

#### 4.1.4. Geologia e Geotecnia

##### 4.1.4.1. Metodologia

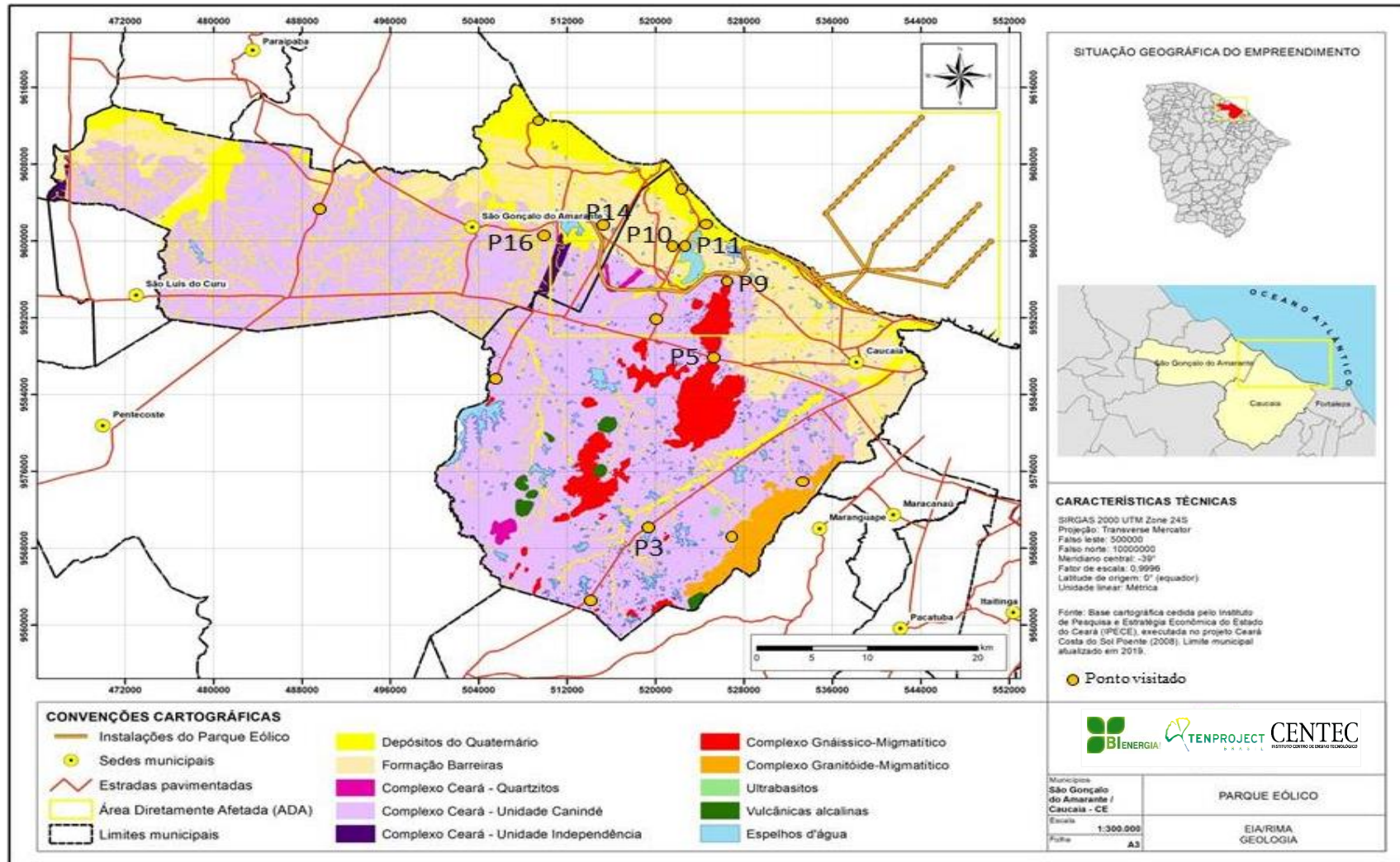
A contextualização sobre o reconhecimento regional de pesquisas desenvolvidas no Estado do Ceará foi embasada nos trabalhos Arthaud *et. al.*, (2008); CPRM (2003), Silva Filho *et. al* (2009), Mesquita & Silva Filho (2016), Holanda (2008), Monteiro (2014), Souza, (2005), Aguiar (2014), Meireles (2005), Soares (2008), Brandão (2014), etc. E, para o levantamento das características do Município de Caucaia e SGA foram estudados os trabalhos de Saraiva Júnior (2013), Batista (2010), Medeiros & Souza (2015), Menezes *et. al* (2016), da Silva (2017), entre outros.

Os mapas geológico e geomorfológico, de recursos hídricos, de geodiversidade e de solos pesquisados foram: Batista (2010) Tomaz (2017), Brandão (2014), mapa geológico e modelo digital de elevação da CPRM (2003), mapa morfoestrutural do Ceará e Áreas Adjacentes do Rio Grande do Norte e da Paraíba (Peulvast & Claudino Sales, 2003), bloco de diagrama Silva Filho (2004), e Andrade *et. al.* (2006), mapas geológico, geomorfológico, domínios morfoestruturais, rede de drenagem de Silva Filho *et. al.* (2009), bem como, imagens orbitais do programa Google Earth, página visitada de junho a setembro de 2019.

O reconhecimento geológico regional foi adaptado a partir da metodologia de Lisle (2014), que afirma, “o reconhecimento regional é feito para descobrir o máximo de informação possível sobre a geologia de uma área da maneira mais rápida possível”. A compartimentação do territorial do Ceará foi feita na escala 1: 500.000 (CPRM, 2003). O levantamento de semi-detalhe executado para obtenção da unidade territorial dos municípios de Caucaia e SGA, foi executado na escala de semi-detalhe, representação cartográfica de aproximadamente 1: 100.000, sendo possível identificar os tipos de rochas, suas características estruturais e geotécnicas.

