboração de um estudo voltado ao planejamento ambiental vem a contribuir na seleção de áreas para determinados fins de acordo com suas potencialidades e fragilidades (ROBAINA, 2011).

A elaboração de zoneamentos possui o apoio hoje indispensável de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, com uso de softwares GIS (Geographical Information System) que permitem suas respectivas visualização e integração.

Os estudos se iniciam com o agrupamento de dados básicos, obtidos junto a órgãos públicos. Os documentos derivados são produtos da integração de dados e da compilação de mapas básicos (**Figura 67**).

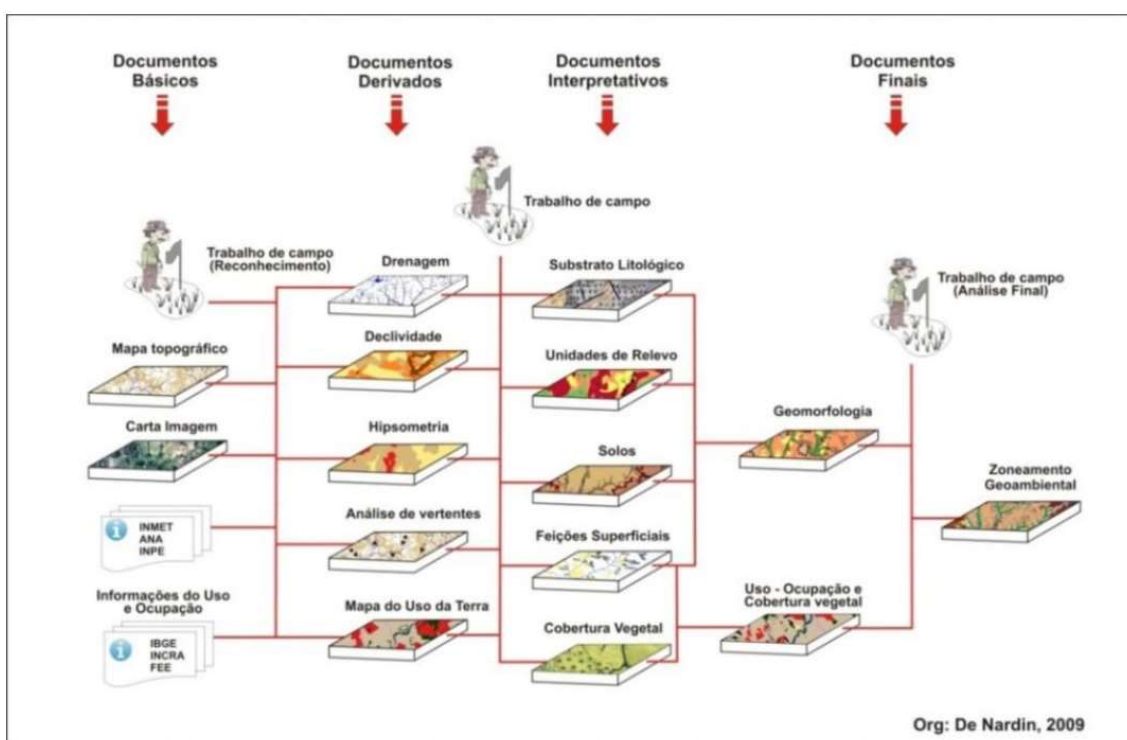


Figura 67. Esquema apresentando os diversos dados e mapas utilizados e construídos no desenvolvimento dos trabalhos de zoneamento. Fonte: ROBAINA, 2011.

Nesta etapa, é elaborado o mapa de uso da terra, com base na carta imagem que reflete áreas distintas da paisagem em um determinado momento. Os mapas de unidades de relevo, solos, litologia, vegetação e feições superficiais são elaborados mediante incursões ao campo, a fim de identificar, numa escala concernente ao trabalho em demanda, as feições de interesse ao estudo.

Os documentos finais são caracterizados pelas modificações antrópicas e por feições que representam a dinâmica envolvida na interação entre a natureza e o homem. Os produtos cartográficos gerados são os mapas geomorfológicos de uso e ocupação da terra, e o mapa síntese, chamado mapa geoambiental (ROBAINA, 2011).

Finalmente, dentro do escopo do zoneamento geoambiental, elaborado com base nos esforços de gabinete (isto é, a elaboração dos mapas temáticos) e trabalho de campo, estão os mapas de vulnerabilidade, que expressam a susceptibilidade de uma determinada área ante aos processos antrópicos.

O esforço do presente trabalho consistiu de um mapeamento geoambiental que culminou na categorização dos graus de vulnerabilidade presentes na Área em Estudo, a fim de orientar gestores públicos e empreendedores na exploração ótima dos recursos naturais locais.

Metodologia e Resultados

A metodologia para confecção dos mapas de vulnerabilidade gira em torno da integração dos mapas temáticos disponíveis, que representam os aspectos socioeconômicos, fisiográficos e bióticos da área em estudo (**Figura 68**). Essa integração ocorre sob a forma de matemática computacional, consistindo da atribuição de valores às diferentes categorias existentes em cada tema, que, por sua vez, são calculados a fim da obtenção de índices que aqui expressarão o grau de vulnerabilidade que a área em estudo possui. Para este cálculo foram utilizados softwares de uso consagrado nas geotecnologias, e o método de cálculo diz respeito, basicamente, à transformação de arquivos vetoriais em raster, facilitando as operações matemáticas.

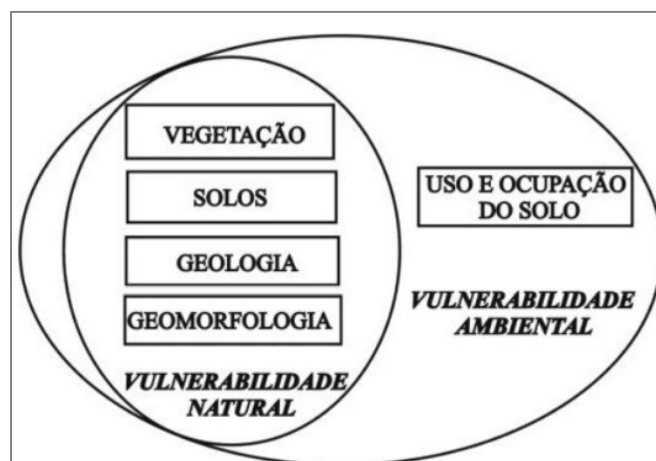


Figura 68. Roteiro de Elaboração dos Mapas. Fonte: Adaptado de Costa et al. (2006), apud Grigio (2003).

As informações existentes, obtidas por incursões ao campo associadas ao mapeamento digital destas feições reconhecidas *in loco* por equipe multidisciplinar deram origem, no presente trabalho, aos mapas Geomorfológico, Geológico, Pedológico, Vegetação e mapa de Uso e Ocupação do Solo.

Para integração dos dados foi utilizado o modelo apresentado em Barbora (1997), Crepani et al. (1996) e Grigio (2003), que define cinco graus de vulnerabilidade (muito baixo a muito alto) para as categorias encontradas em cada mapa temático, com classes de valores de 1 a 5, com intervalos de 0,5 entre estas classes. Esses valores explicitam, com base nos conceitos de análise eco-dinâmica de Tricart (1977), as situações de predomínio de processos de pedogênese (valores próximos a 1), situações intermediárias (valores em torno de 2) e situações de morfogênese, verificando-se o predomínio de agentes modificadores das formas de relevo (valores próximos a 3). A Tabela 5.6 sistematiza estes valores.

Tabela 12. Média Aritmética para as Classes de Vulnerabilidade Natural. (Costa et al, 2006, apud Grigio, 2003).

CLASSIFICAÇÃO	MÉDIA
Muito Baixa	0 – 1,3
Baixa	1,4 – 1,7
Média	1,8 – 2,2
Alta	2,3 – 2,5
Muito Alta	2,6 – 3

Para o cruzamento destes mapas, procedeu-se com a rasterização dos arquivos vetoriais disponíveis, atribuindo a cada categoria os valores descritos na **Tabela 13**. Em seguida, os mapas foram cruzados dois a dois, para em seguida serem cruzados uma vez mais, a fim de se obter o mapa de Vulnerabilidade Natural, conforme explicitado na Figura 5.57. O resultado deste cruzamento, operacionalizado em forma de média aritmética, foi distribuído em cinco categorias, conforme explicitado anteriormente.

Tabela 13. Grau de vulnerabilidade dos mapas temáticos.

MAPA TEMÁTICO / CLASSE	GRAU DE VULNERABILIDADE
GEOLOGIA	
Dep. Aluvionares	2.5
Dep. De Sedimentos de Praia e Duna	2.0
Dep. De Sedimentos de Praia e Duna	2.0
Fm. Barreiras	2.0
Dep. Flúvio-Marinhas	3.0
GEOMORFOLOGIA	
Dunas Fixas	2.0

Dunas Móveis	3.0
Planície Aluvionar	2.5
Planície de Deflação	3.0
Terraço Marinho	3.0
PEDOLOGIA	
Gleissolos	2.0
Latossolos	1.5
Neossolos	2.5
Solos Aluvionares	1.0
VEGETAÇÃO	
Agricultura	1.5
Restinga Herbácea	1.5
Savana Estépica Arborizada	2.5
Veg. Pioneira/ sem vegetação	1.0

Fonte: (Adaptado de Costa et al,2006, apud Grigio, 2003)

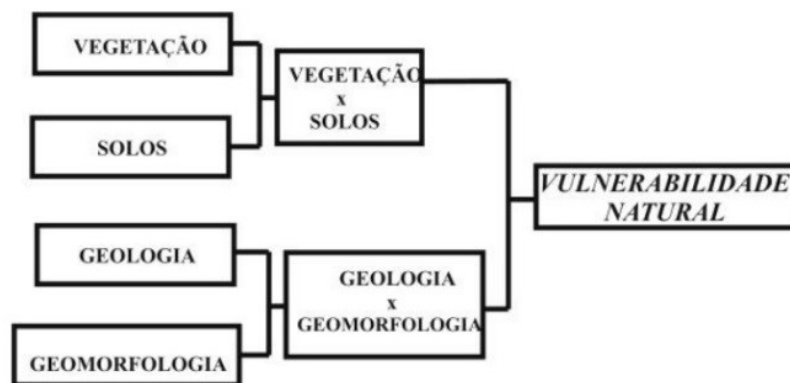


Figura 69. Árvore de Decisão para Vulnerabilidade Natural, com cruzamento dos mapas temáticos. (Adaptado de Costa et al,2006, apud Grigio, 2003).

O mapa de Vulnerabilidade Natural (**Figura 70**) nos permite qualificar, quantificar, e localizar a distribuição da susceptibilidade do ambiente da área em estudo, levando em consideração, para os fatores geomorfologia, geologia e solos, a estabilidade em relação à morfogênese e a pedogênese e, para o fator vegetação, a estrutura das redes e teias alimentares, o estágio de fitossucessão

e a biodiversidade. A **Tabela 14** mostra que a categoria que mais concentra áreas corresponde à vulnerabilidade baixa (51.70 %), seguida da vulnerabilidade média (19,04 %), da vulnerabilidade muito alta (18,36 %), da vulnerabilidade muito baixa (10,63 %) e, por último, da vulnerabilidade alta (0,27 %).

Tabela 14. Áreas das categorias de vulnerabilidade natural.

VULNERABILIDADE NATURAL		
CATEGORIA	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
Muito Baixo	1453.92	10.63
Baixo	7069.76	51.70
Médio	2603.54	19.04
Alto	36.87	0.27
Muito Alto	2511.11	18.36
TOTAL	13675.21	100.00

Uma vez de posse do Mapa de Vulnerabilidade Natural, que representa a susceptibilidade daquela área determinada aos processos erosivos, é necessário considerar também a quais tipos de uso do solo esta área já está submetida. Para isso, cruzamos o Mapa de Uso e Ocupação do Solo a fim de gerar o Mapa de Vulnerabilidade Ambiental, que representaria a susceptibilidade daquela área determinada aos possíveis impactos antrópicos. O critério estipulado para cruzamento do mapa de uso e ocupação do solo teve como foco principal o grau e tipo de antropização encontrado na área em estudo. Para o cruzamento foi utilizado a mesma escala de valoração aplicada anteriormente, isto é, de 1 a 3, com intervalos de 0,5, visualizada na **Tabela 15**.

Tabela 15. Pesos atribuídos para as classes de uso e ocupação do solo encontrados na área de estudo.

MAPA TEMÁTICO / CLASSE	GRAU DE VULNERABILIDADE
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
Agricoltura	1.5
Salinas	2.5
Sem Atividade de Uso	1.0

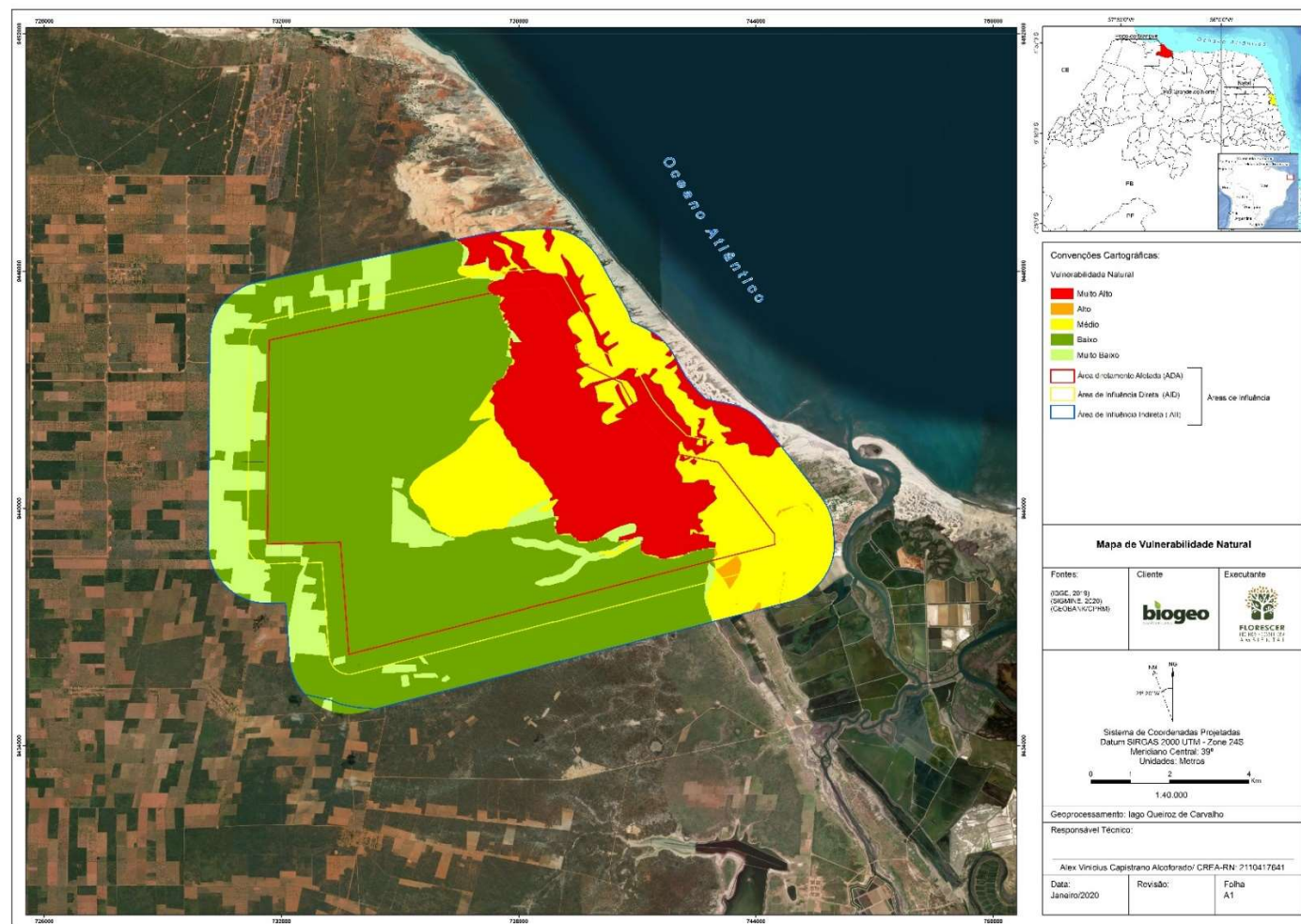


Figura 70. Mapa de vulnerabilidade natural das áreas de influência do empreendimento.

Diferentemente do cruzamento realizado para obtenção do mapa de Vulnerabilidade Natural, para a obtenção do mapa de Vulnerabilidade Ambiental foi utilizado o método de ponderação de fatores que permite a possibilidade de compensação entre os fatores através de um conjunto de pesos que indicam a importância relativa de cada fator. Os pesos de compensação indicam a importância de qualquer fator em relação aos demais. A **Tabela 16** apresenta esses valores.

Tabela 16. Valores dos pesos atribuídos para a vulnerabilidade ambiental.

FATOR				
Geomorfologia	Geologia	Solos	Vegetação	Uso e Ocupação do Solo
0,2	0,1	0,1	0,1	0,5

Fonte: Adaptado de Costa et al. (2006), apud Grigio (2003).

Os fatores da **Tabela 16** são aqui instrumentalizados da seguinte maneira:

$$0,2 \times [\text{Tema 1}] + 0,1 \times [\text{Tema 2}] + 0,1 \times [\text{Tema 3}] + 0,1 \times [\text{Tema 4}] + 0,5 \times [\text{Tema 5}]$$

Onde Tema 1 = Mapa geomorfológico Tema 2 = Mapa geológico Tema 3 = Mapa de solos Tema 4 = Mapa de vegetação Tema 5 = Mapa de Uso e Ocupação do Solo.

O peso maior para o tema “Geomorfologia” se deve ao fato desse sofrer forte influência dos fatores erosivos na modelagem do relevo. Já o peso para o tema “Uso e Ocupação do Solo” se deve ao fato de que as atividades econômicas atuam de forma a modelar a paisagem, e a ação antrópica geralmente acarreta modificações na paisagem, tão maiores quanto forem seus potenciais de impacto ambiental.

O mapa de Vulnerabilidade Ambiental pode ser visto na **Figura 71**. A **Tabela 17** mostra que a categoria que mais concentra áreas corresponde à vulnerabilidade Muito Baixa (47,41 %), seguida da vulnerabilidade baixa (32,54 %), da vulnerabilidade média (17,51 %) e, por último, da vulnerabilidade alta (2,54 %).

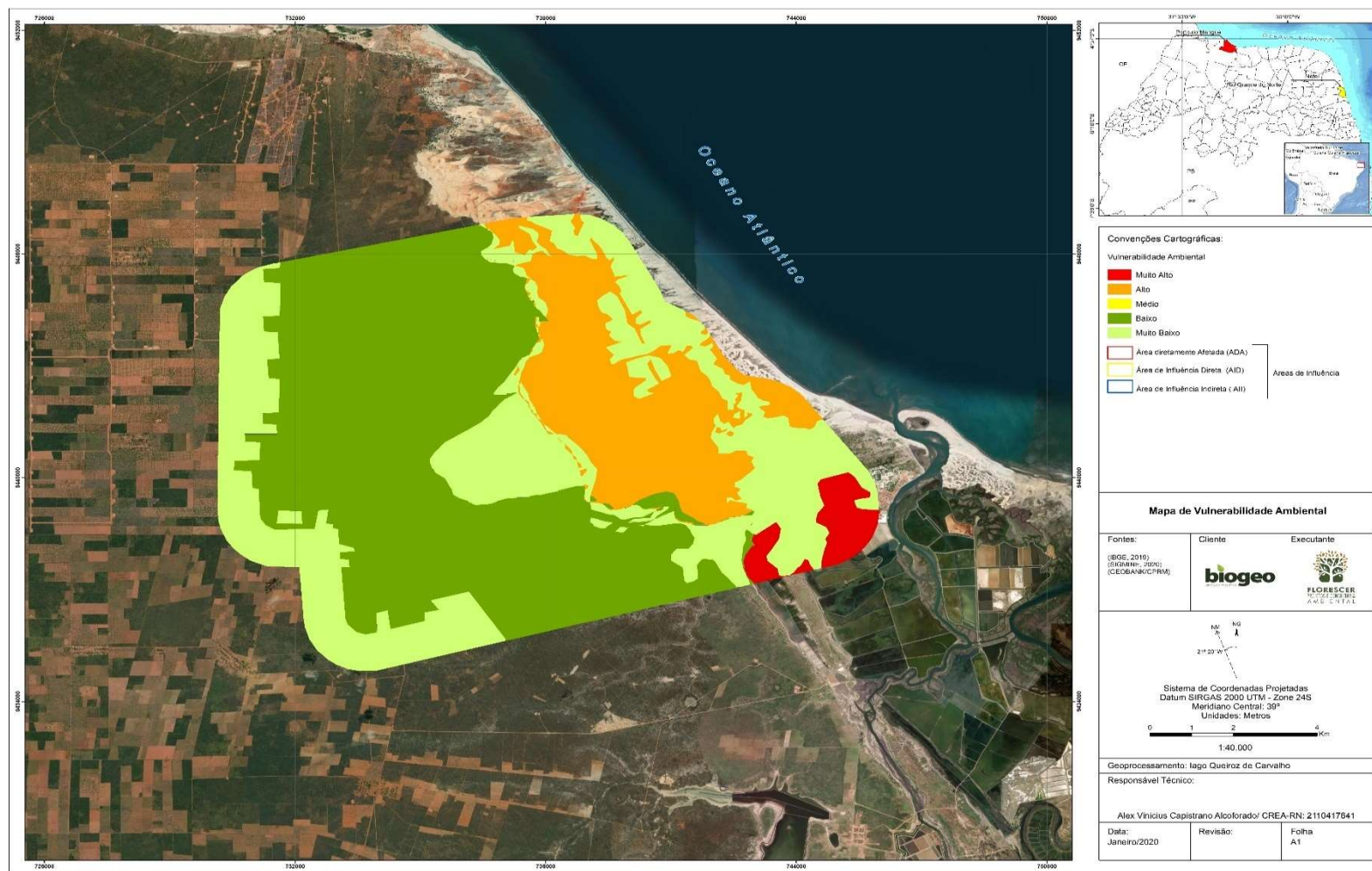


Figura 71. Mapa de Vulnerabilidade Ambiental das áreas de influência do empreendimento.