Na primeira semana do mês de julho de 2019 foi realizado um caminhamento geológico, uma sequência litológica, que percorreu os limites leste, sul, oeste, centro e norte dos municípios de Caucaia e SGA, em aproximadamente a cada 30 km ocorreu a descrição litológica, foram descritos 20 pontos (Mapa 4.1.4.1.1).

Mapa 4.1.4.1.1 - Esboço geológico simplificado de Caucaia e SGA, com os pontos visitados.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Raoni Ceci

No mês de agosto ocorreu um caminhamento geológico pontuando os locais onde a Linha de Transmissão subterrânea irá passar, foi feita coleta do material cada variação pedológica e/ou geológica.

O mapeamento de detalhe da área do Projeto Parque Eólico Offshore foi realizada através do reconhecimento das unidades geológica sedimentares, da morfologia e da dinâmica litorânea e suas correlações com a paisagem (relevo) e com o solo, em escala de trabalho aproximadamente 1: 50.000.

A caracterização geotécnica morfológica para a realização das análises físicas dos solos por onde passará a Linha de Transmissão (LT) enterrada e aérea, utiliza-se de combinações de métodos que permitem a verificação das partículas sólidas (areia, silte e argila). Essas determinações visam indicar as possíveis diferenças morfológicas entre o solo da Planície Costeira, Litorânea e da Depressão Sertaneja.

Visou observar e descrever os solos, preliminarmente (*in situ*) os quais foram analisados por meio dos testes táteis, desagregação, posteriormente com coleta de amostras para a realização das análises físicas dos solos em laboratório. Os testes geotécnicos foram executados seguindo a metodologia sugerida por Nogueira (2005).

Para proceder com os testes tátil e visual foi necessário preparar uma mistura de solo com água (pasta). O solo pode ser considerado como areia quando é áspero ao tato, com partículas visíveis, silte (menos áspero que a areia, mas perceptível ao tato) e, argila quando apresentam semelhança com uma pasta de sabão escorregadia e quando seca proporcionam ao tato, a sensação de farinha.

Para o teste de desagregação utiliza-se um torrão de solo seco, de aproximadamente 2 cm em seguida mergulhando-o até metade em recipiente contendo água (sem imergir totalmente). O solo identificado como areia a desagregação é muito rápida (2 minutos), solo considerado siltoso a desagregação é rápida (até 5 minutos) e solo caracterizado como argiloso a desagregação é lenta (mais de 5 minutos) (Nogueira, 2005). A análise das amostras coletadas foi executada pelo Laboratório de Solos/Água do Departamento de Solo da Universidade Federal do Ceará (UFC).

O início da perfuração para a coleta do material utilizou-se uma ferramenta manual, o Trado do tipo Cavadeira, com diâmetro variando entre 15 a 30 cm,

empregado principalmente em material arenoso. Após os primeiros centímetros utilizou-se perfurador de solo a gasolina Modelo: TEA43X150-GII, sendo usado principalmente em material de maior resistência.

Também fizeram parte da investigação geotécnica desta obra, relatórios de análise granulométrica de outros (as) trabalhos e pesquisas, os quais foram utilizados para efeito de comparação e a confirmação das características observadas nos perfis de solo das sondagens.

No tocante aos dados, levantamento, descrição e detalhamento sobre as sondagens empregadas nas fundações offshore e em terra, estão descritos no Capítulo 2 (Dados do Empreendimento).

#### **4.1.4.2. Projeto do Levantamento Geológico**

Neste item será apresentado sucintamente as tecnologias existentes relacionadas, com as estruturas de fundações para parques eólicos offshore, referindo e analisando o caso da Implantação do Parque Eólico Offshore Caucaia, no Estado do Ceará, mais precisamente no litoral do município da Caucaia, inserido na Região Metropolitana de Fortaleza.

Inicialmente abordaremos sobre a plataforma continental brasileira e cearense, sobre o arcabouço geológico da referida plataforma e posteriormente será feita uma abordagem sobre a geotecnia das fundações neste contexto geológico. Os estudos de caráter geológico e geotécnico tem por finalidade a compreensão do solo da área delimitada para receber a fundação.

A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) define que “plataforma continental de um Estado costeiro compreende o leito e o subsolo das áreas submarinas que se estendem além do seu mar territorial, em toda a extensão do prolongamento natural do seu território terrestre, até ao bordo exterior da margem continental, ou até uma distância de 200 milhas marítimas das linhas de base a partir das quais se mede a largura do mar territorial, nos casos em que o bordo exterior da margem continental não atinja essa distância”. Esta definição, consagrada pelo

parágrafo 1º do artigo 76 da CNUDM, tem um enfoque jurídico bem diferente do conceito fisiográfico ou morfológico definido por HEEZEN *et al* (1959 apud SOUZA, 1999).

A CNUDM entende a plataforma continental como uma extensão submersa do território, reconhecendo a soberania do Estado costeiro para fins de exploração e aproveitamento dos recursos naturais nela existentes, não se aplicando às águas marinhas e ao espaço aéreo sobrejacente, mas apenas ao leito e ao subsolo ali existente.

Em 1988 foi criado o Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (LEPLAC), com o objetivo de estabelecer o limite externo da plataforma continental brasileira, levando em consideração o enfoque jurídico, estando em acordo com o que foi estabelecido pela CNUDM, o plano possibilitou angariar um grande acervo de dados sobre a batimetria de precisão, sísmica de reflexão, gravimetria e magnetometria, possibilitando assim um melhor reconhecimento da margem continental do país. Segundo Coutinho (1976) a plataforma continental do Nordeste brasileiro pode ser subdividida em três seguimentos: plataforma interna - até a isóbata de -20 m; plataforma média de -20 a -40 m; e plataforma externa de -40 a -60 m. Já Suguio (2003) afirma que a plataforma continental é dividida de acordo com a profundidade como: plataforma continental interna (0 até 30 m) e plataforma externa (30 m até 100 m).

Em 1993, foi criado em parceria com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e a Universidade Federal do Ceará (UFC), o Projeto de Avaliação dos Recursos Minerais da Plataforma Continental Interna do Estado do Ceará, onde foram estudados os pláceres de minerais pesados, assim com áreas com potencial para exploração de areias quartzosas e algas calcárias.

Vale salientar que a fisiografia da margem continental cearense foi retratada com detalhes por Moraes (1969) onde o autor analisa algumas características petrográficas e orogenéticas do litoral e plataforma que correspondem ao Estado do Ceará e a relação que há entre algumas formações presentes em Fernando de Noronha, sugerindo uma correlação geológica entre elas.

O arcabouço geológico do Ceará, descrito em detalhe no item (4.1.4.3) abrange

três blocos crustais maiores, colados durante a Orogenia Brasileira/Pan Africana, entre 640 e 580 Ma (Jardim de Sá, 1994): Domínio Noroeste do Ceará, Domínio Ceará Central e Domínio Rio Grande do Norte (Fetter et al., 2000).

Tais domínios são separados entre si por descontinuidades crustais de grande porte, como a zona de cisalhamento Sobral-Pedro II, situada entre os domínios Noroeste do Ceará e Ceará Central e que faz parte da extremidade nordeste do Lineamento Transbrasiliano, e a zona de cisalhamento de Senador Pompeu, situada entre os domínios Ceará Central e Rio Grande do Norte. Também se destacam outras feições como as zonas de cisalhamento de Granja (Noroeste do Ceará), Tauá (Ceará Central) e Jaguaribe (Rio Grande do Norte).

A porção oriental da margem equatorial teve sua origem no processo de estiramento crustal fortemente influenciado por movimentos laterais que culminou com uma fase sin-transformante, entre o Albiano e Eocenomiano (Matos, 2000). Que de acordo com Soares *et al.* (2003), Morais Neto *et al.* (2003) formaram a plataforma continental do estado do Ceará. Trata-se de um grande ambiente deposicional composta por duas bacias sedimentares, a bacia Potiguar e a bacia do Ceará. Ambas as bacias tiveram seus preenchimentos sedimentares relacionados com as fases Pré-Rift, Sin-Rift e Pós-transformante. Estas fases são estágios tectônicos consequência da movimentação das placas desde o início da fragmentação do Gondwana (MATOS, 1987).

A sedimentação nessas bacias é influenciada pelo clima semiárido na zona costeira, ocasionando um reduzido aporte fluvial à costa, com um diminuto volume de material siltoargiloso transportado (Maia, 1998). A distribuição atual de fácies sedimentares na plataforma continental ao largo do Ceará relaciona-se primeiramente ao nível de mar baixo (em torno de -120 m) correlativo ao último máximo glacial, entre 22.000 e 14.000 anos A.P (Martins & Coutinho, 1981), quando se depositaram areias litoclásticas em ambientes transicionais (praias, campos de dunas eólicas e deltas), que foram afogados pela transgressão subsequente e parcialmente retrabalhados com a incorporação de novos componentes bióticos, assumindo um caráter palimpsesto (Freire & Cavalcante, 1998). Essas fácies ocorrem principalmente na face de praia, a profundidades menores que 15 m (SILVA FILHO, 2004).

A cobertura superficial da plataforma, no geral, é composta de litoclásticos e bioclásticos com texturas variadas, a deposição da cobertura superficial ao longo da plataforma sentido continente-talude é ligeiramente compartimentada. Coutinho (2006) comenta que uma importante sedimentação de carbonatos biogênicos domina boa parte da plataforma média e toda a plataforma externa.

A sedimentação atual é principalmente carbonática algálica, com ausência de corais hermatípicos (Milliman, 1977; Carannante *et al.*, 1988). As algas coralinas ramificadas de vida livre (*Lithothamnion*) predominam no setor oeste da plataforma cearense, enquanto que as algas verdes calcificadas do gênero *Halimeda* produzem fácies de areia e cascalho que ocorrem principalmente no setor leste da plataforma continental ao largo do Ceará (FREIRE, 1985; FREIRE & CAVALCANTI, 1998; SILVA FILHO, 2004).

O controle estrutural que foi fator condicionante de todo esse desenvolvimento deposicional, que se origina desde o continente como a falha Sobral-Pedro II até o limite da plataforma continental com o talude por meio de um conjunto de falhas normais.

Pesquisas desenvolvidas por Suguio (2003), a extensão a largura da plataforma continental varia ao longo do globo, podendo ultrapassar em alguns casos 300 km de extensão. No Brasil a maior largura alcançada ocorre ao longo do estuário do Rio Amazonas, aonde ela chega à 200 km de extensão e a menor ocorre na Bahia, nas proximidades da cidade de Salvador, aonde ela atinge apenas 40 km de extensão. Já plataforma continental cearense possui uma largura de aproximadamente 63 km em média. A largura máxima é atingida na região do município de Camocim, no litoral oeste do Ceará, aonde as máximas chegam a 101 km de largura e mínima de 41 km em Icapuí.

Neste contexto pode-se afirmar que a plataforma continental do Ceará caracteriza-se pela pouca profundidade e formas de relevo de forte influência tectônica e vulcânica, além de refletir as condições climáticas e geológicas da área emersa adjacente (MORAIS, 2000).

Os recursos minerais da Plataforma Continental Brasileira, com exceção dos derivados do petróleo, se apresentam como os depósitos de mais fácil exploração e

de recorrente importância para um futuro próximo, sendo eles os sedimentos de origem terrígena, areias e cascalhos e sedimentos de origem carbonática, e minerais pesados. A plataforma continental cearense é conhecida por sua produção petrolífera em zona offshore no litoral do município de Paracuru.

Entender o processo de sedimentação e sua correlação com a troca de material entre a zona emersa e submersa por meio dos processos costeiros proporciona um melhor entendimento dos ambientes de deposição gerados em idades pretéritas e atuais. A plataforma continental como paisagem está relacionada com a evolução geológica do continente, a configuração geomorfológica está relacionada diretamente com a oscilação climática, a elevação e retração do nível do mar.