Tabela 17. Quadro de áreas das categorias de vulnerabilidade ambiental.

VULNERABILIDADE AMBIENTAL		
CATEGORIA	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
Muito Baixo	6483.22	47.41
Baixo	4449.59	32.54
Médio	2395.15	17.51
Alto	347.25	2.54
TOTAL	13675.21	100.00

Discussão dos Resultados

Para operacionalizar o conhecimento sistemático de uma área é necessário o conhecimento da forma em que o ambiente desta área reage a pressões antrópicas impostas, assim como o grau de suporte a essas pressões. A geração do mapa de vulnerabilidade natural visa mostrar a intensidade da susceptibilidade a processos erosivos, bem como sua distribuição na área em estudo, enquanto o mapa de vulnerabilidade ambiental refere-se à susceptibilidade do ambiente a pressões antrópicas.

O objetivo dos mapas de vulnerabilidade é representar o conhecimento do comportamento atual do terreno, em relação às repostas dos processos biológicos/ fisiográficos e de uso do solo. A posse destes mapas torna possível conhecer áreas que apresentam alto risco de degradação ante a implantação de obras de engenharia, assim como áreas potencialmente estáveis, para fins de melhor tratamento destas para um uso e ocupação atual e futuro.

Quanto ao mapa de Vulnerabilidade Natural, as áreas de baixa vulnerabilidade estão localizadas sobre a Formação Barreiras, na unidade geomorfológica Tabuleiro Costeiro, com vegetação de Savana Estépica Arborizada ou área de agricultura. Apesar de constituírem áreas de biodiversidade relevante, são áreas notáveis pela sua estabilidade ante aos fenômenos erosivos, onde a cobertura vegetal apresenta importante função de conter o escoamento laminar, por apresentar sistema radicular mais robusto.

A categoria vulnerabilidade natural média está distribuída principalmente no compartimento geomorfológico da planície de deflação, que consistem de áreas planas que cedem material às dunas que se colocam a sotavento, geralmente com ausência de vegetação ou se associam a vegetação pioneira. A média susceptibilidade se fundamenta principalmente ao substrato rochoso da Fm. Barreiras que apresentam resistência aos processos erosivos. Mesmo que exista uma dinâmica visível de transporte de sedimentos, esses não evoluem para fatos erosivos mais desenvolvidos, como ravinas e voçorocas, onde o fato decisivo para sua não ocorrência é o aspecto essencialmente plano destas unidades.

As classes de Vulnerabilidade Alta se materializam justamente nas unidades onde se encontram as dunas móveis e nas paleofalésias próximas à planície de deflação. A justificativa para o grau de vulnerabilidade alta nestas unidades se deve a facilidade com que tanto as dunas quanto as falésias se apresentam susceptíveis aos processos erosivos, encontrando-se ambas desnudas de vegetação. Especificamente em relação às paleofalésias, encontram-se com baixa presença de atividades antrópicas, no entanto se apresentam degradadas, com processos de ravinamento considerável em toda a extensão mapeada, fato associado à alta declividade característica linha de escarpa superior característica das falésias. A presença das dunas parece agravar a degradação dessas falésias, visto que os maiores sulcos dos ravinamentos se apresentam justamente nos locais onde as dunas apresentam maior gradiente altimétrico. As ravinas parecem, portanto, se intensificar pelo fato destas maiores dunas terem a capacidade de percolarem maior quantidade de águas pluviais, intensificando os processos erosivos. Já as dunas consistem de material desagregado, grandemente susceptíveis aos processos colúvio-eluviais intermitentes em áreas de costa como o caso da Área em estudo.

A análise do mapeamento de vulnerabilidade ambiental apresenta uma categorização diversa do mapeamento de vulnerabilidade natural, expressando sensibilidade menor às categorias observadas no mapeamento de Vulnerabilidade Natural. A diferença consiste principalmente pelo fato de que,

dentro da fórmula de ponderação aplicada, foi constatado o achatamento dos dados, ocasionado pela ausência de atividades características de alteração no uso e ocupação do solo da Área em Estudo. Essa se apresenta predominantemente ausente de povoamento e transformações oriundas de atividades econômicas, e esta situação finda por computar classes de menores que as categorias observadas nos cálculos do mapeamento de Vulnerabilidade Natural. Dessa forma, temos categorias medianas para áreas que no mapa de Vulnerabilidade Natural, e assim sucessivamente. Esse fato por si indica que a metodologia utilizada prioriza áreas onde são observadas grandes transformações decorrentes de antropização, como manchas urbanas, implantação de grandes obras de engenharia, construções fabris etc. A região considerada alta consistiu, justamente, da área de Salinas existente na porção inferior direita da área, que se trata de fato antrópico transformador na superfície da zona em estudo, que acarreta grandes transformações tanto de ordem biótica quanto fisiográfica.

5.1.4. Geomorfologia

O Estado do Rio Grande do Norte possui oito unidades geomorfológicas sendo elas a Chapada da Serra Verde, Chapada do Apodi, Depressão Sertaneja, Depressão Sub-litorânea, Planalto da Borborema, Planície Costeira, Planície Fluvial e Tabuleiro Costeiro (**Figura 72**).

O estudo se concentrou na faixa litorânea do estado que possui três unidades geomorfológicas representantes, a Planície Costeira, Planície Fluvial e a zona dos Tabuleiros Costeiros. A área de estudo contempla essas três unidades geomorfológicas como pode ser visto no mapa geomorfológico a seguir (**Figura 73**).

Os tabuleiros, também conhecidos como platôs sedimentares do terciário, são relevos constituídos por sedimentos diversos da Formação Barreiras (BRASIL, 1981), os quais são recobertos por solos arenosos ou arenoargilosos profundos, bem drenados. Ocorre em faixa contínua com cerca de 400 km, acompanhando todo o litoral leste, sul e norte do Estado do Rio Grande do

Norte (RN). Limita-se a oeste com as rochas cristalinas e a leste com o mar, algumas vezes terminando abruptamente, formando falésias de até 12 metros de altura (NUNES, 2006). Os tabuleiros possuem uma largura média que varia de 20 a 30 km, no entanto, apresentam em alguns pontos penetração para o interior do RN, chegando a atingir 50 km, em altitudes que variam de 10 a 100 metros. Estes tabuleiros apresentam um relevo predominantemente plano a suavemente ondulado, com pequenas declividades entre 0% a 5%. Podem apresentar trechos com maiores declividades próximas aos canais principais de drenagens (NUNES, 2006).

As Planícies Costeiras e Campo de Dunas tem sedimentação quaternária, formadas pela interação de diversos fatores climáticos, litológicos, tectônicos, oceanográficos como produtos da erosão e acrescção contínua ao longo do tempo (COSTA NETO, 2009).

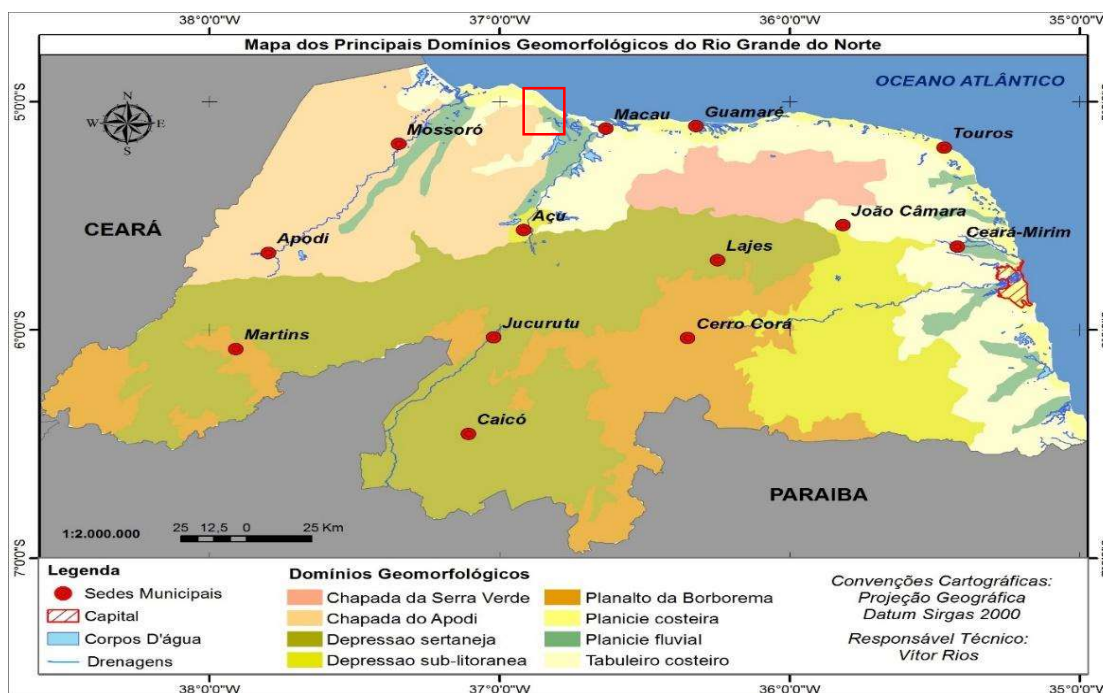


Figura 72. Mapa dos Principais Domínios Geomorfológicos do RN. A área do empreendimento encontra-se delimitada em vermelho no mapa. Fonte: IDEMA, 2007.

5.1.4.1. Geomorfologia Local

Localmente, a área do empreendimento está predominantemente inserida nos domínios geomorfológicos dos Baixos Platôs/Tabuleiros Costeiros, Planície Fluvial e Planície Costeira (**Figura 73**). O relevo observado na porção centro-sul pode ser considerado plano a suavemente ondulado, corresponde a espacialização do grupo dos Tabuleiros. Cada unidade geomorfológica pertencente à Área Diretamente Afetada e às áreas de influência serão descritas abaixo.

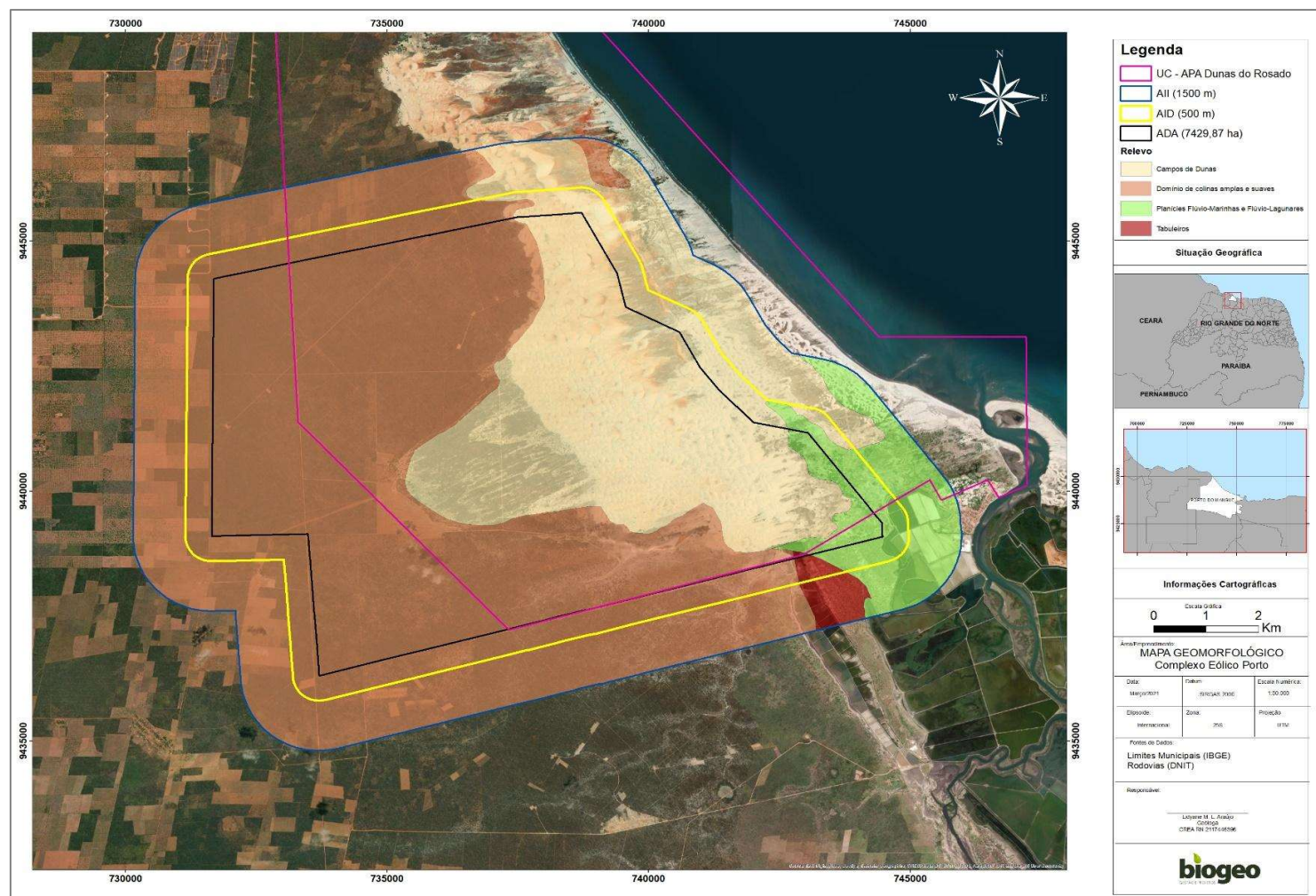


Figura 73. Mapa Geomorfológico do Complexo Eólico Porto. Fonte: Biogeo, 2021.

a) Planície Costeira

A Planície Costeira do Rio Grande do Norte abrange uma estreita, mas extensa franja ao longo do litoral potiguar, invariavelmente posicionada entre a linha de costa e os Tabuleiros Costeiros. As Planícies Costeiras apresentam um diversificado conjunto de padrões de relevo deposicionais de origens eólica, fluvial e marinha. Caracterizadas por sedimentos terciários ou quaternários, depositados ao longo de toda a costa brasileira sendo mais espessa em regiões como no Maranhão e mais estreitas no litoral sul. Sua gênese pode ser correlata a fatores como o aumento do nível do mar e compõem uma das principais feições do litoral brasileiro, é marcada por um relevo ondulado com presença de dunas vegetadas ou não, cordões dunares, planícies de deflação e depressões interdunares.

A morfologia de dunas domina parte da ADA, AID e AII, na porção mais próxima à Linha de Costa. São acumulações, em geral costeiras, de sedimentos arenosos que tem por característica o dinamismo de sua movimentação. São barreiras naturais que podem ser vegetadas ou não. Na Área do Complexo Eólico Porto encontramos dunas vegetadas (**Foto 24**) e não-vegetadas (**Foto 25**). Esta característica diferencia seu processo de fixação.



Foto 24. Campo de dunas fixadas. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 25. Campo de dunas móveis sob influência da Fm. Barreiras com presença de marcas onduladas eólicas. Fonte: Biogeo, 2021.

b) Planície fluvio-marinha/fluvio-lagunar

Na área tanto a planície fluvial quanto a lagunar fazem contato com a planície costeira já descrita e a zona dos tabuleiros costeiros descrita a seguir. A planície fluvial tem sua geomorfologia caracterizada por um relevo plano de baixo gradiente favorável para as inundações por se situar às margens das drenagens em períodos de cheia a água transborda para estas planícies. No caso da planície lagunar, as feições encontram-se associadas a um relevo mais ondulado marcado pela presença de dunas com vegetação rasteira que servem na fixação das mesmas.



Foto 26. Planície fluvial em drenagem no período de estiagem com ocorrência de precipitação de sais. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 27. Avanço da água na planície fluvial em período de cheia. Fonte: Biogeo, 2021.

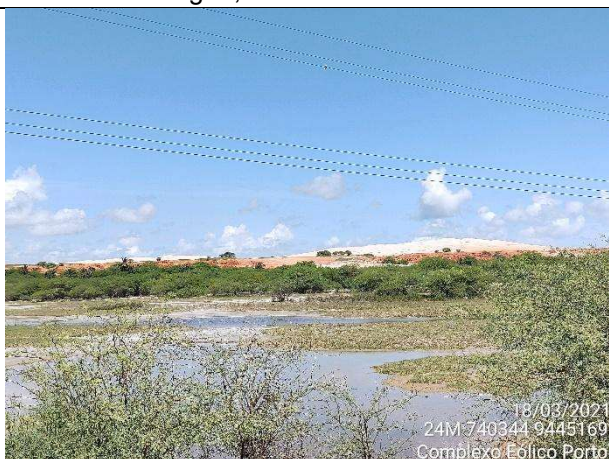


Foto 28. Planície lagunar em período de cheia com presença de vegetação fixada. Fonte: Biogeo, 2021.

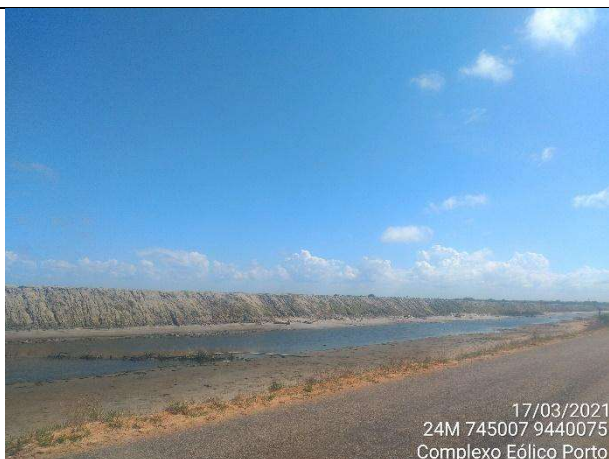


Foto 29. Planície lagunar interdunar em período de cheia. Fonte: Biogeo, 2021.

c) Tabuleiro Costeiro

Os tabuleiros Costeiros caracterizam-se como regiões planas que por vezes se estendem até o litoral na forma de falésias. Podem apresentar declividade suave aumentando à medida que avança para o continente onde começa a surgir os planaltos. Os tabuleiros têm sua origem a partir da superposição das camadas sedimentares do terciário ao quaternário, neste caso, correlatas a Formação Barreiras, podendo ocorrer também sobre a Formação Jandaíra. Na área, esta unidade concentra-se ao sul/sudoeste mas aparece também na porção leste/nordeste demarcando as falésias. Pode-se

evidenciar associados a esta unidade ocorrência de Latossolos, Podzólicos e Areias Quartzosas, sendo estas últimas as encontradas na área.

Paleofalésias

No trecho compreendido entre o empreendimento e a Rodovia RN-404, aproximadamente 1.600,00 metros da linha da costa, pode-se perceber a ocorrência de um afloramento linear da Formação Barreiras, com morfologia de paleofalésia. A encosta inicia-se próximo ao Ecoposto do IDEMA e segue por 4.200,00 metros em direção Sudeste, ficando apenas o trecho final, com aproximadamente 800,00 metros, localizados na área diretamente afetada (ADA).