Diante do exposto pode-se afirmar que a plataforma continental cearense é rasa e apresenta grande potencial para a exploração de recursos naturais, principalmente no que concerne aos recursos minerais e energéticos. Dentre dos recursos energéticos está à energia eólica offshore.

A opção da energia eólica offshore começou há cerca de uma década, boa parte deste tipo de energia eólica se encontra na Europa. Uma das principais regiões de investimento em eólicas offshore que se tem consolidada é o Mar do Norte (Grã Bretanha, Noruega, Dinamarca), além dos litorais da Bélgica, França, Suécia e Alemanha (CERNE, 2014). Em alguns países produtores de petróleo a produção eólica offshore atrelada a produção offshore de petróleo tem reduzido custos e trazido bons resultados. O Brasil ainda não tem tradição neste tipo de produção de energia já que possui muito espaço para desenvolvimento da energia eólica onshore, hoje mais barata que produção marítima.

A região nordeste vem sendo pesquisada para a produção de energia offshore por possuir uma área de plataforma continental com profundidades inferiores a 50m, com distância de até 70 km em relação à costa, além da qualidade dos ventos. Em 2018, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA s) contava com três projetos de produção de energia eólica marítima, são eles:

- O projeto do Complexo Eólico Marítimo Asa Branca I (400 MW) é formado por 10 (dez) Parques Eólicos Marítimos (Sabiaguaba I; Sabiaguaba II;



Caetanos I; Caetanos II; Icaraizinho I; Icaraizinho II; Moitas I; Moitas II; Patos I; e Patos II), com 5 (cinco) aerogeradores cada, totalizando 50 (cinquenta) aerogeradores marítimos, no litoral do município de Amontada/CE;

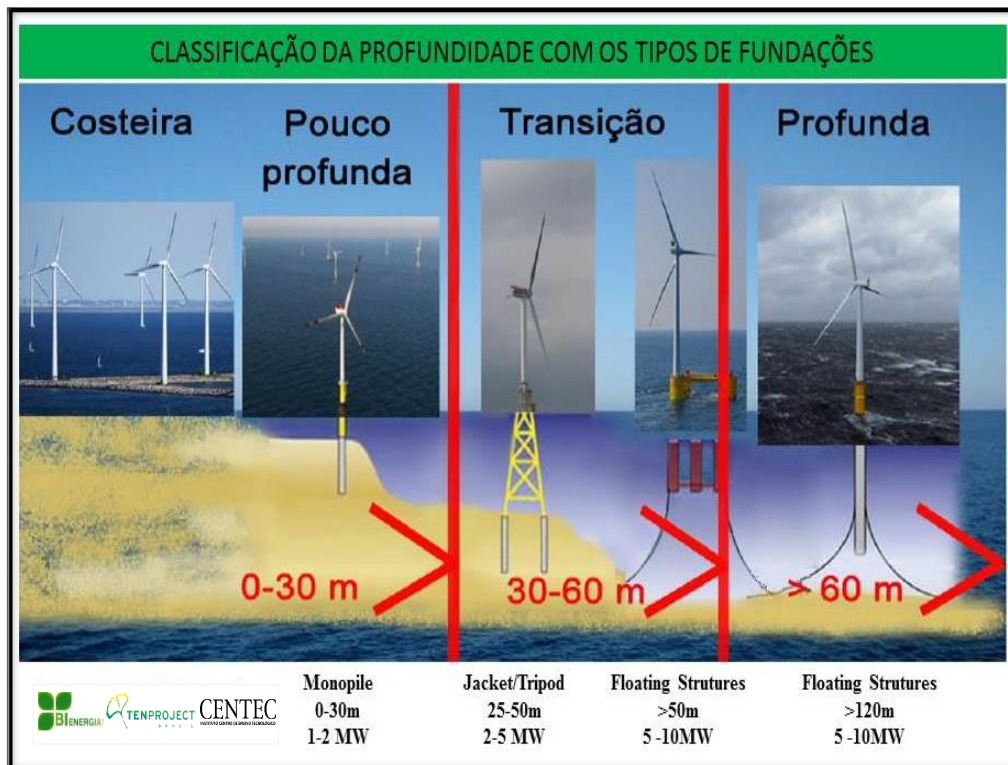
- Complexo Eólico Caju, com 15 aerogeradores, totalizando 30 MW de potência instalada, localizado em Zona de transição terra-mar, no território dos municípios maranhenses de Tutoia e Araisoses;
- Projeto piloto para geração eólica offshore no campo de Ubarana, na Bacia Potiguar, sob o comando da Petrobrás. A empresa já iniciou o licenciamento ambiental do projeto.

Destaca-se que não foi possível verificar a atual situação dos projetos, principalmente dados sobre sondagens offshore. Dentre a região nordeste o litoral do Estado do Ceará é umas das áreas com maior potencial eólico offshore. Uma junção de características fez a foz do Rio Acaraú um lugar de alta viabilidade técnica e financeira para instalação de parques eólicos offshore, porém, também não há registro maiores registros sobre este tipo de energia eólica.

Para implantação dos aerogeradores existem vários tipos de tecnologias de fundações, conforme a profundidade a que são instalados. Na Europa para profundidades até aos 30 metros, ou seja, para plataforma continental rasa, são utilizadas fundações *monopile*, diretamente assentadas no fundo; para águas de transição, entre os 30 e os 60 metros, são usadas fundações de tripé ou treliça, mas que deixam de ser economicamente viáveis a partir de cerca dos 50 metros surgem as plataformas flutuantes, adequadas para águas profundas (Figura 4.1.4.2.1).