Foi observado no local que se trata de uma formação com litologia predominantemente arenosa, com presença de siltes e argilas, porosa, bastante friável e de grande potencial erosivo, com altura de até 20,00 metros (**Fotos 30 a 33**). Foram detectadas diversas ravinas (**Foto 34**). Neste local, em razão da falta de estabilidade, devem-se evitar intervenções construtivas.

O tipo de sedimento existente na falésia, em condições confinadas, não representa qualquer risco geotécnico. As restrições às intervenções estão principalmente relacionadas à morfologia escarpada apresentada.



Foto 30. Visão geral da falésia, evidenciando a presença de vegetação fixada e a variação de coloração, devido à influência da Fm. Barreiras e das dunas. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 31. Vista superior da Paleofalésia. Fonte: GEPE Engenharia, 2021.

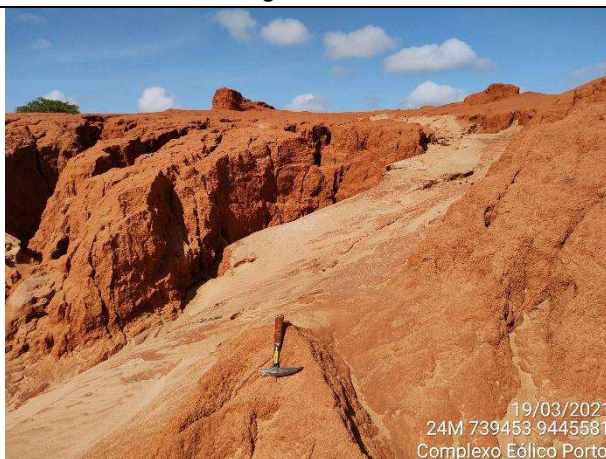


Foto 32. Vista lateral da falésia. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 33. Zona de Contato entre a parte plana dos tabuleiros e o cordão de dunas. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 34. Processo erosivo da Paleofalesia. Fonte: GEPE Engenharia, 2021.

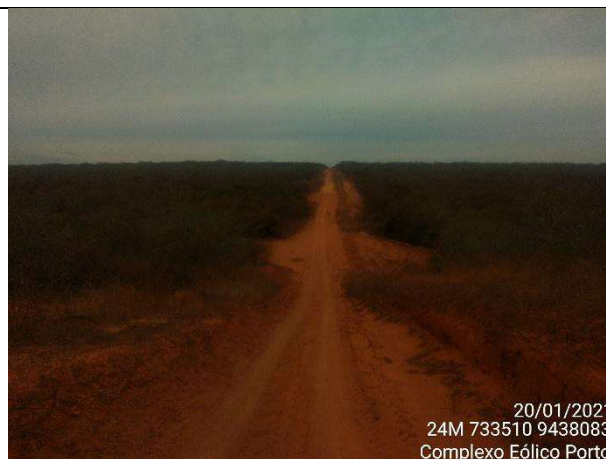


Foto 35. Visão geral de zona rebaixada no limite entre a ADA e a AID do empreendimento, onde há drenagem efêmera e atuação de processo erosivo com formação de sulcos na estrada. Fonte: Biogeo, 2021.

Nesta feição, aliada ao campo de paleodunas/tabuleiros, foi verificado em campo o maior potencial erosivo através da instalação de processos de abertura de pequenos sulcos e desenvolvimento de estruturas de ravinamento. Esses processos estão diretamente associados ao transporte e carreamento de sedimentos pelo escoamento de águas superficiais em direção às zonas mais rebaixadas. São naturalmente intensificados durante o período chuvoso com o aumento do volume aquoso na região e apresentam maiores dimensões em zonas mais íngremes, conforme pode ser verificado nas **Fotos 35 a 39**. No Mapa de Risco Erosivo (**Figura 74**), podemos perceber que na unidade denominada Planície Costeira existe um médio risco erosivo, devido à inclinação do relevo, assinalado por um maior adensamento de ocorrências representado pela cor laranja, nas proximidades do canal natural de drenagem superficial.



Foto 36. Visão aproximada dos sulcos e da vegetação fixada que intensifica o processo erosivo no limite entre a ADA e a AID do empreendimento. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 37. Desenvolvimento de processo erosivo na Área de Influência Direta próximo a zona de falésias. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 38. Ravinamento próximo a área da falésia onde há zona de escoamento de água. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 39. Visão em detalhe de ravinamento próximo à falésia onde há drenagem efêmera, com processo erosivo intensificado pelas raízes. Fonte: Biogeo, 2021.

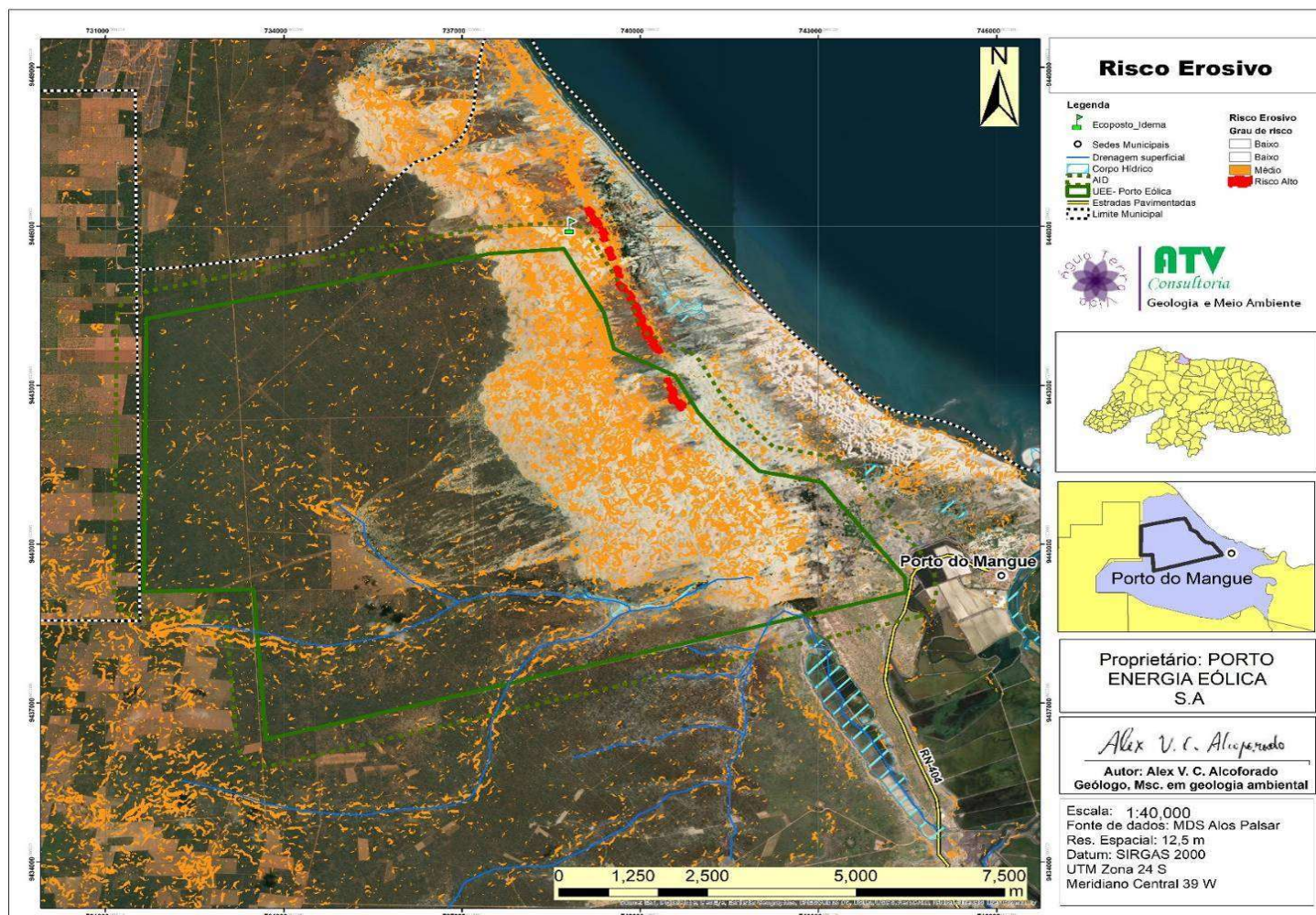


Figura 74. Mapa de Risco Erosivo.

5.1.5. Solos

5.1.5.1. Pedologia Regional

Segundo mapeamento da CPRM e dados da Embrapa o estado do Rio Grande do Norte apresenta 14 subclasses de solo distribuídas em 8 classes de principais, visualizadas no mapa a seguir (**Figura 75** - Mapa de solos do RN) e detalhadas segundo Manual de Classificação de Solos da Embrapa 2018.

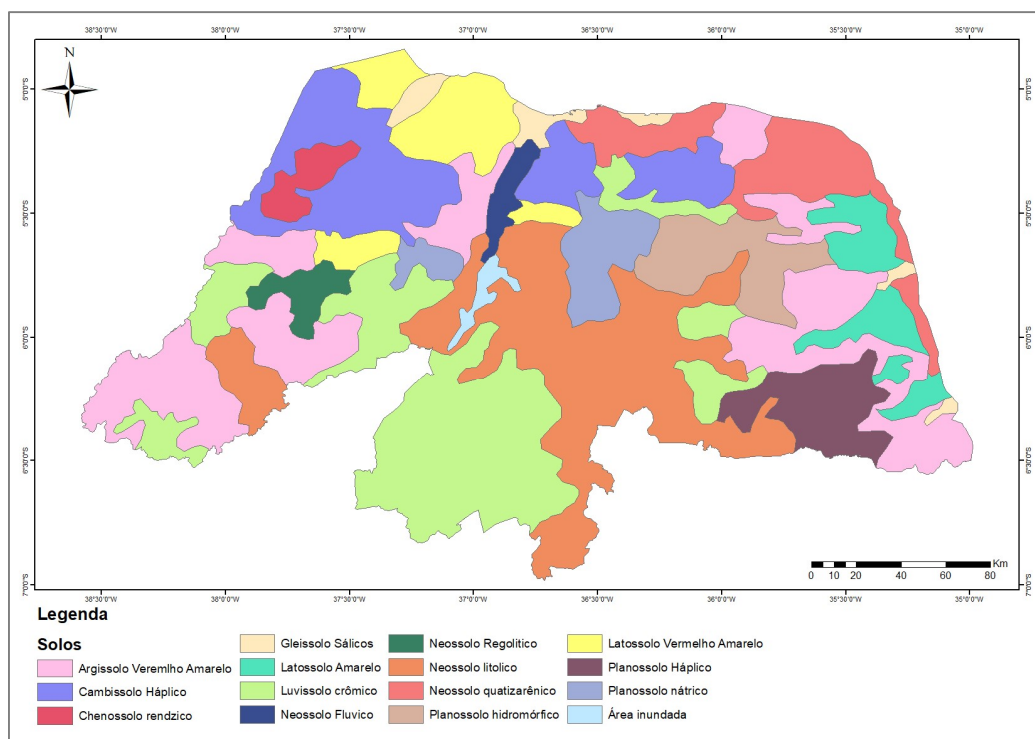


Figura 75. Mapa de solos do RN. Elaboração: BIOGEO, 2018. Fonte de dados: CPRM.

Luvissolos Crômicos - ocupam a parte centro sul do Estado e caracterizam-se por serem de rasos a pouco profundos, de relevo suavemente ondulado, são moderadamente ácidos a praticamente neutros estando relacionados principalmente com os biotita-gnaisses. Estes solos são ricos em nutrientes, no entanto o seu uso é restrito em virtude de estarem localizados, em sua maioria, no sertão, onde as chuvas assim como o relevo e a profundidade efetiva são fatores restritivos.

Latossolo Vermelho Amarelo - estende-se pela porção litorânea do oeste do Rio Grande do Norte e caracteriza-se por apresentar solos profundos, acima de um metro, bem drenados, porosos, friáveis, com baixos teores de matéria orgânica e predominantemente ácidos.

Neossolos (Quartzarênico, Regolítico, Flúvico e Litólicos) - ocupam quase todo o litoral e a margem dos principais rios. São solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando nenhum tipo de horizonte B diagnóstico. Podem ser cascalhentos (Litólico), derivados de sedimentos aluviais (Flúvico), sem contato lítico e apresentando cerca de 5% ou mais de fragmentos de rocha semi-intemperizada ou saprólito (regolítico) ou solos arenosos, essencialmente quartzosos, que não se encaixam em outras classificações específicas (quartzarênicos).

Planossolos (Hidromórficos, Háplicos e Nátricos) - estão presentes em pequenas áreas do Estado, predominantemente no centro-leste, são solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico. Individualmente, diferenciam-se pelo caráter sódico dos solos Nátricos.

Argissolos Vermelho-Amarelo - ocupam, principalmente, os extremos Leste e Oeste do estado. Caracterizam-se por solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argiloso.

Cambissolo Háplico - característico de áreas de relevo plano a fortemente ondulado, apresentam composição rica em material mineral com horizonte B incipiente e limitação de uso dado o declive das encostas que, em geral, preenchem.

Chernossolos Rêndzicos - São solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte A chernozêmico seguido por variados horizontes B. No caso dos rêndzicos apresentam horizonte cálcico, petrocálcico ou caráter carbonático coincidindo com horizonte A chernozêmico e/ou com horizonte C ou contato lítico desde que o horizonte A chernozêmico contenha grande quantidade de solo carbonático.

Gleissolos Sálcos - São solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se imediatamente abaixo de horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Os sálcos apresentam caráter sálco ($CE \geq 7 \text{ dS m}^{-1}$, a 25 °C) em um ou mais horizontes ou camadas dentro do primeiro metro de espessura.

5.1.5.2. Pedologia Local

O estudo pedológico da área permitiu identificar três tipos de solos distintos (**Figura 76**). Baseado na publicação de 2018 da Embrapa, Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, tem-se a presença de Neossolos Quartzarênicos, Latossolo vermelho-amarelo distrófico e Gleissolo sálco.

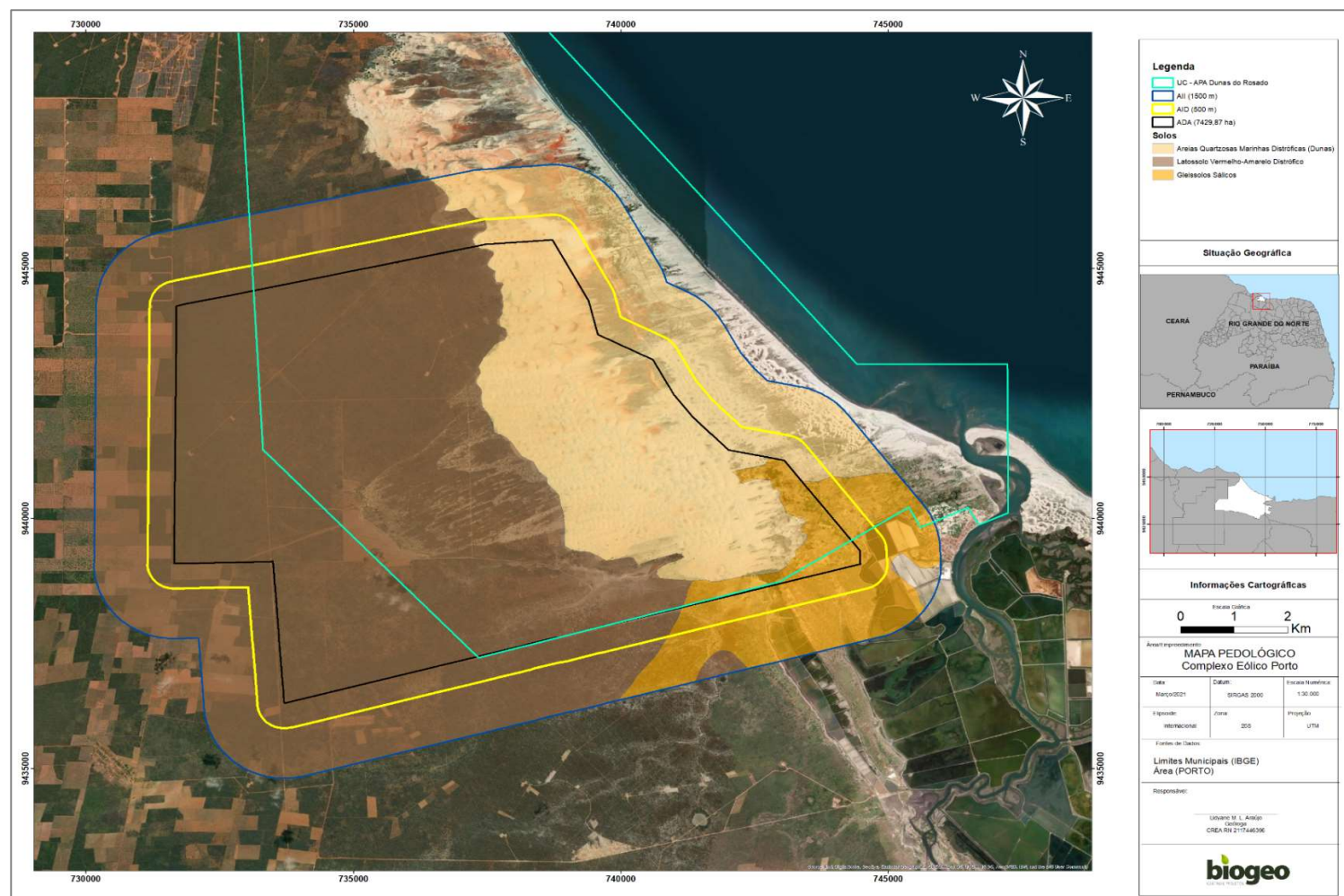


Figura 76. Mapa pedológico da Área do Complexo Eólico Porto e suas áreas de influência. Fonte: Biogeo, 2021.

a) Neossolos Quartzarênicos

Constituinte da classe dos Neossolos, este tipo de solo é geralmente originado de depósitos arenosos de granulometria variando entre areia fina e areia média com arredondamento e esfericidade diversos. Na área é reconhecido através das areias quartzosas marinhas distróficas, não sendo uma feição pedológica devidamente consolidada devido o transporte ativo de sedimentos nas dunas. Sua composição deve-se basicamente a grãos de quartzo, podendo conter uma diversidade de outros minerais, óxidos e silicatos que podem atribuir cores como amarela e vermelha, assim como, podem se apresentar de forma transparente (EMBRAPA, 2018). Predominam na área associada às Dunas móveis e sua coloração, na área de estudo torna-se mais avermelhada com a proximidade à zona de Falésias.



Foto 40. Neossolo quartzarênico associado a dunas móveis de coloração avermelhada devido à influência da Fm. Barreiras com presença de marcas onduladas eólicas. Fonte: Biogeo, 2021.

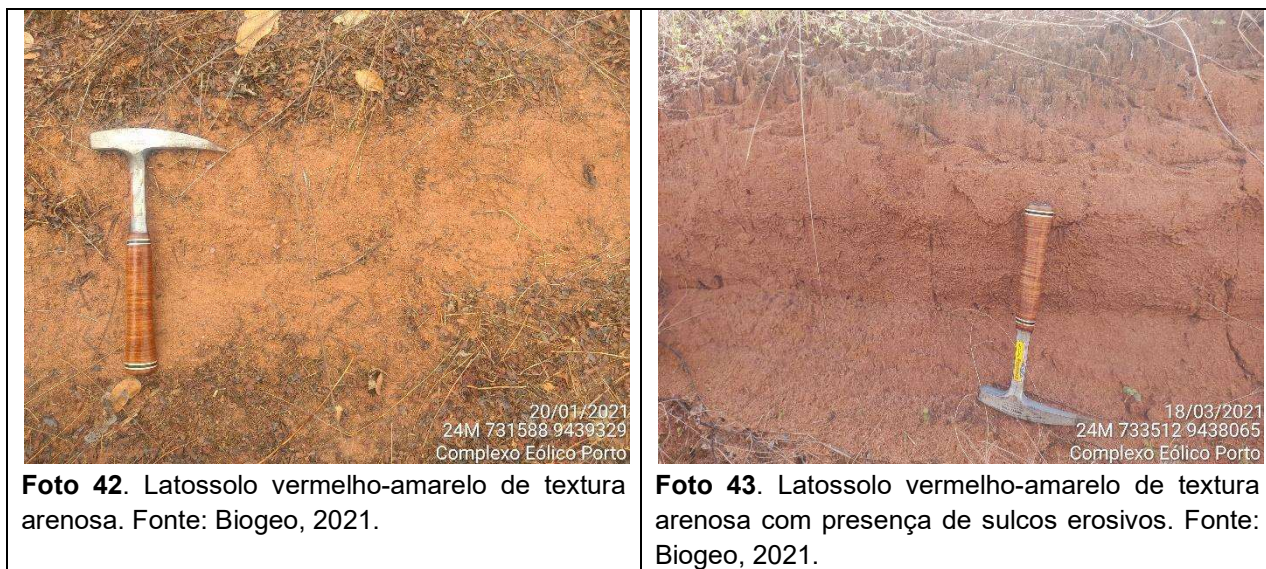


Foto 41. Neossolo quartzarênico associado a dunas móveis de coloração esbranquiçada com variação granulométrica que marca o transporte de sedimentos. Fonte: Biogeo, 2021.

b) Latossolo Vermelho-amarelo

O Latossolo vermelho-amarelo compreende a maior parte da área correlacionando-se com a zona de tabuleiros. Apresenta caráter arenoso e devido a sua alta susceptibilidade a erosão e porosidade elevada (EMBRAPA, 2018) é possível identificar focos erosivos, principalmente relacionados à

abertura de sulcos e ravinas e remobilização de massa (**Fotos 42 e 43**). Apresenta um baixo quantitativo de matéria orgânica.



c) Gleissolo Sáfico

A classe Gleissolo compreende solos hidromórficos, que apresentam horizonte glei dentro de 150 cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E. Caracterizam-se pela forte gleização, em decorrência do ambiente redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica. O processo de gleização implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, devido à redução e solubilização do ferro, permitindo a expressão das cores neutras dos minerais de argila, ou ainda a precipitação de compostos ferrosos. São solos mal ou muito mal drenados, em condições naturais, tendo o horizonte superficial cores desde cinzentas até pretas, espessura normalmente entre 10 e 50 cm e teores médios a altos de carbono orgânico. São solos que ocasionalmente podem ter textura arenosa (areia ou areia franca) somente nos horizontes superficiais, desde que seguidos de horizonte glei de textura franco arenosa ou mais fina (EMBRAPA, 2006). Na área de estudo, o gleissolo ocorre

em uma porção restrita, associado a zonas mais úmidas com coloração acinzentada e foi encontrado tanto em caráter arenoso quanto argilo-arenoso com presença de matéria orgânica (bioclastos) e sempre associado às zonas mais úmidas.



Foto 44. Gleissolo acinzentado argilo-arenoso em área úmida próximo a uma drenagem natural. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 45. Gleissolo arenoso em área úmida com diferença de coloração devido ao intemperismo. Detalhe para a presença de bioclastos. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 46. Visão geral de gleissolo argilo-arenoso acinzentado com precipitação de sais esbranquiçados, localizado em zona úmida. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 47. Visão em detalhe do gleissolo argilo-arenoso onde é possível visualizar o gleissolo (acinzentado) e a cristalização de sais (esbranquiçada). Fonte: Biogeo, 2021.

5.1.6. Geotecnia

5.1.6.1. Depósitos eólicos litorâneos não vegetados

Formado pelas Dunas móveis (**Fotos 48 e 49**), constituídas por areia fina transportadas pela ação do vento. Possuem grande permeabilidade, não propiciando a formação de redes de drenagem superficial. Trata-se de material quartzoso, bem selecionado, não coesivo, de compactidade geralmente variando de fofa a pouca compacta, sujeito a uma dinâmica eólica erosiva intensa, o que modifica constantemente sua forma. Em razão deste fato, qualquer intervenção construtiva nesta unidade, em qualquer fase do empreendimento, deve ser planejada levando em conta estas considerações.



Foto 48. Depósitos eólicos litorâneos não vegetado. Fonte: GEPE, 2021.



Foto 49. Deposição eólica em Duna móvel com estratificação cruzada. Fonte: GEPE, 2021.

5.1.6.2. Depósitos eólicos litorâneos vegetados

Formado pelas Dunas fixas (**Foto 50**), também constituída por areia fina transportada pela ação do vento, fixadas pela vegetação. Possuem grande permeabilidade, não propiciando a formação de redes de drenagem superficial. Trata-se de material quartzoso, bem selecionado, não coesivo, de compactidade geralmente variando de fofa a pouco compacta, resguardada de uma dinâmica eólica erosiva devido à vegetação, que preserva sua forma. Em razão deste fato, qualquer intervenção construtiva nesta unidade, deve levar em conta a preservação da vegetação.



Foto 50. Depósitos eólicos litorâneos vegetados. Fonte: GEPE, 2021.

5.1.6.3. Depósitos Aluvionares Antigos

Formados por sedimentos arenosos de textura variando de média a grossa, inconsolidados, de elevada porosidade e permeabilidade. Trata-se de material quartzoso, anguloso, não coesivo, de compactidade geralmente variando de fofa a medianamente compacta, resguardada de uma dinâmica erosiva pluvial devido à vegetação de caatinga, localizados em duas regiões distintas da ADA.

A primeira região fica localizada próximo ao limite Sul, de cotas mais baixas, denominada de Canto da Lagoa, ao longo da rede de drenagem atual, onde se encontra o afloramento do material sílex (**Foto 52**).

A segunda região apresenta-se com cotas mais elevadas, recobrimdo a Formação Barreiras, sendo de espessura decrescente nas direções Norte e Oeste da área.

No Mapa de Risco Erosivo (**Figura 74**), podemos perceber que na primeira unidade existe um médio risco erosivo, devido à inclinação do relevo, assinalado por um maior adensamento de ocorrências representado pela cor laranja, nas proximidades do canal natural de drenagem superficial. Em razão deste fato, qualquer intervenção construtiva nesta unidade, deve levar em conta a dinâmica erosiva pluvial, bem como a variação hidrológica do rio, em todas as fases do empreendimento.



Foto 51. Depósitos aluvionares antigos - Primeira unidade.



Foto 52. Arenito silicificado relacionado ao sistema de falhas de Afonso Bezerra,
Fonte: GEPE, 2021.

5.1.6.4. Formação Barreiras

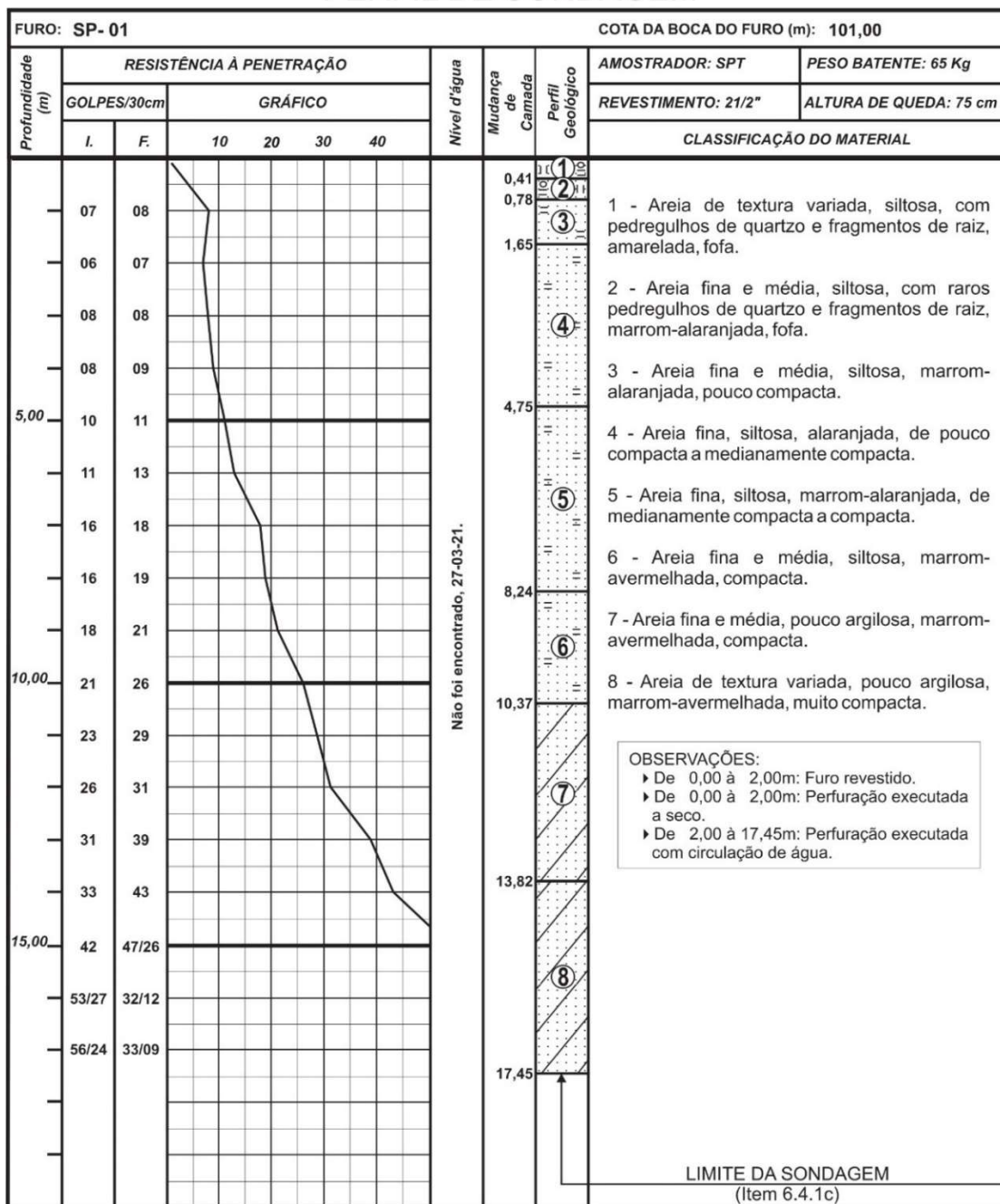
Formada por sedimentos, constituídos de areia de textura variada, com níveis crescentes de siltes e argilas em função do acréscimo da profundidade, consolidados, depositados em um paleoambiente fluvial, de coloração variando entre o alaranjado e avermelhado, com algumas incidências ferruginosas, de permeabilidade variando de média a baixa, em razão da profundidade e do teor de argila, com compacidade geralmente entre pouco compacta a muito compacta, e coesão também crescente com a profundidade. A unidade encontra-se resguardada de uma dinâmica erosiva pluvial devido ao seu relevo aplanado, em formato de platô, na região Noroeste da área, caracterizado como Tabuleiro Costeiro, recobertos por vegetação de Caatinga. Em razão destas características geotécnicas, esta unidade é a mais favorável para ocupações construtivas.

Devido a este fato, foram executados 02 (dois) furos de Sondagem a Percussão, para caracterização geotecnia, conforme distribuição a seguir (**Figura 77**) e diagnóstico do Anexo. Os perfis dos poços podem ser observados nas **Figuras 78 e 79**.



Figura 77. Localização dos Furos de Sondagem. Fonte: GEPE, 2021.

PERFIL DE SONDAGEM



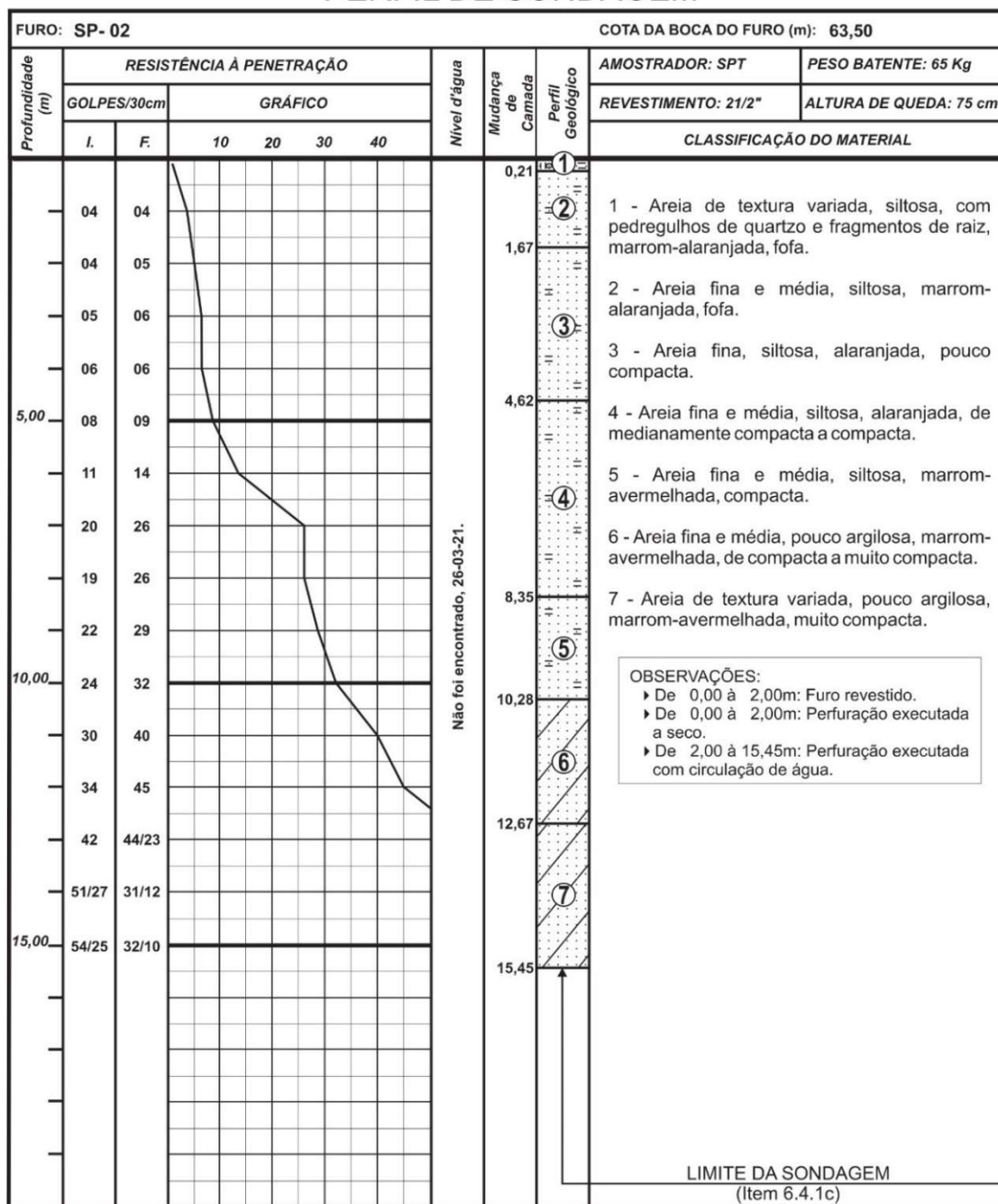
RELATÓRIO	CLIENTE: PORTO ENERGIA EÓLICA S.A.	DESENHO: N.º 01/03
N.º 8.811-01/21	OBRA: COMPLEXO EÓLICO PORTO	ESCALA: 1:100
	LOCAL: PORTO DO MANGUE / RN	DATA: 27-03-21
	ENG. RESPONSÁVEL:	DES ^{ta} : Priscila

Rua Gal. Gustavo Cordeiro de Farias, 380, Petrópolis - Natal/RN

Tel: 84 3201.5991 / 3211.2361

Figura 78. Perfil do Furo SP-01. Fonte: GEPE, 2021.

PERFIL DE SONDAGEM



RELATÓRIO	CLIENTE: PORTO ENERGIA EÓLICA S.A.	DESENHO: N.º 02/03
N.º 8.811-01/21	OBRA: COMPLEXO EÓLICO PORTO	ESCALA: 1:100
	LOCAL: PORTO DO MANGUE / RN	DATA: 26-03-21
	ENG. RESPONSÁVEL:	DES ^{ta} : Priscila

Rua Gal. Gustavo Cordeiro de Farias, 380, Petrópolis - Natal/RN

Tel: 84 3201.5991 / 3211.2361

Figura 79. Perfil do Furo SP-02. Fonte: GEPE, 2021.

5.1.7. Recursos Minerais e Processos Minerários

Segundo dados coletados a partir do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) e do portal de consultas de processos da Agência Nacional de Mineração (ANM), a região de interesse possui áreas adjacentes já requeridas para pesquisa e lavra. Dentro de um raio de 500m (AID), têm-se, 08 (oito) processos requeridos, sendo as áreas totais do processo não necessariamente inclusas apenas nas áreas de influência do empreendimento.

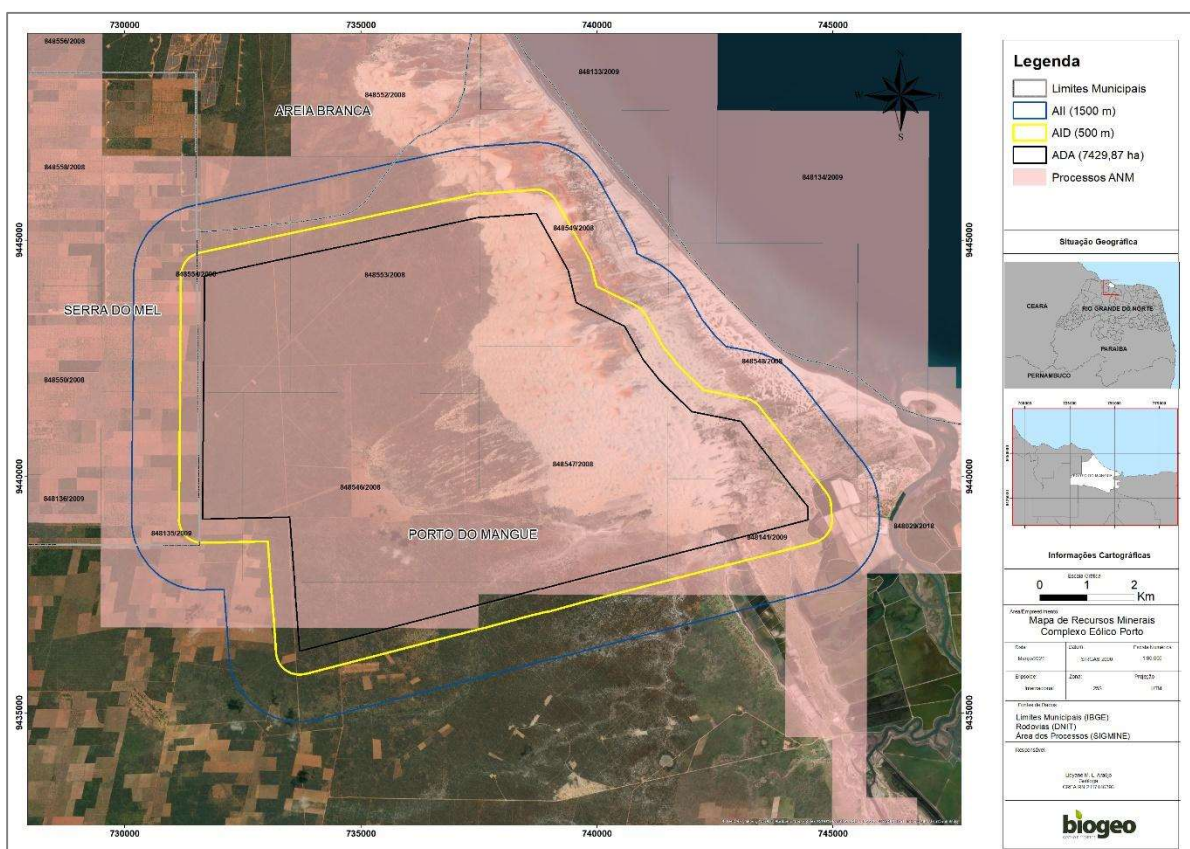


Figura 80. Mapa de Processos Minerários cadastrados na ANM. Elaboração: Biogeo, 2021.

a) Processo 848554/2008

NUP:	48414.848554/2008-11
Área (ha):	1999,93
Tipo de requerimento:	Requerimento de Autorização de Pesquisa

Fase atual:		Autorização de Pesquisa				
Ativo:		Sim				
Superintendência:		Gerência Regional / RN				
UF:		RN				
Unidade protocolizadora:		RIO GRANDE DO NORTE				
Data Protocolo:		17/10/2008 09:13				
Data Prioridade:		17/10/2008 09:13				
Pessoas relacionadas:	Tipo de Relação	Pessoas relacionadas:	Data de Início		Data Final	
	Titular\Requerente	Luiz de Oliveira Costa	17/10/2008		-	
	Responsável Técnico	Espólio de José Carlos Leal Bezerra	17/10/2008		-	
Títulos:	Número	Descrição	Tipo do Título	Situação	Data de Publicação	Data de Vencimento
	18288	APU3 AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUB	Alvará de Pesquisa	Outorgado	31/12/2008	31/12/2011
Substâncias:	Nome	Tipo de uso	Data de início		Data final	
	Fosfato	Fertilizantes	17/10/2008		-	
Municípios:	NOME					
	AREIA BRANCA/RN					
	PORTO DO MANGUE/RN					
	SERRA DO MEL/RN					
Condição de propriedade do solo:	TIPO					
	Propriedade de Terceiros					
Processos Associados	Nenhum processo associado.					
	Memorial descritivo			17/10/2008		
	Planta de situação da área			17/10/2008		