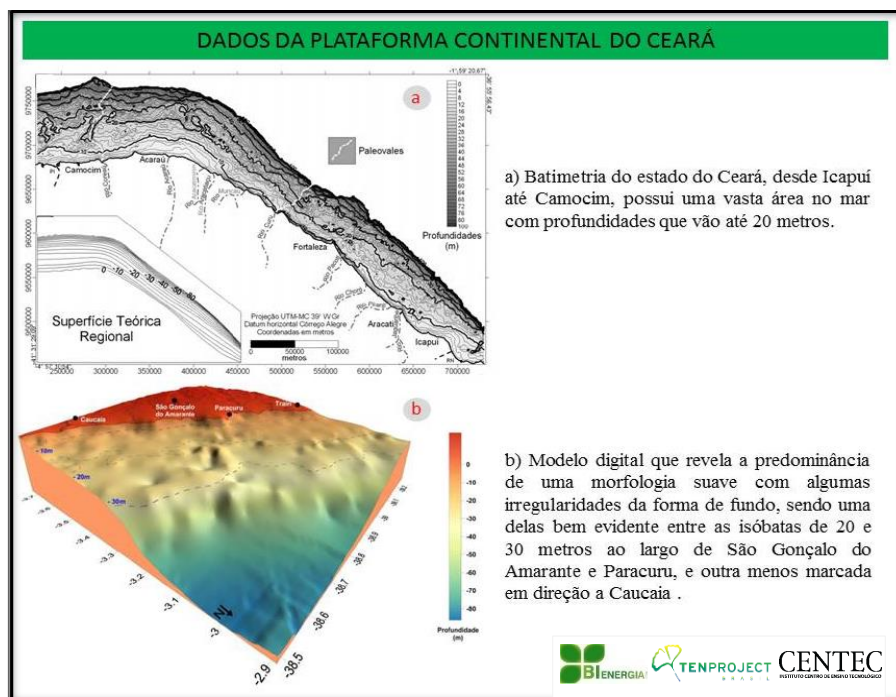
Vários trabalho de pesquisa foram desenvolvidos sobre a plataforma continental cearense, por exemplo, sobre o substrato oceânico trabalhos de Morais (1969, 2000), Cavalcanti (2011), sobre a morfoestrutura a pesquisa de Silva Filho (2004), bem como, a caracterização de parâmetros oceanográficos de Morais *et al.* (2006) e Aguiar Neto *et al.* (2014), em todos eles a conclusão é unanime, a plataforma continental cearense é rasa (Figura 4.1.4.2.2).

**Figura 4.1.4.2.1 - Classificação da profundidade da instalação e formas de suporte.**



Fonte: Adaptado de Maciel, 2017.

**Figura 4.1.4.2.2 - Aspecto físico da plataforma continental do Ceará.**



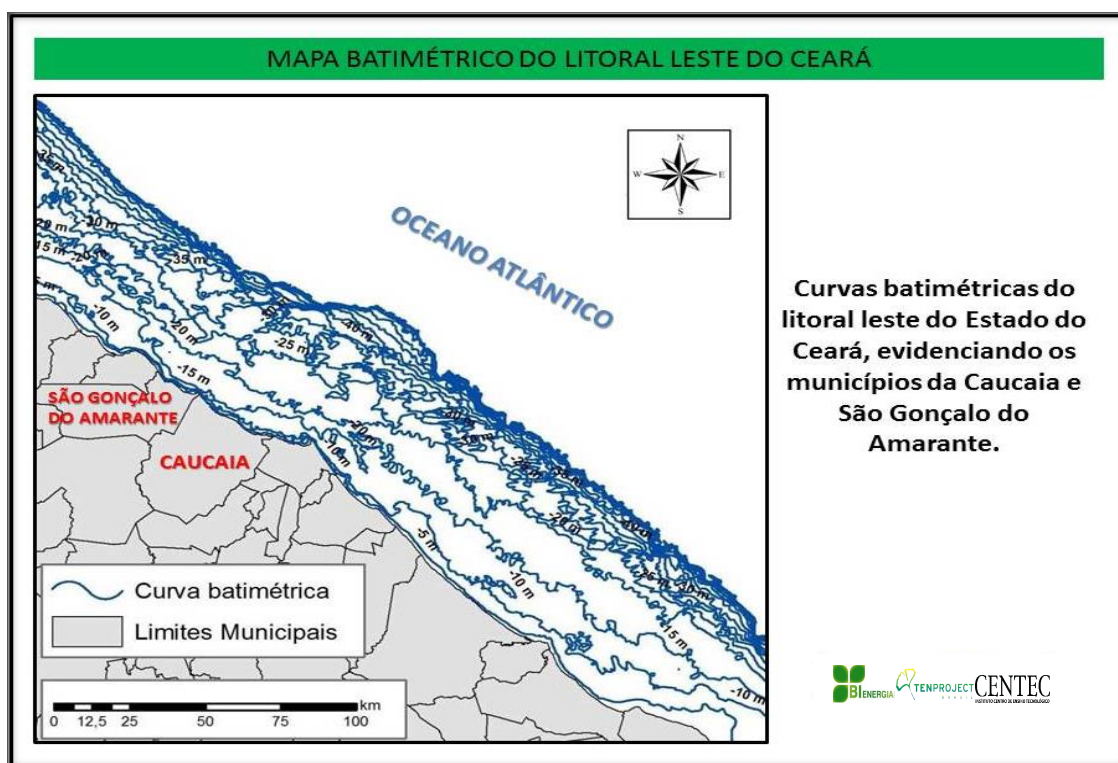
Fonte: Adaptado de Silva Filho *et al.* (2007) e Aguiar Neto *et al.* (2014).

Raoni Ceci

Para selecionar o tipo mais adequado de fundação para instalação dos aerogeradores offshore, é necessário conhecer a batimetria da plataforma continental. Batimetria é a medição das profundidades de lagos, rios e oceanos e é exibida cartograficamente por curvas e são semelhantes as curvas de níveis topográficas, ou seja, as linhas imaginárias que ligam pontos de mesma profundidade. Segundo Silva (2015), os aspectos batimétricos da plataforma cearense são bastante homogêneos e possui uma rampa de caimento batimétrico suave da costa até a quebra do talude continental (Figura 4.1.4.2. 2 b).

Conforme as curvas batimétricas do litoral leste do estado do Ceará e pelo que foi caracterizado nos parágrafos anteriores, afirma-se que as profundidades da plataforma continental no litoral dos municípios da Caucaia de São Gonçalo do Amarante estão entre 5 a 40 metros, essas curvas foram executadas a partir da interpolação da informação batimétrica das folhas de bordo da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) nºs 701, 600, 500, 702 e 720 (Figura 4.1.4.2.3).