Eventos	Plano dos trabalhos de pesquisa	17/10/2008
	Orçamento de pesquisa	17/10/2008
	Cronograma de pesquisa	17/10/2008
	Prova de recolhimento de emolumentos	17/10/2008
	A.R.T. do plano de pesquisa	17/10/2008
	A.R.T. do memorial descritivo	17/10/2008
	A.R.T. da planta de situação/detalhe	17/10/2008
	227 - AUT PESQ/PAGAMENTO MULTA EFETUADO	18/06/2013
	225 - AUT PESQ/MULTA APLICADA PUBLICADA	12/06/2013
	224 - AUT PESQ/AUTO INFRAÇÃO MULTA PUBLICADA	09/05/2013
	318 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB	04/03/2013
	255 - AUT PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI	14/12/2012
	250 - AUT PESQ/EXIGÊNCIA PUBLICADA	06/11/2012
	795 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NEGATIVO APRESENTADO	15/12/2011
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	31/01/2011
	204 - AUT PESQ/ACORDO C/SUPERFICIARIO PROTOCOL	01/04/2010
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	28/01/2010
	209 - AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO	21/07/2009
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	29/01/2009
	323 - AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL	31/12/2008
	100 - REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO	17/10/2008

b) Processo 848553/2008

NUP:	48414.848553/2008-76
Área (ha):	1999,93

Tipo de requerimento:		Requerimento de Autorização de Pesquisa				
Fase atual:		Autorização de Pesquisa				
Ativo:		Sim				
Superintendência:		Gerência Regional / RN				
UF:		RN				
Unidade protocolizadora:		RIO GRANDE DO NORTE				
Data Protocolo:		17/10/2008 09:09				
Data Prioridade:		17/10/2008 09:09				
Pessoas relacionadas:	Tipo de Relação	Pessoas relacionadas:	Data de Início		Data Final	
	Titular\Requerente	Luiz de Oliveira Costa	17/10/2008		-	
	Responsável Técnico	Espólio de José Carlos Leal Bezerra	17/10/2008		-	
Títulos:	Número	Descrição	Tipo do Título	Situação	Data de Publicação	Data de Vencimento
	18287	APU3 AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUB	Alvará de Pesquisa	Outorgado	31/12/2008	31/12/2011
Substâncias:	Nome	Tipo de uso	Data de início		Data final	
	Fosfato	Fertilizantes	17/10/2008		-	
Municípios:	NOME					
	AREIA BRANCA/RN					
	PORTO DO MANGUE/RN					
Condição de propriedade do solo:	TIPO					
	Propriedade de Terceiros					
Processos Associados	Nenhum processo associado.					
	Memorial descritivo			17/10/2008		

Documentos do Processo	Planta de situação da área	17/10/2008
	Plano dos trabalhos de pesquisa	17/10/2008
	Orçamento de pesquisa	17/10/2008
	Cronograma de pesquisa	17/10/2008
	Prova de recolhimento de emolumentos	17/10/2008
	A.R.T. do plano de pesquisa	17/10/2008
	A.R.T. do memorial descritivo	17/10/2008
	A.R.T. da planta de situação/detalhe	17/10/2008
Eventos	227 - AUT PESQ/PAGAMENTO MULTA EFETUADO	18/06/2013
	225 - AUT PESQ/MULTA APLICADA PUBLICADA	12/06/2013
	224 - AUT PESQ/AUTO INFRAÇÃO MULTA PUBLICADA	09/05/2013
	318 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB	04/03/2013
	255 - AUT PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI	14/12/2012
	250 - AUT PESQ/EXIGÊNCIA PUBLICADA	06/11/2012
	795 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NEGATIVO APRESENTADO	15/12/2011
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	31/01/2011
	204 - AUT PESQ/ACORDO C/SUPERFICIARIO PROTOCOL	01/04/2010
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	28/01/2010
	209 - AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO	21/07/2009
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	29/01/2009
	323 - AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL	31/12/2008
	100 - REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO	17/10/2008

c) Processo 848549/2008

NUP:		48414.848549/2008-16				
Área (ha):		1999,89				
Tipo de requerimento:		Requerimento de Autorização de Pesquisa				
Fase atual:		Autorização de Pesquisa				
Ativo:		Sim				
Superintendência:		Gerência Regional / RN				
UF:		RN				
Unidade protocolizadora:		RIO GRANDE DO NORTE				
Data Protocolo:		16/10/2008 17:23				
Data Prioridade:		16/10/2008 17:23				
Pessoas relacionadas:	Tipo de Relação	Pessoas relacionadas:	Data de Início		Data Final	
	Titular\Requerente	Amaro Ferreira Apoluceno Neto	16/10/2008		-	
	Responsável Técnico	Espólio de José Carlos Leal Bezerra	16/10/2008		-	
Títulos:	Número	Descrição	Tipo do Título	Situação	Data de Publicação	Data de Vencimento
	18283	APU3 AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUB	Alvará de Pesquisa	Outorgado	31/12/2008	31/12/2011
Substâncias:	Nome	Tipo de uso	Data de inicio		Data final	
	Fosfato	Fertilizantes	16/10/2008		-	
Municípios:	NOME					
	PORTO DO MANGUE/RN					
Condição de propriedade do solo:	TIPO					
	Propriedade de Terceiros					

Processos Associados	Nenhum processo associado.	
Documentos do Processo	Memorial descritivo	16/10/2008
	Planta de situação da área	16/10/2008
	Plano dos trabalhos de pesquisa	16/10/2008
	Orçamento de pesquisa	16/10/2008
	Cronograma de pesquisa	16/10/2008
	Prova de recolhimento de emolumentos	16/10/2008
	A.R.T. do plano de pesquisa	16/10/2008
	A.R.T. do memorial descritivo	16/10/2008
	A.R.T. da planta de situação/detalhe	16/10/2008
Eventos	227 - AUT PESQ/PAGAMENTO MULTA EFETUADO	06/05/2013
	224 - AUT PESQ/AUTO INFRAÇÃO MULTA PUBLICADA	29/04/2013
	318 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB	04/03/2013
	255 - AUT PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI	14/12/2012
	250 - AUT PESQ/EXIGÊNCIA PUBLICADA	23/10/2012
	795 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NEGATIVO APRESENTADO	15/12/2011
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	31/01/2011
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	28/01/2010
	209 - AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO	21/07/2009
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	30/01/2009
	323 - AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL	31/12/2008
	100 - REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO	16/10/2008

d) Processo 848548/2008

NUP:		48414.848548/2008-63				
Área (ha):		1999,92				
Tipo de requerimento:		Requerimento de Autorização de Pesquisa				
Fase atual:		Autorização de Pesquisa				
Ativo:		Sim				
Superintendência:		Gerência Regional / RN				
UF:		RN				
Unidade protocolizadora:		RIO GRANDE DO NORTE				
Data Protocolo:		16/10/2008 17:18				
Data Prioridade:		16/10/2008 17:18				
Pessoas relacionadas:	Tipo de Relação	Pessoas relacionadas:	Data de Início		Data Final	
	Titular\Requerente	Amaro Ferreira Apoluceno Neto	16/10/2008		-	
	Responsável Técnico	Espólio de José Carlos Leal Bezerra	16/10/2008		-	
Títulos:	Número	Descrição	Tipo do Título	Situação	Data de Publicação	Data de Vencimento
	18282	APU3 AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUB	Alvará de Pesquisa	Outorgado	31/12/2008	31/12/2011
Substâncias:	Nome	Tipo de uso	Data de inicio		Data final	
	Fosfato	Fertilizantes	16/10/2008		-	
Municípios:	NOME					
	PORTO DO MANGUE/RN					
Condição de propriedade do solo:	TIPO					
	Propriedade de Terceiros					

Processos Associados	Nenhum processo associado.	
Documentos do Processo	Memorial descritivo	16/10/2008
	Planta de situação da área	16/10/2008
	Plano dos trabalhos de pesquisa	16/10/2008
	Orçamento de pesquisa	16/10/2008
	Cronograma de pesquisa	16/10/2008
	Prova de recolhimento de emolumentos	16/10/2008
	A.R.T. do plano de pesquisa	16/10/2008
	A.R.T. do memorial descritivo	16/10/2008
	A.R.T. da planta de situação/detalhe	16/10/2008
Eventos	227 - AUT PESQ/PAGAMENTO MULTA EFETUADO	06/05/2013
	224 - AUT PESQ/AUTO INFRAÇÃO MULTA PUBLICADA	29/04/2013
	318 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB	04/03/2013
	255 - AUT PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI	14/12/2012
	250 - AUT PESQ/EXIGÊNCIA PUBLICADA	23/10/2012
	795 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NEGATIVO APRESENTADO	15/12/2011
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	31/01/2011
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	28/01/2010
	209 - AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO	21/07/2009
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	30/01/2009
	323 - AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL	31/12/2008
	100 - REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO	16/10/2008

e) Processo 848141/2009

NUP:		48414.848141/2009-17				
Área (ha):		1966,85				
Tipo de requerimento:		Requerimento de Autorização de Pesquisa				
Fase atual:		Autorização de Pesquisa				
Ativo:		Sim				
Superintendência:		Gerência Regional / RN				
UF:		RN				
Unidade protocolizadora:		RIO GRANDE DO NORTE				
Data Protocolo:		30/07/2009 10:13				
Data Prioridade:		30/07/2009 10:13				
Pessoas relacionadas:	Tipo de Relação	Pessoas relacionadas:	Data de Início		Data Final	
	Titular\Requerente	Mosaic Fertilizantes P&k Ltda	30/07/2018		-	
	Representante Legal	Paulo de Oliveira Luz	30/07/2009			
	Responsável Técnico	Paulo de Oliveira Luz	30/07/2009			
	Titular\Requerente	Vale Fosfatados S A	15/07/2010		29/07/2018	
	Titular\Requerente	Bunge Fertilizantes S A	19/05/2010		14/07/2010	
	Titular\Requerente	Fertilizantes Ouro Verde Ltda	30/07/2009		18/08/2010	
Títulos:	Número	Descrição	Tipo do Título	Situação	Data de Publicação	Data de Vencimento
	10297	APU3 AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUB	Alvará de Pesquisa	Outorgado	08/09/2009	08/09/2012
Substâncias:	Nome	Tipo de uso	Data de início		Data final	
	Fosfato	Fertilizantes	30/07/2009		-	

Municípios:	NOME	
	PORTO DO MANGUE/RN	
Condição de propriedade do solo:	TIPO	
	Propriedade de Terceiros	
Processos Associados	Nenhum processo associado.	
Documentos do Processo	Memorial descritivo	30/07/2009
	Planta de situação da área	30/07/2009
	Plano dos trabalhos de pesquisa	30/07/2009
	Orçamento de pesquisa	30/07/2009
	Cronograma de pesquisa	30/07/2009
	Prova de recolhimento de emolumentos	30/07/2009
	A.R.T. do plano de pesquisa	30/07/2009
	A.R.T. do memorial descritivo	30/07/2009
	A.R.T. da planta de situação/detalhe	30/07/2009
Eventos	1931 - ONERAÇÃO DIREITOS - PENHORA - LIBERAÇÃO AVERBADA	30/07/2018
	1950 - TRANSF DIREITOS - INCORPORAÇÃO APROVADA	20/07/2018
	1029 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ SOBR NÃO APV ART 30 IV CM	25/04/2013
	795 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NEGATIVO APRESENTADO	04/07/2012
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	27/12/2011
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	29/12/2010
	282 - AUT PESQ/TRANSF DIREITOS -CESSÃO TOTAL EFETIVADA	22/07/2010
	281 - AUT PESQ/TRANSF DIREITOS -CESSÃO TOTAL APROVADA	15/07/2010
	249 - AUT PESQ/TRANSF DIREITOS -CESSÃO TOTAL PROTOCOLIZADA	22/06/2010
	1533 - AUT PESQ/TRANSF DIREITOS - INCORPORAÇÃO AVERBADA	20/05/2010

	1531 - AUT PESQ/TRANSF DIREITOS - INCORPORAÇÃO APROVADA	19/05/2010
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	22/12/2009
	209 - AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO	21/12/2009
	204 - AUT PESQ/ACORDO C/SUPERFICIARIO PROTOCOL	21/12/2009
	323 - AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL	08/09/2009
	100 - REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO	30/07/2009

f) Processo 848547/2008

NUP:	48414.848547/2008-19					
Área (ha):	1999,87					
Tipo de requerimento:	Requerimento de Autorização de Pesquisa					
Fase atual:	Autorização de Pesquisa					
Ativo:	Sim					
Superintendência:	Gerência Regional / RN					
UF:	RN					
Unidade protocolizadora:	RIO GRANDE DO NORTE					
Data Protocolo:	16/10/2008 17:15					
Data Prioridade:	16/10/2008 17:15					
Pessoas relacionadas:	Tipo de Relação	Pessoas relacionadas:	Data de Início		Data Final	
	Titular\Requerente	Amaro Ferreira Apoluceno Neto	16/10/2008		-	
	Responsável Técnico	Espólio de José Carlos Leal Bezerra	16/10/2008			
Títulos:	Número	Descrição	Tipo do Título	Situação	Data de Publicação	Data de Vencimento

	18281	APU3 PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUB	AUT de Pesquisa	Outorgado	31/12/2008	31/12/2011
Substâncias:	Nome	Tipo de uso	Data de início		Data final	
	Fosfato	Fertilizantes	16/10/2008		-	
Municípios:	NOME					
	PORTO DO MANGUE/RN					
Condição de propriedade do solo:	TIPO					
	Propriedade de Terceiros					
Processos Associados	Nenhum processo associado.					
Documentos do Processo	Memorial descritivo			16/10/2008		
	Planta de situação da área			16/10/2008		
	Plano dos trabalhos de pesquisa			16/10/2008		
	Orçamento de pesquisa			16/10/2008		
	Cronograma de pesquisa			16/10/2008		
	Prova de recolhimento de emolumentos			16/10/2008		
	A.R.T. do plano de pesquisa			16/10/2008		
	A.R.T. do memorial descritivo			16/10/2008		
	A.R.T. da planta de situação/detalhe			16/10/2008		
Eventos	227 - AUT PESQ/PAGAMENTO MULTA EFETUADO			06/05/2013		
	224 - AUT PESQ/AUTO INFRAÇÃO MULTA PUBLICADA			29/04/2013		
	318 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB			04/03/2013		
	255 - AUT PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI			14/12/2012		
	250 - AUT PESQ/EXIGÊNCIA PUBLICADA			23/10/2012		
	795 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NEGATIVO APRESENTADO			15/12/2011		
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO			31/01/2011		

	204 - AUT PESQ/ACORDO C/SUPERFICIARIO PROTOCOL	01/04/2010
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	28/01/2010
	209 - AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO	21/07/2009
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	30/01/2009
	323 - AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL	31/12/2008
	100 - REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO	16/10/2008

g) Processo 848546/2008

NUP:		48414.848546/2008-74				
Área (ha):		1999,92				
Tipo de requerimento:		Requerimento de Autorização de Pesquisa				
Fase atual:		Autorização de Pesquisa				
Ativo:		Sim				
Superintendência:		Gerência Regional / RN				
UF:		RN				
Unidade protocolizadora:		RIO GRANDE DO NORTE				
Data Protocolo:		16/10/2008 16:54				
Data Prioridade:		16/10/2008 16:54				
Pessoas relacionadas:	Tipo de Relação	Pessoas relacionadas:	Data de Início		Data Final	
	Titular\Requerente	Amaro Ferreira Apoluceno Neto	16/10/2008		-	
	Responsável Técnico	Espólio de José Carlos Leal Bezerra	16/10/2008			
Títulos:	Número	Descrição	Tipo do Título	Situação	Data de Publicação	Data de Vencimento

	12280	APU3 PESQ/ALVARÁ PESQUISA ANOS PUB	AUT DE 03	Alvará de Pesquisa	Outorgado	31/12/2008	31/12/2011
Substâncias:	Nome	Tipo de uso	Data de início		Data final		
	Fosfato	Fertilizantes	16/10/2008		-		
Municípios:	NOME						
	PORTO DO MANGUE/RN						
Condição de propriedade do solo:	TIPO						
	Propriedade de Terceiros						
Processos Associados	Nenhum processo associado.						
Documentos do Processo	Memorial descritivo				16/10/2008		
	Planta de situação da área				16/10/2008		
	Plano dos trabalhos de pesquisa				16/10/2008		
	Orçamento de pesquisa				16/10/2008		
	Cronograma de pesquisa				16/10/2008		
	Prova de recolhimento de emolumentos				16/10/2008		
	A.R.T. do plano de pesquisa				16/10/2008		
	A.R.T. do memorial descritivo				16/10/2008		
	A.R.T. da planta de situação/detalhe				16/10/2008		
Eventos	227 - AUT PESQ/PAGAMENTO MULTA EFETUADO				06/05/2013		
	224 - AUT PESQ/AUTO INFRAÇÃO MULTA PUBLICADA				29/04/2013		
	318 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB				04/03/2013		
	255 - AUT PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI				14/12/2012		
	250 - AUT PESQ/EXIGÊNCIA PUBLICADA				23/10/2012		
	795 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NEGATIVO APRESENTADO				15/12/2011		
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO				31/01/2011		

	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	28/01/2010
	209 - AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO	21/07/2009
	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	30/01/2009
	323 - AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL	31/12/2008
	100 - REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO	16/10/2008

h) Processo 848135/2009

NUP:	48414.848135/2009-60			
Área (ha):	1980,98			
Tipo de requerimento:	Requerimento de Autorização de Pesquisa			
Fase atual:	Autorização de Pesquisa			
Ativo:	Sim			
Superintendência:	Gerência Regional / RN			
UF:	RN			
Unidade protocolizadora:	RIO GRANDE DO NORTE			
Data Protocolo:	29/07/2009 17:40			
Data Prioridade:	29/07/2009 17:40			
Pessoas relacionadas:	Tipo de Relação	Pessoas relacionadas:	Data de Início	Data Final
	Titular\Requerente	Mosaic Fertilizantes P&k Ltda	30/07/2018	-
	Representante Legal	Paulo de Oliveira Luz	29/07/2009	
	Responsável Técnico	Paulo de Oliveira Luz	29/07/2009	
	Titular\Requerente	Vale Fosfatados S A	15/07/2010	29/07/2018
	Titular\Requerente	Bunge Fertilizantes S A	19/05/2010	14/07/2010

Títulos:	Titular\Requerente	Fertilizantes Verde Ltda	Ouro	29/07/2009		18/05/2010	
	Número	Descrição		Tipo do Título	Situação	Data de Publicação	Data de Vencimento
	10291	APU3 AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA ANOS PUB 03		Alvará de Pesquisa	Outorgado	08/09/2009	08/09/2012
Substâncias:	Nome	Tipo de uso	Data de início		Data final		
	Fosfato	Fertilizantes	29/07/2009		-		
Municípios:	NOME						
	PORTO DO MANGUE/RN						
	SERRA DO MEL/RN						
Condição de propriedade do solo:	TIPO						
	Propriedade de Terceiros						
Processos Associados	Nenhum processo associado.						
Documentos do Processo	Memorial descritivo				29/07/2009		
	Planta de situação da área				29/07/2009		
	Plano dos trabalhos de pesquisa				29/07/2009		
	Orçamento de pesquisa				29/07/2009		
	Cronograma de pesquisa				29/07/2009		
	Prova de recolhimento de emolumentos				29/07/2009		
	A.R.T. do plano de pesquisa				29/07/2009		
	A.R.T. do memorial descritivo				29/07/2009		
	A.R.T. da planta de situação/detalhe				29/07/2009		
Eventos	1951 - TRANSF DIREITOS - INCORPORAÇÃO AVERBADA				30/07/2018		
	1950 - TRANSF DIREITOS - INCORPORAÇÃO APROVADA				20/07/2018		
	318 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB				25/04/2013		

795 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NEGATIVO APRESENTADO	04/07/2012
264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	27/12/2011
264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	29/12/2010
282 - AUT PESQ/TRANSF DIREITOS -CESSÃO TOTAL EFETIVADA	22/07/2010
281 - AUT PESQ/TRANSF DIREITOS -CESSÃO TOTAL APROVADA	15/07/2010
249 - AUT PESQ/TRANSF DIREITOS -CESSÃO TOTAL PROTOCOLIZADA	22/06/2010
1533 - AUT PESQ/TRANSF DIREITOS - INCORPORAÇÃO AVERBADA	20/05/2010
1531 - AUT PESQ/TRANSF DIREITOS - INCORPORAÇÃO APROVADA	19/05/2010
264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO	22/12/2009
209 - AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO	21/12/2009
204 - AUT PESQ/ACORDO C/SUPERFICIARIO PROTOCOL	21/12/2009
323 - AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL	08/09/2009
100 - REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO	29/07/2009

5.1.8. Recursos Hídricos

Neste item serão abordadas todas as características hidrográficas e hidrogeológicas da área.

5.1.8.1. Águas superficiais

a) Contexto Regional

O Rio Grande do Norte é coberto por diversas sub-bacias classificadas de acordo com suas peculiaridades. A área do empreendimento está predominantemente inserida na Bacia 15, também chamada de Faixa Litorânea

de Escoamento Difuso. As faixas de escoamento difuso se encontram localizadas nas regiões litorâneas Norte e Leste, atuam também no processo de direcionamento das águas Continentais para o Oceano Atlântico. O fato de serem caracterizadas como faixas de escoamento, e não como bacias, é porque não apresentam áreas de drenagem delimitadas por divisores de água e cursos hidrológicos morfologicamente definidos por meio de vales, montantes e jusantes (SEMARH 2015, SILVA & TROLEIS 2019).

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (1998) ocupa uma superfície total de 5.736,4 km², o que representa aproximadamente 10,8% do território estadual, sendo constituída por quatro sub-bacias independentes, as quais são visualizadas na **Tabela 18**. Quanto aos principais rios que compõem esta bacia estão: Camurupim, Catanduva, Conchas, Cavalos, Conceição e Casceira e os riachos: Tubibau, Cabelo e Baixa Branca.

Tabela 18. Superfícies das sub-bacias independentes da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso. Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos, 1998.

Sub-bacias	Área	
	km ²	%
Sub-bacia 15-1	649,5	1,2
Sub-bacia 15-2	514,2	1,0
Sub-bacia 15-3	515,1	1,0
Sub-bacia 15-4	4.057,6	7,6
Total	5.736,4	10,8

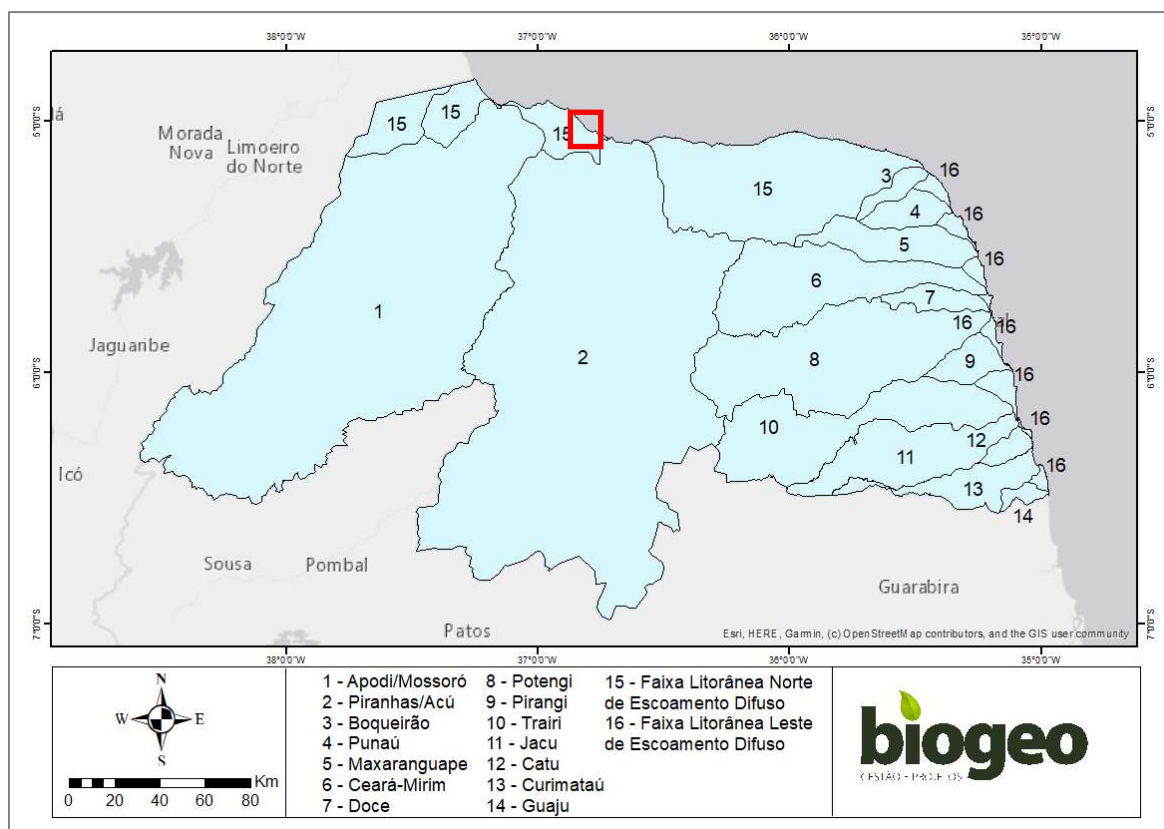


Figura 81. Mapa das Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Norte. Fonte: Biogeo, 2019.

b) Contexto Local

As águas superficiais das áreas de influência do empreendimento apresentam-se dispostas em drenagens naturais e lagos interdunares intermitentes, que dominam a faixa das áreas de influência direta e indireta do empreendimento mais próximas à zona de dinâmica costeira. Os levantamentos realizados no período de estiagem e no período chuvoso refletem as alterações nas zonas úmidas abrangidas pela área do empreendimento e suas áreas de influência.



Foto 53. Lago intermitente com presença de vegetação fixada em período de estiagem. Fonte: Biogeo, 2021.

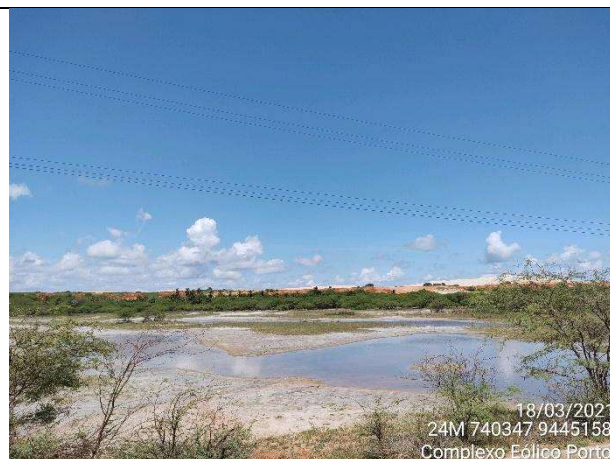


Foto 54. Lago intermitente em período chuvoso evidenciando aumento de aporte sedimentar e da vegetação. Fonte: Biogeo, 2021.



Foto 55. Visão geral dos evaporitos identificados ao longo da drenagem em período de estiagem. Fonte: Biogeo, 2021.

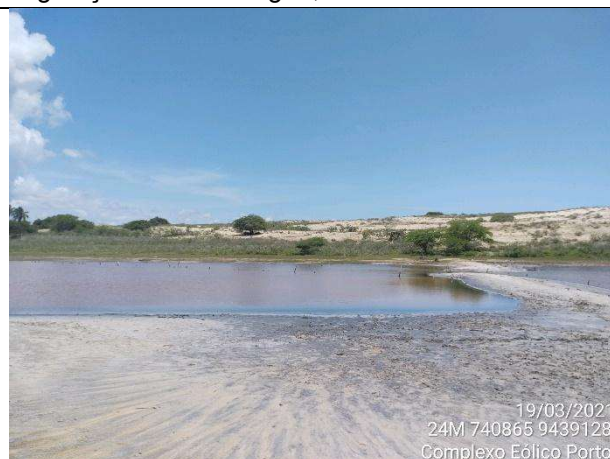


Foto 56. Visão geral dos evaporitos identificados ao longo da drenagem em período chuvoso. Fonte: Biogeo, 2021.

5.1.8.2. Hidrogeologia

O Município de Porto do Mangue está inserido no Domínio Hidrogeológico Intersticial e no Domínio Cárstico-fissural. O Domínio Intersticial é composto de rochas sedimentares do Grupo Barreiras, depósitos aluvionares e depósitos litorâneos (Dunas). O Domínio Cárstico-fissural é composto pelos calcários da Formação Jandaíra.

No que tange a qualidade das águas desses aquíferos, Mascarenhas et al. (2005), ao realizar análise da água de 22 poços tubulares em Porto do Mangue,

visualizou valores para parâmetros de Sólidos totais dissolvidos oscilando entre 107,25 a 475,00 mg/litro (> 500 mg/litro é considerada salobra), com valor médio de 263,00 mg/litro, ou seja, verifica-se a predominância de água doce em 100% dos poços amostrados.

Conforme Mapa de Unidades Aquíferas do Rio Grande do Norte elaborado pelo IGARN, podemos perceber que à área em estudo está enquadrada na Formação Barreiras, com potencial de exploração de quantidade e qualidade (Figura 82).

Diante do exposto e após reconhecimento da área em estudo, foram identificadas 03 (três) unidades aquíferas, todas de natureza granular, formadas por sedimentos, conforme assinaladas no Mapa de Aquíferos da Área (Figura 83), identificadas como Aquífero Dunas, Aquífero Aluvionar e Aquífero Barreiras.

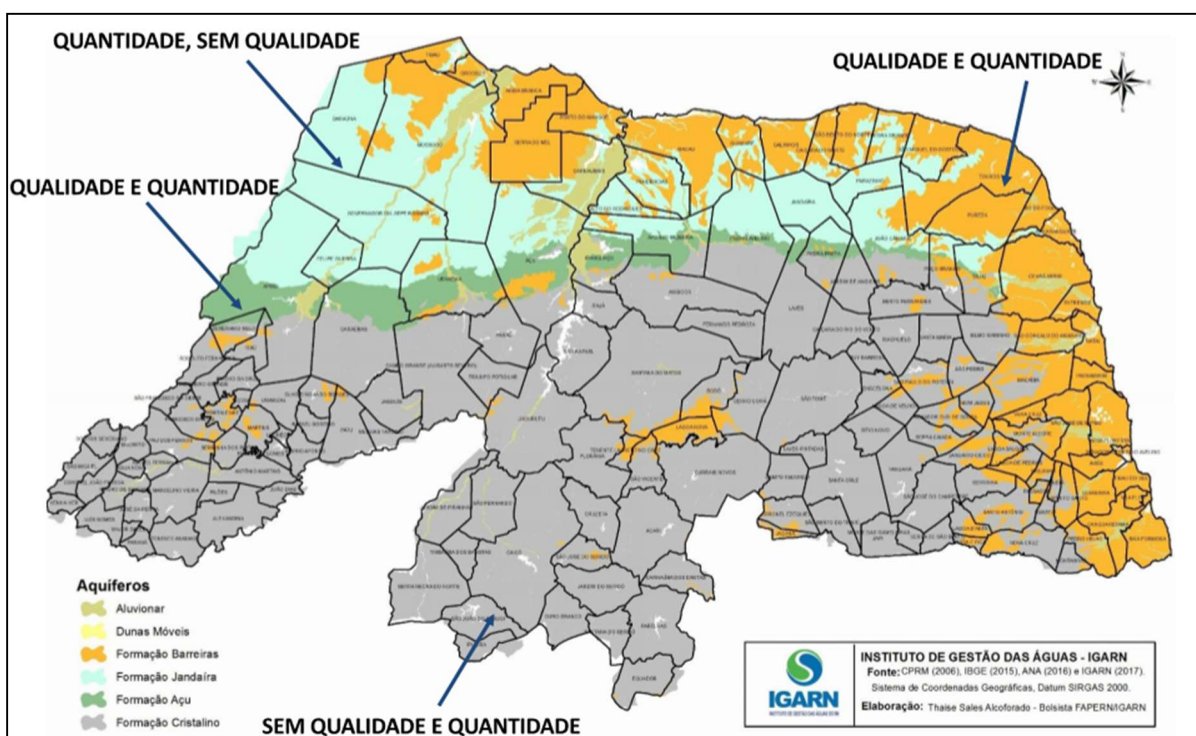


Figura 82. Mapa de Aquíferos do Estado do RN-Fonte: IGARN 2017.

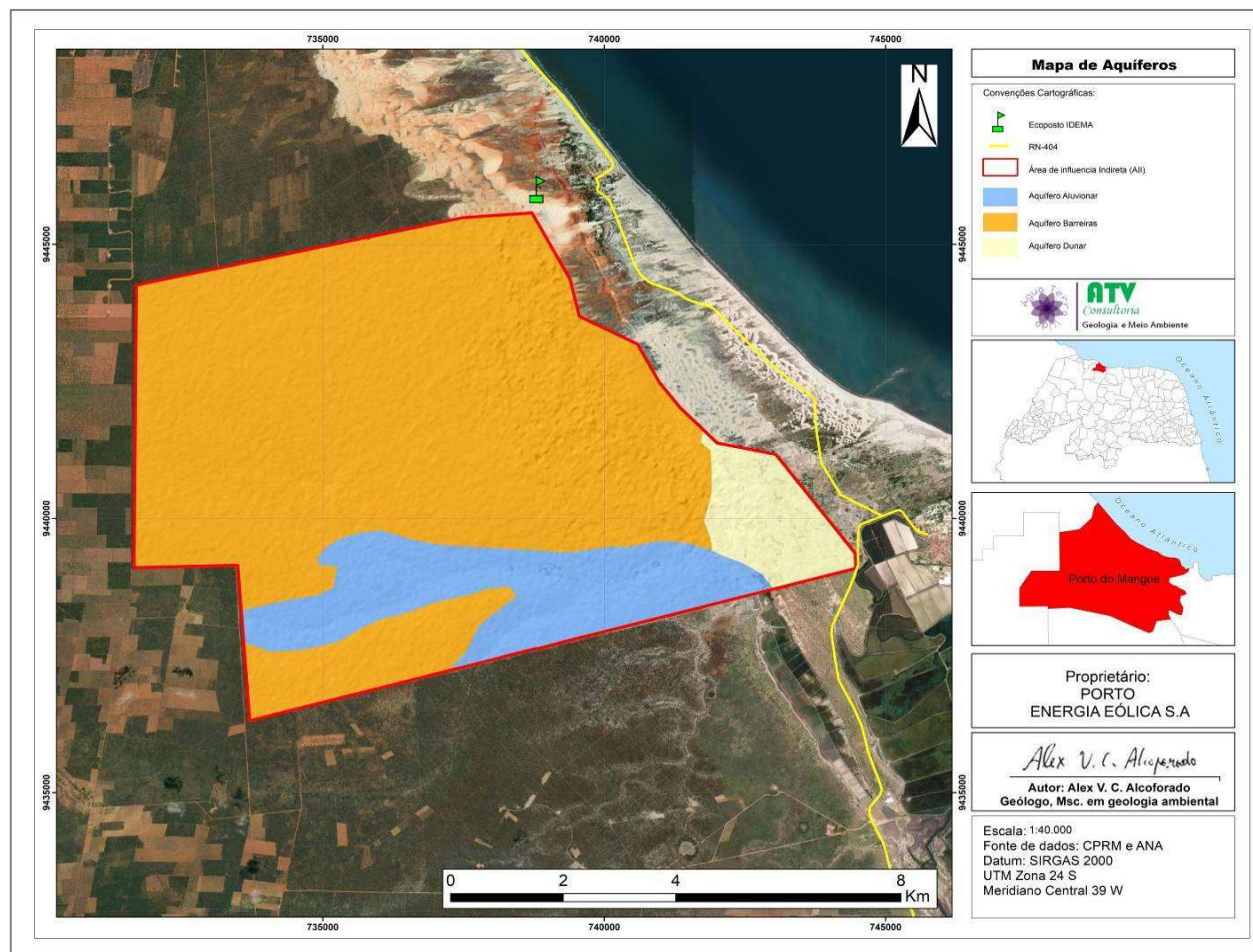


Figura 83. Mapa de Aquíferos da Área Diretamente Afetada pelo Complexo Eólico Porto.

Aquífero Dunas

Está unidade aquífera está localizada na planície costeira, ao longo do limite leste da gleba, entre a Rodovia RN-404 e o Tabuleiro Costeiro, estando presente na área de estudo apenas em uma pequena porção na Região Sudeste (**Foto 56**).

Trata-se de um aquífero livre, de idade Quaternária, formado por sedimentos terrígenos siliciclásticos de transporte eólico, que não sofreu processos diagenéticos, nem tectônicos, que lhe formem estrutura. Está presente nas Dunas, tem natureza granular, geometria tabular e litologia arenosa, de elevada permeabilidade, é formado principalmente por contribuições de precipitações pluviométricas.

Este aquífero é utilizado para abastecimento da Cidade de Porto do Mangue, devido às melhores características químicas da água. Sua espessura, de acordo com a bateria de poços da Companhia de Abastecimento Público, tem aproximadamente 7,00 metros e nível estático em torno de 3,00 metros de profundidade, variando de acordo com as ondulações do relevo (**Fotos 57 e 58**). Apesar da elevada vazão específica, o aquífero tem um pequeno potencial exploratório, devido sua pequena espessura.

Esta unidade aquífera tem como recarga direta as precipitações pluviométricas e o fluxo proveniente das Dunas existentes sobre a Formação Barreiras, como também, a recarga indireta através da descarga hidráulica do fluxo subterrâneo do aquífero da Formação Barreiras. Sua descarga ocorre para o Oceano Atlântico, apenas em grandes períodos de chuva, com fluxo preferencial na direção Leste, com gradiente suave entre as curvas potenciométricas de 5,00 a 1,00 metros (**Figura 84**).

Foi coletada a amostra da água destes poços para realização de análise físico-química e bacteriológica, que apresentou potabilidade para todos os parâmetros, com exceção da presença de coliformes totais (**Figura 85**). A presença de coliformes totais pode estar relacionada com a falta do isolamento da área, presença de animais bovinos e elevada permeabilidade da formação (**Foto 59**). As águas ainda não foram oficialmente classificadas de acordo com

a Resolução do CONAMA Nº 396/2008, porém estaria inserida na Classe 1, caso não houvesse a ocorrência da contaminação citada.

Foram localizados também nesta região alguns pontos de afloramento do aquífero nas lagoas interdunares (**Foto 60**) e poços amazonas desativados (**Fotos 61 e 62**).



Foto 57. Poço Nº 05 – Abastecimento Porto Mangue.



Foto 58. Poço Nº 08 – Abastecimento Porto Mangue.



Foto 59. Presença animais bovinos na bateria poços.



Foto 60. Afloramento lençol freático.



Foto 61. Poço amazonas desativado.



Foto 62. Poço amazonas desativado.