**Figura 4.1.4.2.3 - Curvas batimétricas do litoral leste do Ceará, destacando os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante.**

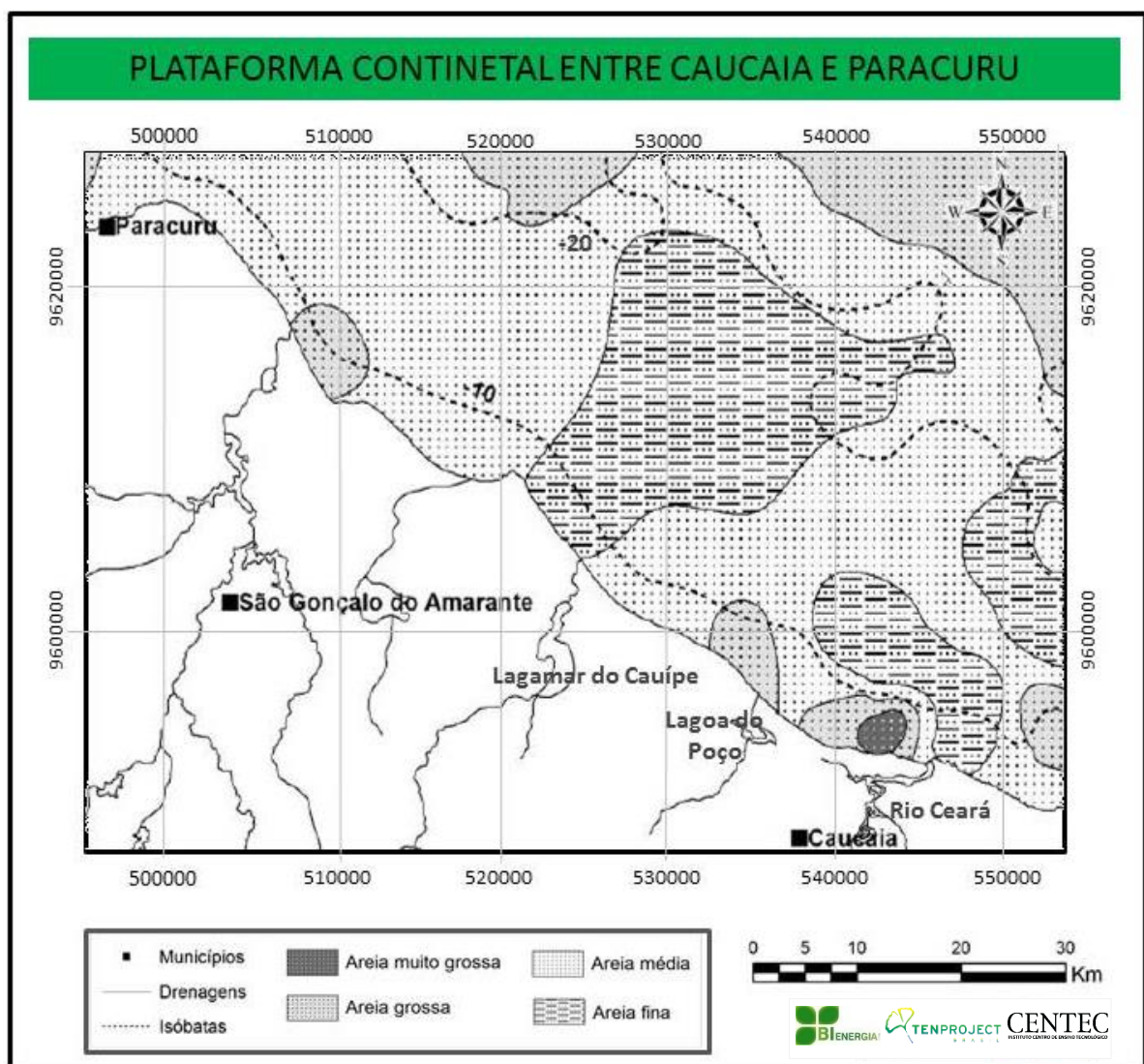


Fonte: Adaptado de Silva, 2015.

*Raoni Ceci*

No caso da área de implantação do Parque Eólico Offshore Caucaia, em que a batimetria é de aproximadamente 23m, para a última fila dos aerogeradores na água, o solo no leito marinho é predominantemente sedimentar (litoclásticos e bioclásticos), constituído principalmente de areia quartzosa (Figura 4.1.4.2.4), será usada as fundações do tipo "monopile" (Capítulo 2, Dados do Empreendimento).

**Figura 4.1.4.2.4 - Mapa simplificado da distribuição dos sedimentos na plataforma continental entre Caucaia e Paracuru.**



Fonte: Adaptado de Aguiar Neto et al., 2014.

Os sedimentos da plataforma continental do Ceará possuem origens diferenciadas, de modo que ocorrem sedimentos terrígenos (litoclásticos) em profundidade mais rasas de origem continental, bem como, sedimentos biodétricos de origem marinha, caracterizando-se pelas altas concentrações de carbonato, possuindo forte correlação com a matéria orgânica, já que esta é basicamente de origem dos próprios organismos que formam esta fácies sedimentar (VIDAL et al. 2008).

A textura dos sedimentos marinhos da plataforma continental ao longo da costa do Ceará é constituída predominantemente de psamíticos em detrimento das texturas pefíticas e pelíticas (Aguiar, 2014). Essa classificação textural é geralmente relacionada com as características hidrodinâmicas do ambiente deposicional relacionando-as com diversas propriedades físicas do substrato sedimentar como coesão, porosidade e plasticidade. O referido autor completa expondo que, nas proximidades de Fortaleza, Caucaia/São Gonçalo do Amarante, os sedimentos apresentam-se como cristalitos angulares a subangulares, parâmetros morfométricos que indicam um transporte incipiente e conseqüentemente proximidades da área fonte, provenientes do continente.

A figura logo acima revela que os dados geotécnicos (ensaio granulométrico) adquiridos na plataforma estudada mostram que a fração predominante é a média, enquadrada na faixa (0,250-0,500 mm), foram encontradas entre a costa de São Gonçalo do Amarante até o Rio Ceará (Figura 4.1.4.2.4). Domínios de areia fina (125–250 µm) foram encontrados em áreas mais rasas (até a isóbata de 20 m), areia grossa (0,500-1 mm) em alguns locais próximo à costa tendendo a se concentrar em maior profundidade (entre as isóbatas de 20 m e 30 m), e uma menor área de areia muito grossa (1-2 mm) na costa de Caucaia (AGUIAR NETO *et.al.*, 2014).

Portanto, o substrato da plataforma cearense é composto principalmente por sedimentos arenosos (quartzo), a percentagem de feldspatos no ambiente marinho é bastante menor e reduzida e isso deve-se à relativa facilidade com que se alteram e desgastam no percurso entre a área fonte a plataforma.

Constata-se que a estabilidade das fundações depende diretamente das condições deposicionais decorrentes da distribuição dos parâmetros batimétricos e

granulométricos. Por esta razão, é importante conhecer a natureza granulométrica dos sedimentos e a geomorfologia da plataforma continental. O quartzo se faz presente em praticamente em todas as frações granulométricas.

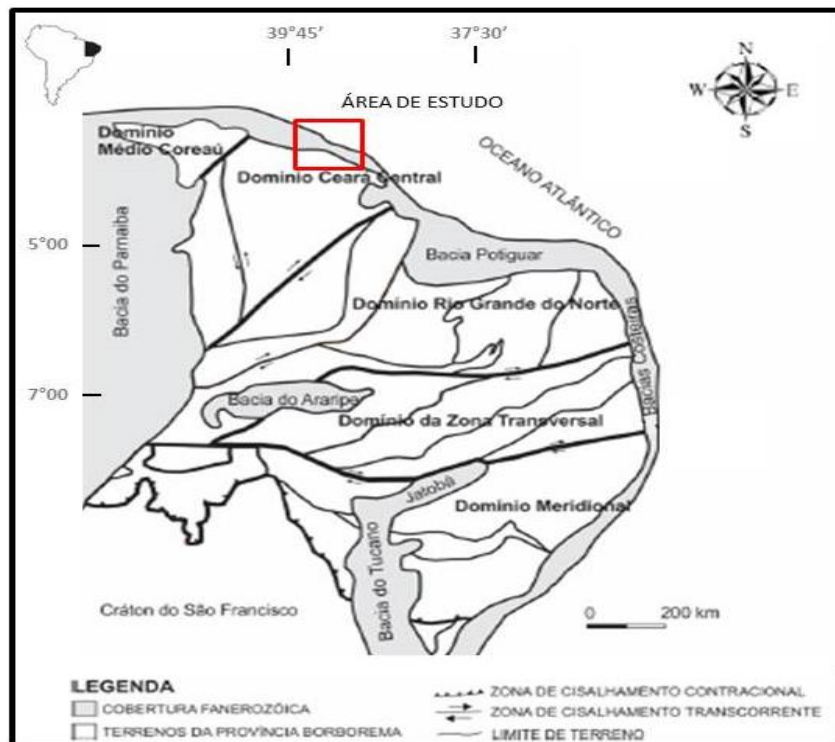
Para instalação das torres dos aerogeradores do Parque Eólico Offshore Caucaia serão adotadas as mesmas técnicas que foram utilizadas para a construção de parques offshore realizados no norte da Europa, levando em consideração que são mais fáceis de serem utilizadas em virtude das menores profundidades presentes na área de interesse. Como pode ser visto a partir da batimetria apresentada do capítulo que descreve o empreendimento, a implantação ocorrerá em área com profundidade variando entre 14 a 23 m. Segundo os Dados do Empreendimento (Capítulo 2), as fundações a serem empregadas na implantação dos aerogeradores do Parque Eólico Offshore Caucaia, são do tipo *monopile* (estaca única). Trata-se de uma fundação cuja estabilidade é causada pelo atrito da estaca com as paredes da escavação da superfície marinha.

#### 4.1.4.3. Principais Unidades Geológicas e suas Características Dinâmicas

A Província Borborema é um retalho de terrenos de diferentes litotipos, separados por falhas e lineamentos importantes. Constitui-se a parte mais ocidental, em território brasileiro, região situada a norte do Cráton São Francisco, delimitada a leste e norte pelo Oceano Atlântico e a oeste, pela Bacia Parnaíba (Almeida *et. al.*, 1977). A província é subdividida em três segmentos tectônicos denominados de Subprovíncia Setentrional (Domínio Médio Coreaú (DMC), Ceará Central (DCC) e Rio Grande do Norte (DRGN)), Subprovíncia da Zona Transversal ou Central e Subprovíncia Externa ou Meridional (Figura 4.1.4.3.1).

Segundo Brito Neves *et. al.* (1995), o Estado do Ceará está inserido no domínio Setentrional da Província Borborema, que consiste em faixas de dobramentos separadas por extensas zonas de cisalhamento. A Subprovíncia Setentrional abrange mais de 90% da superfície do estado do Ceará, qual está subdividida em três domínios tectônicos principais, conhecidos como Médio-Coreaú, Ceará Central e Rio Grande do Norte (Figura 4.1.4.3.2).

**Figura 4.1.4.3.1 - Esboço da Província Borborema subdividida em domínios tectonoestratigráficos.**



Fonte: Lima *et al.*, 2016.