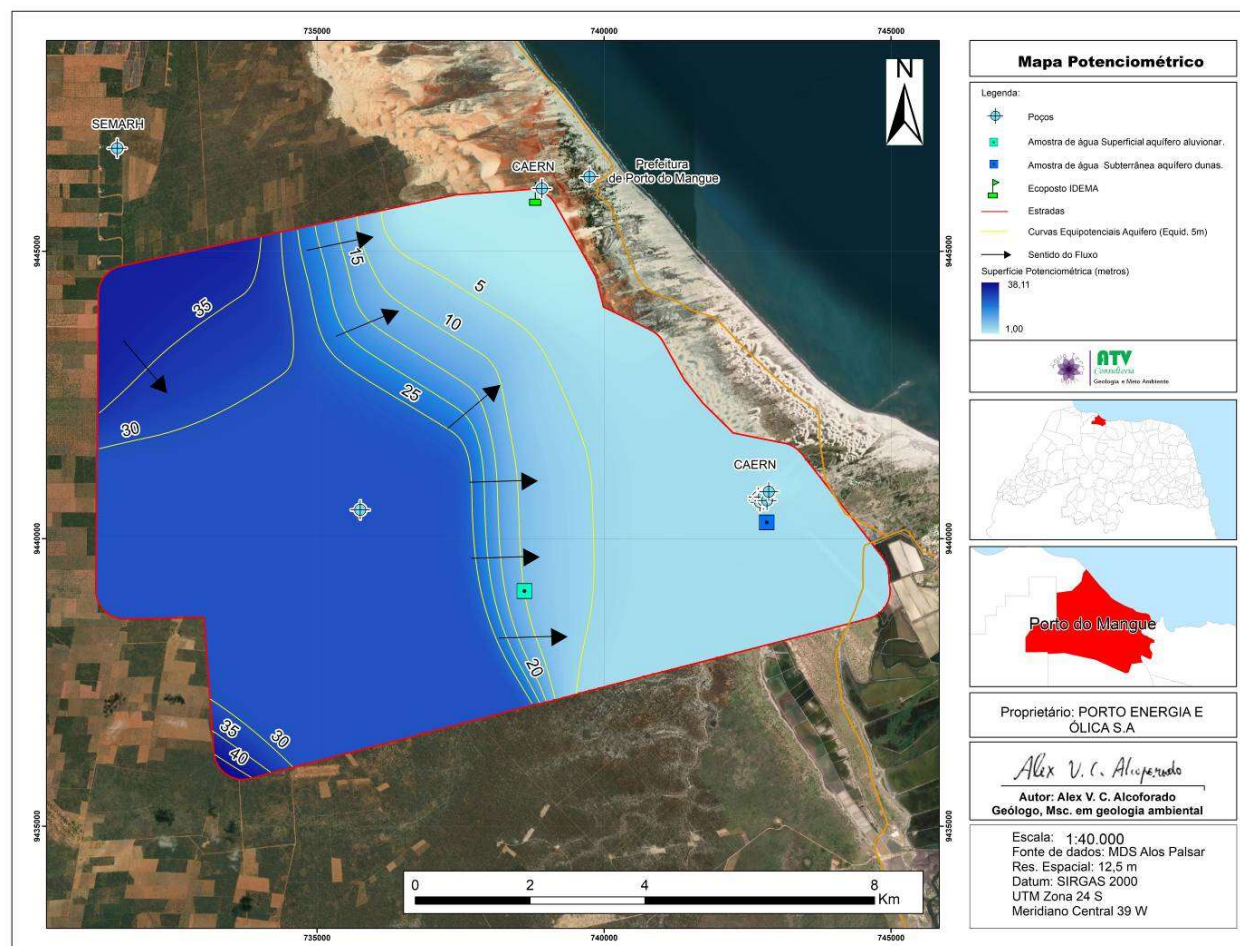


Figura 84. Mapa Potenciométrico com localização dos pontos de amostragem das águas.

			
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA			
CERTIFICADO N° 1103/2021			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Porto Energia Eólica S.A.		Município: Porto do Mangue - RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Água Subterrânea	Data de entrada: 18/03/2021	Coleta: O Cliente	
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. ⁽¹⁾	Água Subterrânea
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH ⁽²⁾	0,10	15,00	13,00
Turbidez, UT ⁽³⁾	0,10	5,00	< 0,10
pH	0,10	6,00 à 9,50	8,12
Sólidos Suspensos, mg/l	0,10	N.D	< 0,10
Sólidos Totais Dissolvidos, mg/l	0,70	1.000,00	324,00
Sólidos Totais, mg/l	0,70	N.D	324,00
Condutividade Elétrica, µs/cm a 25°C	1,00	N.D	466,00
Alcalinidade Total, mg/l CaCO ₃	1,00	N.D	144,90
Alcalinidade a Hidróxido, mg/l	1,00	N.D	< 1,00
Alcalinidade Carbonato, mg/l CaCO ₃	1,00	N.D	21,00
Alcalinidade Bicarbonato, mg/l CaCO ₃	1,00	N.D	123,90
Dureza Total, mg/l	1,00	500,00	110,00
Amônia, mg/l NH ₃	0,09	1,50	0,46
Nitrito, mg/l de N	0,01	1,00	< 0,01
Nitrato, mg/l de N	0,02	10,00	0,21
Cálcio, mg/l de Ca ⁺	0,01	N.D	39,98
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	2,89
Sódio, mg/l Na ⁺	1,00	200,00	40,58
Potássio, mg/l K ⁺	0,23	N.D	25,51
Ferro, mg/l Fe ⁺⁺	0,01	0,30	< 0,01
Carbonato, mg/l CO ₃	1,00	N.D	12,60
Bicarbonato, mg/l HCO ₃	1,00	N.D	151,16
Sulfato, mg/l SO ₄	0,05	250,00	9,56
Cloreto, mg/l Cl ⁻	0,49	250,00	54,99
MICROBIOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes, NMP 100mL	-	AUSENTE	Ausente
Coliformes Totais, NMP 100mL	-	AUSENTE	Presente
(1) Valores máximos permitidos, conforme Portaria de Consolidação PRC N°5/2017 MS. (2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L) (3) Unidade de Turbidez N.D –Limite não definido pela legislação em vigor			
LAUDO TÉCNICO: A amostra analisadas não se encontra de acordo com a Portaria citada para os ensaios de Coliformes Totais.			
 Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira CRBio -5 N°11.157 Resp° Técnica			
CNPJ: 09.604.264/0001-29 Av. Ayrton Senna, 389 Mandacaru Mall Sala 23 CEP: 59080-100 Capim Macio Natal/ RN Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br			

Figura 85. Análise de água subterrânea.

Aquífero Aluvionar

O Aquífero aluvionar, situado próximo a localidade de Canto da Lagoa (**Foto 63**), ao longo da drenagem superficial, é um aquífero intersticial, livre, de baixa profundidade, de forma tabular, de litologia arenosa e idade Quaternária, formado por sedimentos terrígenos siliciclásticos de transporte fluvial, sem estruturas pois não sofreu processos diagenéticos, nem tectônicos. Não tem interconexão com os outros aquíferos, sua recarga ocorre em raros eventos de precipitação. Em razão da alta evaporação, a água concentra uma quantidade enorme de sais totais dissolvidos, que a torna inapropriada para qualquer uso. Seu potencial exploratório é baixo, devido à pequena espessura. As águas ainda não foram oficialmente classificadas de acordo com a Resolução do CONAMA Nº 396/2008, porém estaria inserida na Classe 5, de acordo com o resultado da análise físico-química (**Figura 86**).

Foram localizados na área alguns afloramentos deste aquífero (**Foto 64**), como também um pequeno barreiro, que se encontra sem represamento de água devido a parede estar danificada (**Foto 65**).



Foto 63. Área de ocorrência do Aquífero Aluvionar.



Foto 64. Afloramento Aquífero Aluvionar.



Foto 65. Barreiro danificado.



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA
CERTIFICADO N°1104/2021

DADOS DO CLIENTE

Solicitante: Porto Energia Eólica S.A.

Município: Porto do Mangue - RN

DADOS DA AMOSTRA

Origem: Água Superficial

Data de entrada: 18/03/2021

Coleta: O Cliente

RESULTADOS ENCONTRADOS

PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. ⁽¹⁾	Água Superficial
FÍSICO-QUÍMICA			
Sólidos Totais Dissolvidos, mg/l	0,70	N.D	130.340,00
Condutividade Elétrica, µs/cm a 25°C	1,00	N.D	186.200,00

(I) Valores máximos permitidos, conforme Resolução CONAMA Nº357/2005, Artigo 18.
N.D –Limite não definido pela legislação em vigor


Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira
CRBio -5 N°11.157
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

Figura 86. Análise de água superficial.

Aquífero Barreiras

O Aquífero Barreiras está localizado de acordo com o Mapa de Aquíferos (**Figura 87**) nas cotas topográficas superiores a 30,00 metros e abrange mais de 70% da ADA. É um aquífero intersticial de natureza sedimentar, geometria tabular e litologia arenítica e argilítica, de deposição ocorrida em ambiente fluvial entrelaçado. A profundidade do nível d'água varia em função da topografia, com nível estático variando entre as curvas potenciométricas de 5,00 e 38,00 metros. Toda sua superfície atua como área de recarga, recebendo também contribuição direta do Aquífero Dunas, apenas na região próxima ao litoral, onde é recoberto por estas formas eólicas. A direção de fluxo predominantemente segue para Leste. Sua espessura de acordo com os perfis dos poços observados da região varia de 40,00 a 60,00 metros de profundidade. Suas propriedades hidrodinâmicas são anisotrópicas, com transmissividade elevada e alto potencial exploratório.

Conforme análise da água do poço localizado próximo a Agrovila Ponta do Rosado e Ecoposto do IDEMA, o aquífero apresenta um alto teor de nitrato, possivelmente relacionado a aplicação de fertilizantes ou as falhas geológicas do campo de petróleo da Bacia, que altera os valores de background natural.

As águas ainda não foram oficialmente classificadas de acordo com a Resolução do CONAMA Nº 396/2008, porém estaria inserida na Classe 1, caso não houvesse a ocorrência da contaminação de nitrato.

Possibilidades de Exploração

De acordo com o que foi visto, existem apenas duas alternativas de abastecimento de água para o empreendimento. A primeira, mais viável, seria a perfuração de poço tubular no Aquífero Barreiras, com profundidade média de 100,00 metros, diâmetro de 6" e vazão aproximada de 30,00 m³/hora, nas cotas elevadas do tabuleiro costeiro. Em razão da grande probabilidade de ser encontrado um alto teor de nitrato, a água poderia ser utilizada para diversos fins,

exceto para consumo humano, que necessitaria de tratamento com dessalinização.

A segunda opção seria uma bateria de poços, de pequena profundidade, em torno de 10,00 metros, com diâmetro de 6" e vazão na ordem de 2,00 m³/hora, localizados no Aquífero Dunas. A quantidade de poços irá depender da demanda requerida. A viabilidade deste sistema, teria que ser melhor avaliada em função dos parâmetros hidrodinâmicos, que não estão disponíveis no momento e demandaria a execução de piezômetros e ensaios de bombeamento para sua definição.

5.1.9. Cavidades

Uma cavidade trata-se de qualquer espaço vazio em um corpo sólido. Para o CPRM uma cavidade pode ter diversas classificações de acordo com sua geometria e tamanho podendo ser chamada de caverna, abrigo, toca, gruta ou lapa, fosso e abismo.

É mais comum encontrar esse tipo de feição em regiões de rochas carbonáticas, no entanto, podem ocorrer também em sedimentos da Formação Barreiras e servem em ambos os ambientes principalmente como abrigo para animais como morcegos e pequenos roedores.

No limite das áreas de influência do empreendimento não tem registro de qualquer cavidade no Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) como pode ser visto no mapa de ocorrência de cavernas no Rio Grande do Norte (**Figura 88**).

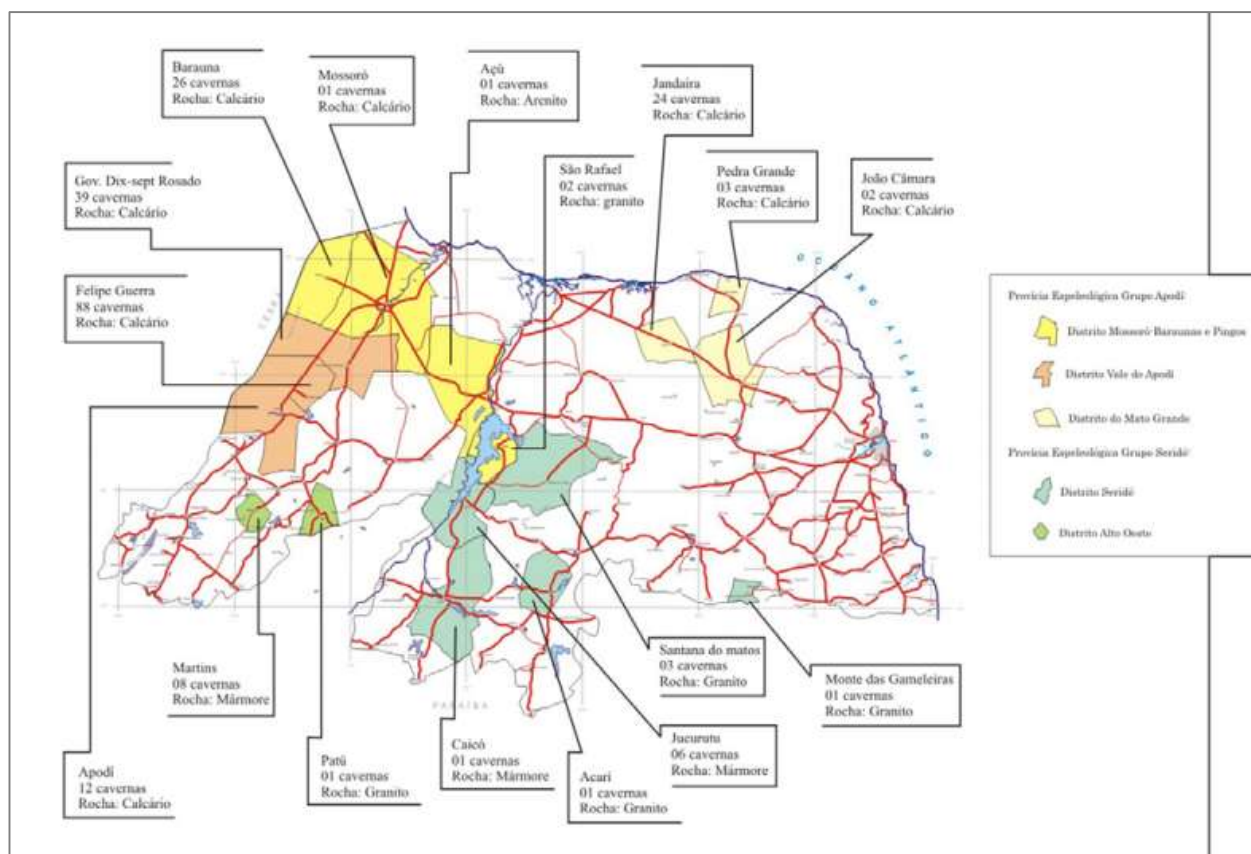


Figura 87. Mapa de ocorrência de caverna por município do RN. Fonte: Adaptado do diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte.

As cavernas mais próximas da área do empreendimento encontram-se em um raio de 18 km da mesma como pode ser visualizado no mapa a seguir (**Figura 89**). A área de estudo está classificada em zonas com potencial médio, baixo e improvável para ocorrência de cavernas, não sendo reconhecida através do campo nenhuma estrutura que elevasse esse potencial.

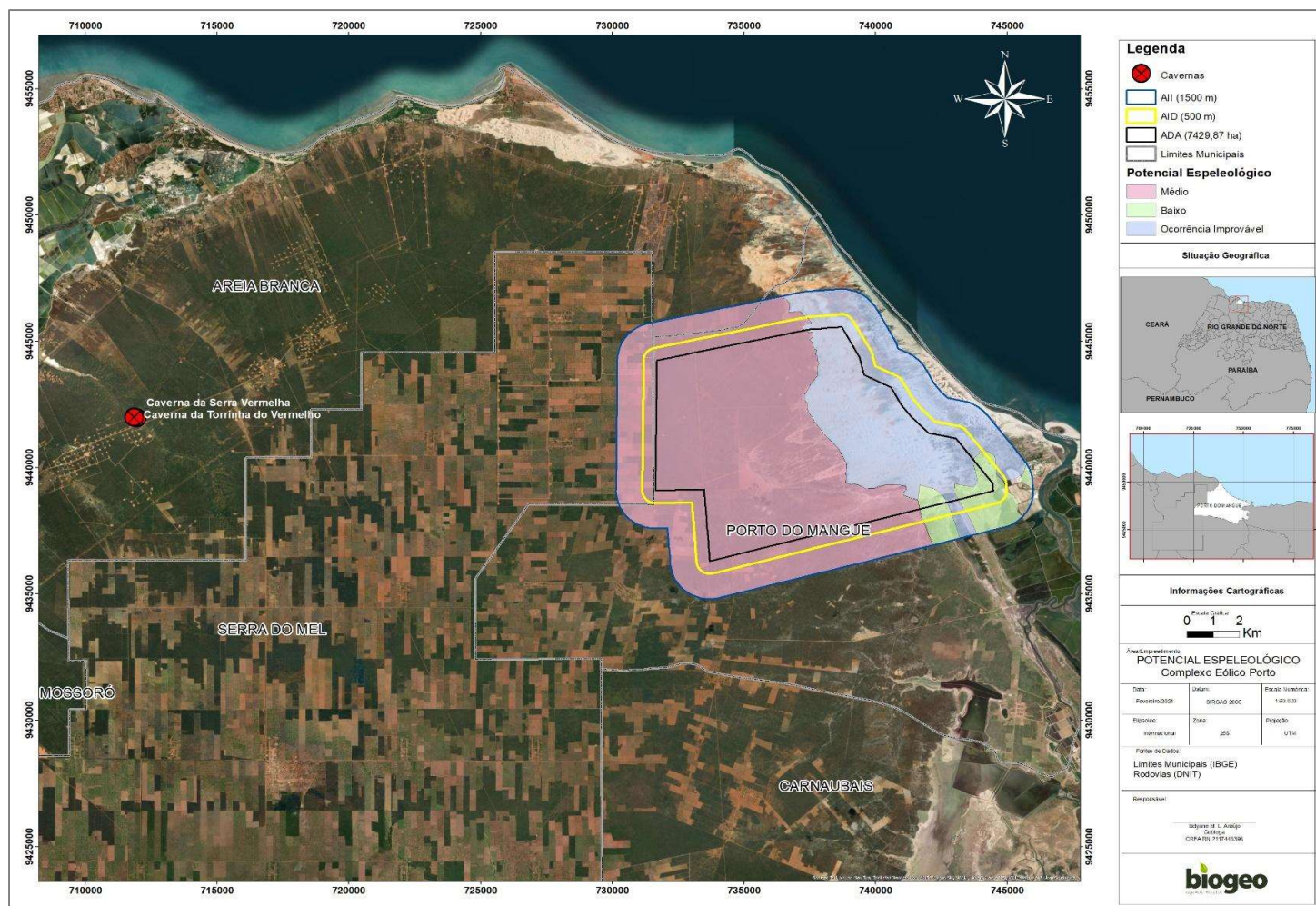


Figura 88. Mapa do Potencial de abertura de cavidades da área do Complexo Eólico Porto. Fonte: Biogeo, 2021.

5.1.10. Sismicidade

As principais áreas sísmicas na região nordeste do Brasil são a borda da bacia potiguar (Rio Grande do Norte e leste do Ceará), o noroeste do Ceará e o entorno do lineamento Pernambuco (FERREIRA et al., 2013). Esta sismicidade, por ser do tipo intraplaca, não pode ser comparada a de regiões de borda de placa como a Califórnia ou os Andes, por exemplo. No entanto, apesar de ser menos frequente, os danos podem ser relativamente consideráveis, devido as características da crosta, região continental estável apresenta baixa atenuação da litosfera (CÂNDIDO JR., 2009). Segundo (SEEBER E ARMBRUSTER, 1988) sismo intraplaca pode ser tão destrutivo, quanto os sismos de borda de placa, com a mesma magnitude e profundidade.

As primeiras informações sobre a sismicidade, na borda da bacia potiguar relacionam-se a um sismo que ocorreu na área de Açú-RN, segundo (BERROCAL et al., 1984). LIMA NETO (2013) cita que nos últimos 40 anos sismos de magnitude acima de 2.0 m_b (magnitude de onda de corpo), ocorrem com muita frequência na região nordeste do Brasil, geralmente na forma de sequências sísmicas, que podem durar meses ou até anos. Eventos sísmicos podem atingir magnitudes de até 5.2 m_b , como os que ocorreram em Cascavel-CE (1980, 5.2 m_b) e João Câmara/RN (1986, 5,1 m_b ; 1989, 5.0 m_b), todos com intensidade VII na escala Mercalli Modificada (MM), que causaram sérios danos em edificações e pânico e fuga da população (FERREIRA E ASSUMPÇÃO, 1983; FERREIRA et al., 1998). Na figura 2, é mostrada a atividade sísmica no nordeste do Brasil, no período de 2001 a 2010, tendo ocorrido tremores de magnitude igual ou acima de 4.0 m_b , em várias áreas epicentrais (Litoral de Touros/RN, 2006, 4.3 M_b ; São Caetano/PE, 2006, 4.0 m_b ; Sobral/CE, 2008, 4.2 m_b ; Taipu/RN, 2010, 4.3 m_b). No recôncavo baiano ocorreram eventos, embora de menor magnitude, além de outros tremores no interior da Bahia, em Alagoas e em Sergipe (FERREIRA et al., 2009) (**Figura 89**).

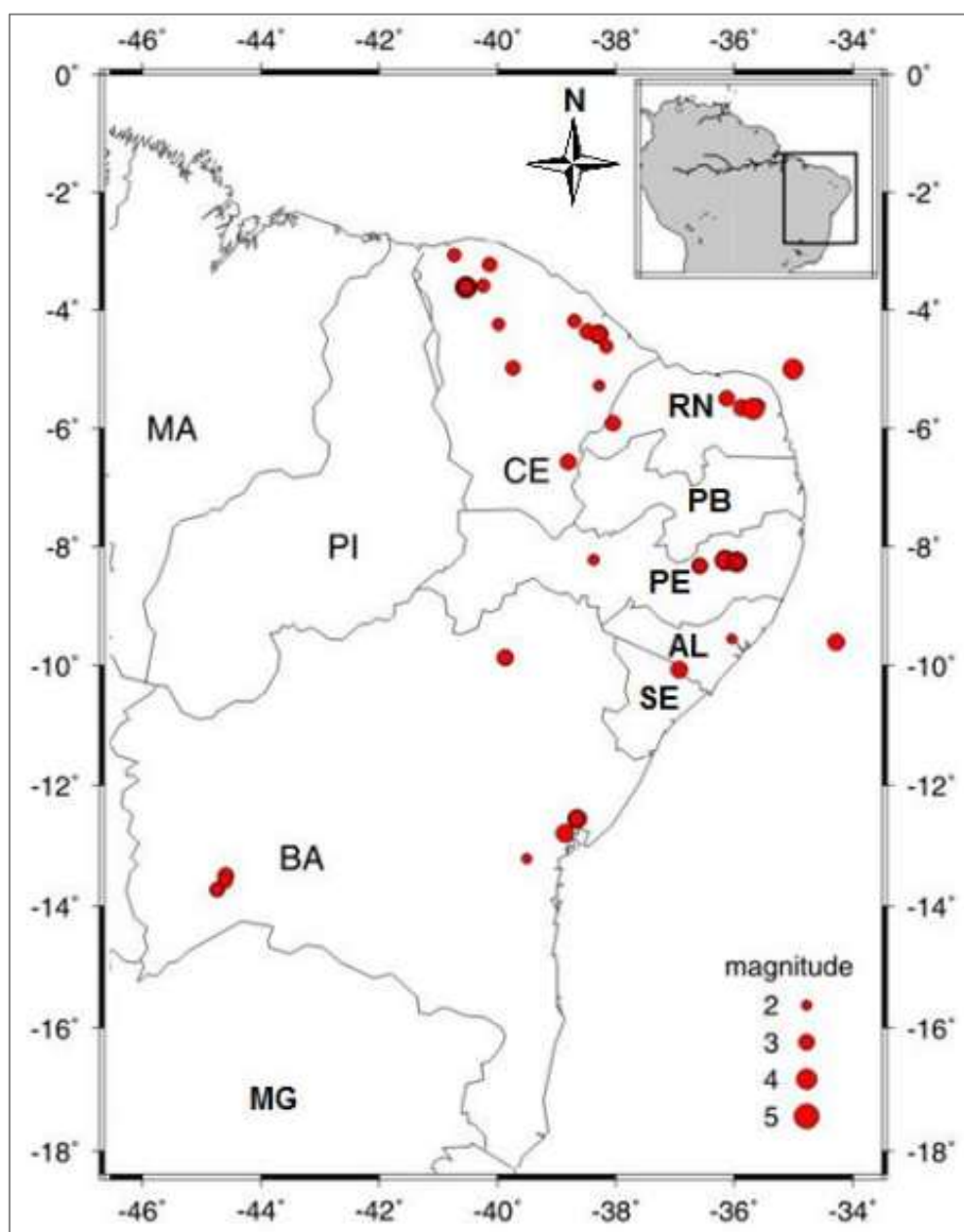


Figura 89. Distribuição dos sismos no nordeste do Brasil no período de 2001 a 2010. Fonte: Adaptado de BolSisBr (IAG, UFRN, UnB, IPT, UNESP).

Na região de interesse, situada em Porto do Mangue/RN, não existe registros de epicentros no local.

5.1.11. Medição dos Níveis de Pressão Sonora (Ruídos)

O Complexo Eólico Porto está localizado no município de Porto do Mangue, Rio Grande do Norte, próximo à entrada do centro habitacional do município, sendo margeado por rodovias.

Este relatório objetiva a caracterização de um valor de *background* para a região antes da instalação do empreendimento.

O ruído é caracterizado como um conjunto de sons indesejáveis ou que provoquem uma sensação desagradável (PINTO, 2000). NOCETI FILHO (2002) considera como ruídos quaisquer sinais que têm a capacidade de reduzir a inteligibilidade de uma informação de som, imagem ou dados. Entretanto os sons são polissêmicos, ou seja, possuem significados diferentes para pessoas diferentes. Muitas vezes um som pode ser considerado agradável para um indivíduo e ruído para outro (SANTOS, 2004).

O ruído pode causar danos à saúde dependendo de sua intensidade e tempo de duração. As alterações podem ser auditivas ou extras auditivas. Os efeitos auditivos da exposição a níveis de pressão sonora elevada são a Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), a Alteração Temporária de Limiares Auditivos e o Trauma Acústico. Geralmente essas alterações vêm acompanhadas de zumbido (SOUSA, 2002).

Os efeitos extras auditivos dos ruídos podem se manifestar através de alterações no sistema cardiovascular, hipertensão, alterações endócrinas, alterações do sono, desordens físicas, dificuldades mentais e emocionais como a irritabilidade, fadiga, estresse e conflitos sociais, tanto no ambiente de trabalho como em casa (SOUSA, 2002).

Diante do contexto de alteração do meio que será ocasionado pela instalação do Complexo Eólico Porto, se fez necessário medir e avaliar os níveis de ruídos na área onde o mesmo será implantado e áreas circunvizinhas, considerando as áreas de Influência Direta e Indireta, num raio de 500m e 1500m respectivamente.

5.1.11.1. Metodologia

Para alcançar os resultados desta avaliação, foi efetuada uma atividade de campo à área de instalação do Complexo, com coleta de dados em pontos distribuídos e espaçados ao longo da área, com coletas em zonas habitadas e não habitadas pertencentes à ADA, AID e AII. A coleta foi realizada no período diurno das 08h00min às 17h00min e no período noturno das 19h00 às 21h00, por meio de um decibelímetro, cujas características são visualizadas na **Tabela 19**.

As medidas foram obtidas através do uso de decibelímetro acoplado à tripé para manter a altura estável, tendo seus valores associados à uma coordenada geográfica obtida através de GPS. O valor final, apresentado na Tabela 5.15, foi calculado com base na média das medidas realizadas, onde em cada ponto foi realizado uma exposição do aparelho por 10 minutos, marcando as medições a cada minuto. O valor pontual, em dbA foi obtido através das médias destes valores.

Abaixo encontram-se as características do equipamento.

Tabela 19. Características do Decibelímetro empregado nas medições.

Modelo	Digital DL-4100
Tipo	Digital (Medidor de Nível Sonoro)
Número de série	D41000829
Resolução	0,1dB.

As medições efetuadas no local observaram os seguintes critérios:

- Altura do microfone: 1,20 - 1,50 m (do piso);
- Certificar-se de que o medidor de nível sonoro (MNS) esteja calibrado de acordo com as recomendações do fabricante;
- Distância mínima de paredes: 1,0 m; e

- Ausência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza (por exemplo: trovões, chuvas fortes etc.).



Aliado ao Decibelímetro, foi utilizado o GPS de navegação da marca Garmin76CSx (**Foto 70**), para verificar as coordenadas geográficas no local onde foram coletados os decibéis, cujos pontos foram plotados sobre imagem de satélite, com o intuito de localizar a variável em análise.



Foto 70. GPS Garmin Etrex 10. Imagem ilustrativa.

Posteriormente, houve a avaliação dos valores medidos em campo, tendo como parâmetro para comparação os níveis de critério de avaliação para ambientes externos em dB(A), podendo ser visualizado na **Tabela 20**, que estabelece limites de decibéis permitidos para o período diurno e noturno, descritos na Norma Brasileira 10.151/2019.

Tabela 20. Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.

TIPOS DE ÁREAS HABITADAS	RL _{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	DIURNO	NOTURNO
Áreas de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativas	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT, NBR 10.151, 2019.

5.1.11.2. Resultados

A localização dos pontos coletados na área de instalação do Complexo e áreas de influência encontra-se na tabela abaixo. Nesta tabela também é possível observar o valor medido em decibéis para cada ponto e o período de coleta.

Tabela 21. Valores obtidos pelas medições *in loco*.

Ponto	Coordenadas Geográficas		Valores Registrados dB(A)
	X	Y	
1	737110	9446905	68,7
2	737165	9437443	57,35
3	735546	9439067	45,1
4	736393	9442913	36,35
5	732167	9441516	39,5
6	742713	9437916	36,65
7	741506	9438608	54,75
8	741506	9438608	44,65
9	742717	9440641	39,75
10	740206	9443905	39,2
11	732210	9439082	39
12	733361	9441352	34,4
13	736112	9445423	39,75
14	737717	9444025	41,55
15	733158	9444217	39,05
16	743496	9438536	34,8
17	743496	9438536	40,5
18	740333	9439108	39,95
19	744455	9439432	40,55
20	743060	9438649	40,15
21	740467	9438636	34,45
22	740119	9445768	40,75
23	739265	9446068	39,85
24	738747	9439488	38,4
25	737535	9439183	34,3

Verificando os níveis medidos em campo com a tabela normatizada pela ABNT (**Tabela 21**), observamos que as aferições não ultrapassaram o limite máximo permitido na NBR 10.151/2019, que é de 70 dB (A) para o período diurno e 60 dB(A) para o período noturno.

A interpolação dos valores para zoneamento geral da área gerou a **Figura 90**. Os valores refletem características de transição entre áreas estritamente residenciais e áreas Mistas com predomínio residencial. Os maiores índices registrados estão associados aos pontos de proximidade com a principal rodovia de acesso ao centro habitacional urbano do município de Porto do Mangue e comunidades nas proximidades, o que reflete bem a realidade observada em campo.

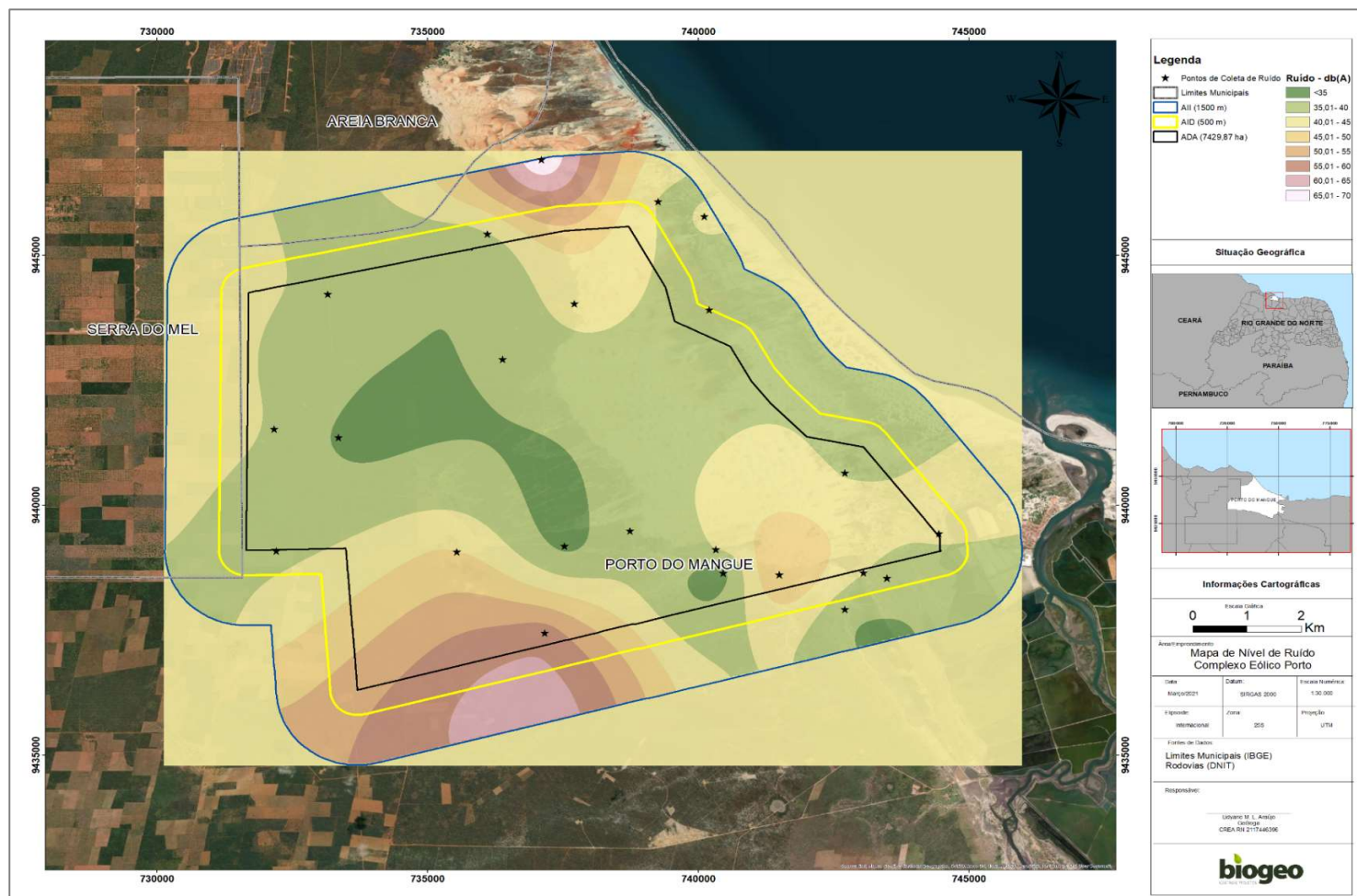


Figura 90. Mapa de Níveis de Ruído ao longo da área do Complexo Eólico Porto. Fonte: Biogeo, 2021.

5.1.12. Nível de Dispersão de Luminosidade (horizonte luminoso)

A poluição luminosa é definida como a luz externa mal direcionada que não é devidamente aproveitada, pode causar interferências no ambiente, especialmente para a fauna e saúde humana.

De acordo com o Laboratório Nacional de Astrofísica, a **poluição luminosa** pode ser definida como a iluminação artificial utilizada de modo excessivo e inapropriado ao seu objetivo. Os efeitos dessa desse tipo de poluição afeta áreas onde a presença da luz artificial não é útil e ultrapassa os níveis de intensidade adequados (BUENO, 2005). Já o Decreto de Proteção da Atmosfera define a poluição luminosa como aquela iluminação artificial que irradia além das áreas destinadas e principalmente se essa irradiação ultrapassa a linha do horizonte (ANCILOTTO, 2003).

A avaliação da dispersão de luminosidade ou horizonte luminoso em um ambiente é importante para considerar a intensidade e os impactos gerados pelo aumento excessivo de iluminação artificial em determinada área.

De acordo com Coelho (2005) as zonas de controle ambiental para iluminação subdividem-se em 4, são elas:

- Urbana: apresenta altos níveis de iluminação, geralmente concentradas em zonas urbanas que apresentam altos níveis de pavimentação, adensamento de construções e paisagens antropizadas num geral.
- Periurbana: zona com níveis intermediários de iluminação, parcialmente antropizadas, porém com baixo a médio adensamento de construções e vias de acesso não asfaltadas.
- Rural: baixos níveis de iluminação presentes em áreas rurais residenciais, contendo paisagens rurais e baixa ocupação.
- Natural: zonas potencialmente escuras onde existem reservas naturais de vegetação, unidades de conservação e não sofrem influência da ação antrópica.

A avaliação geral do impacto causado pelo horizonte luminoso nas áreas de influência do empreendimento leva em consideração o potencial de uso de iluminação presente e o percentual de cobertura do solo classificada em cada faixa, com a finalidade de considerar um prognóstico geral da influência do empreendimento e seu real impacto na alteração das condições naturais.

A área diretamente afetada pelo Complexo está demarcada como uma zona estritamente Natural, quase 100% contemplada por zonas potencialmente escuras (área vegetada) e/ou que não sofrem influência antrópica (dunas). As adjacências da área por onde perpassa o projeto técnico incluem, no entanto, algumas zonas antropizadas com baixo potencial iluminador considera como rural.

Nas áreas de influência direta e indireta destaca-se a presença do centro urbano de Porto do Mangue e suas principais vias de acesso pavimentadas, como exemplo da RN-404 principal conexão entre o município e as demais sedes do entorno. Neste caso, a área urbana central ocupa um percentual equivalente a 0,41 % da área de influência indireta do empreendimento.

Considerando que o Projeto básico do empreendimento considera uma ocupação de 3,89% da Área Diretamente Afetada a influência pontual de vias de acesso não pavimentadas e instalação de aerogeradores não altera significativamente a interferência de iluminação geral do setor afetado.

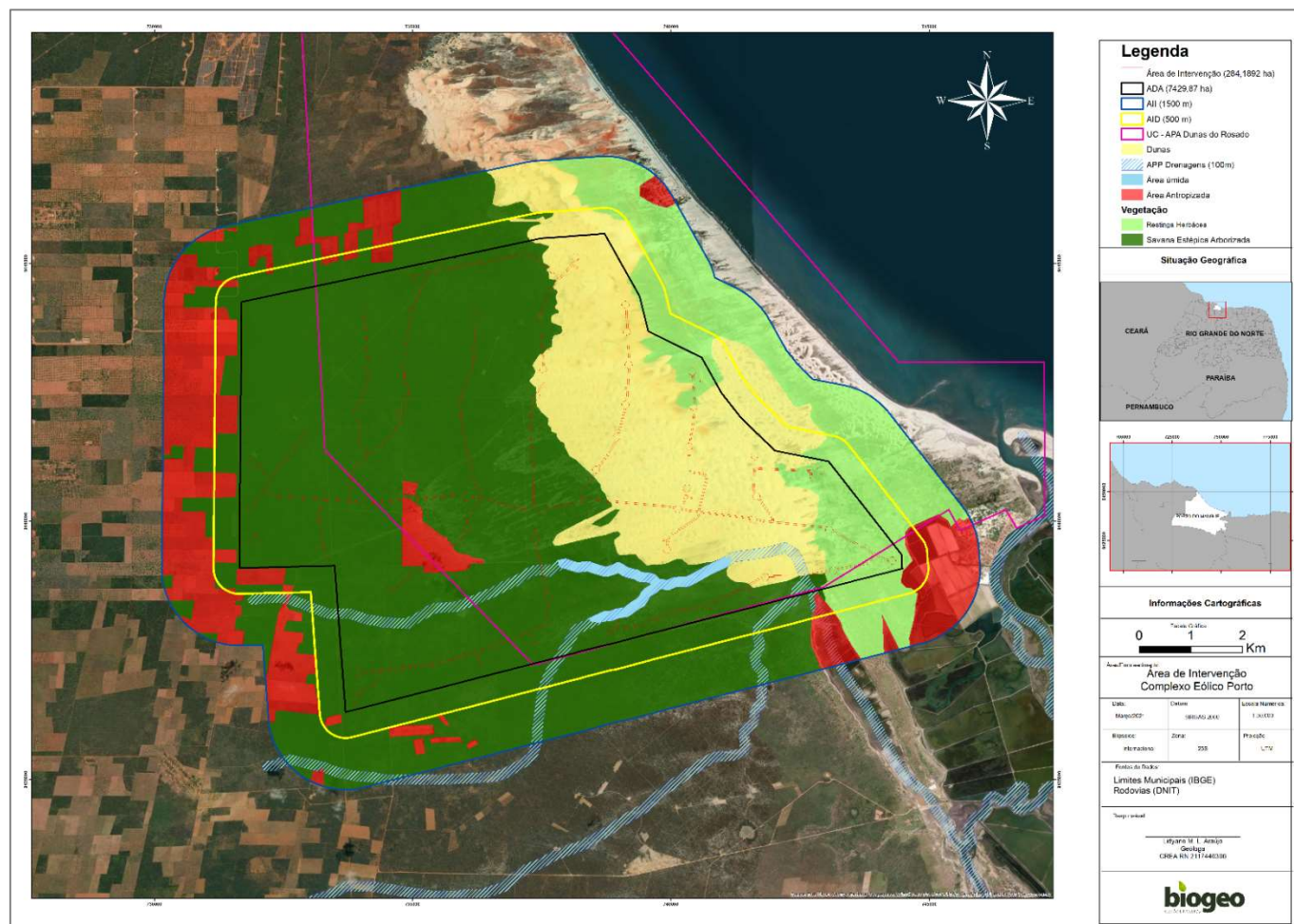


Figura 91. Mapa da área de intervenção do projeto.