**Figura: 4.1.4.3.2 - Compartimentação da Província Borborema no Estado do Ceará.**

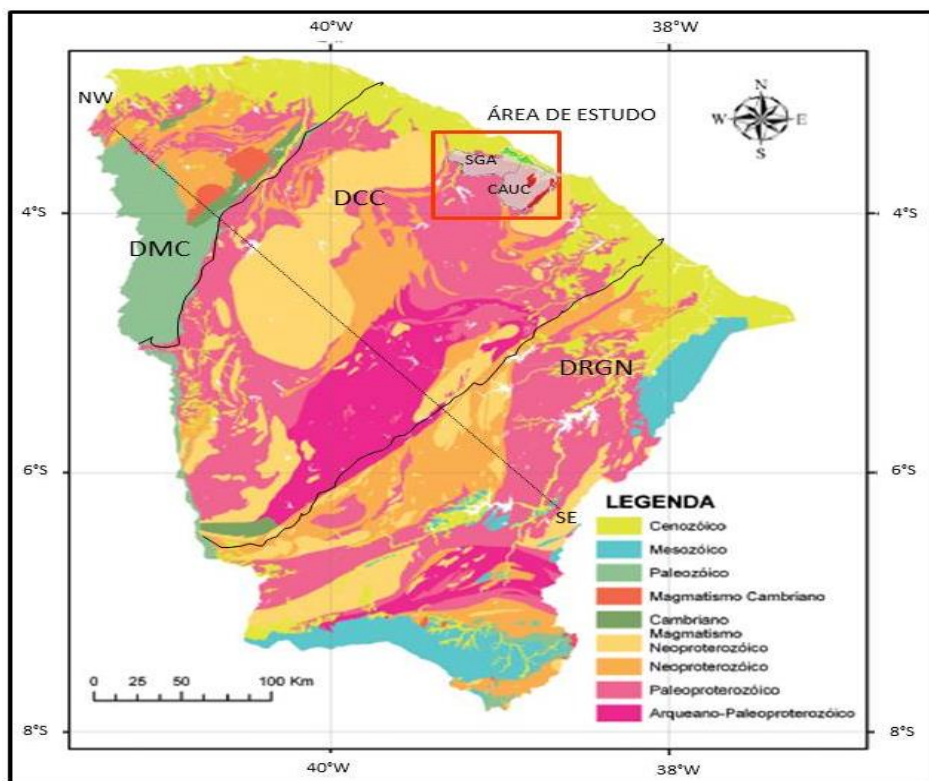


Fonte: Adaptado de Brandão (2014).

A área ao sul do estado, onde se encontra a bacia do Araripe, na região do Cariri, é onde ocorrem rochas pertencentes à Subprovincia Transversal. No oeste do Ceará há uma estreita faixa de rochas sedimentares da Província Parnaíba e a norte, próximo ao litoral, localiza-se a Província Costeira. No interior do estado ocorrem estreitas faixas de sedimentos coluvionares e fluviais associados às redes de drenagem (CAVALCANTI & CAVALCANTE, In: BRANDÃO, 2014).

No contexto desta compartimentação geológica pode-se afirmar que dos 146.000 km<sup>2</sup> do território cearense, aproximadamente 75%, ou seja, 108.000 km<sup>2</sup> têm seu subsolo constituído de rochas ígneas e metamórficas, conhecido como embasamento cristalino (Da Silva, 2002). Cerca de 25% do território cearense, equivalente a 38.000 km<sup>2</sup>, são representados por rochas sedimentares, que bordejam e formam ao sul a chapada do Araripe, a oeste a chapada da Ibiapaba e a leste a chapada do Apodi, e a norte os sedimentos da faixa costeira (Figura 4.1.4.2.3).

**Figura 4.1.4.2.3 - Mapa geológico simplificado do Ceará, do município Caucaia e SGA.**



Fonte: Adaptado de Brandão, 2014.

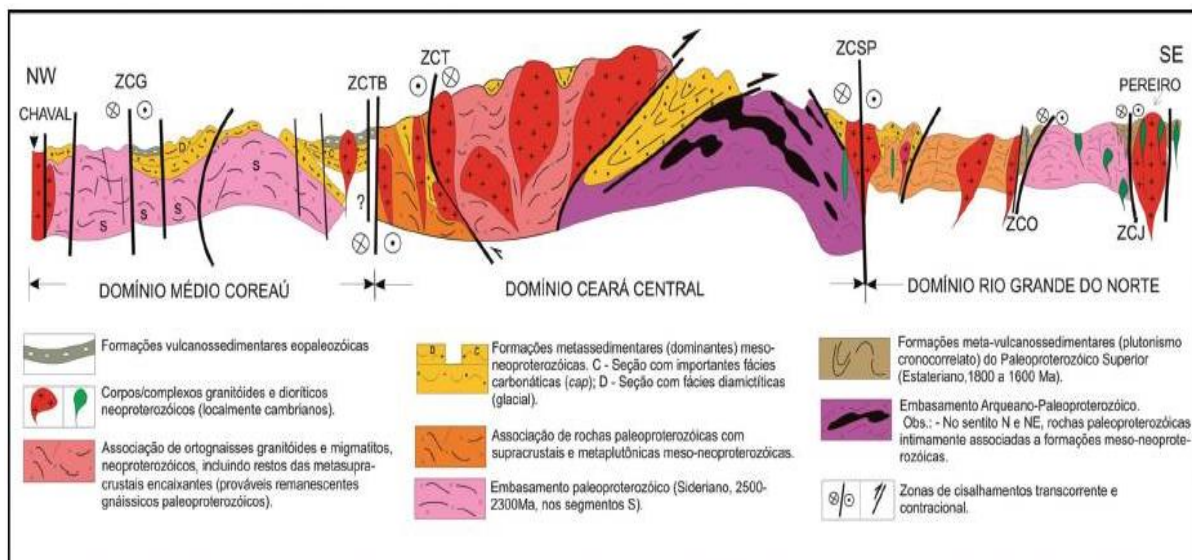


Essa diversidade litológica e estrutural reflete-se no desenvolvimento das formas de relevo, na disponibilidade de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, na potencialidade de recursos minerais (Item 4.1.10), bem como, na variedade de solos existente no território cearense (CAVALCANTI & CAVALCANTE. In: BRANDÃO 2014).

São representadas pelas seguintes unidades geológicas: Arqueano-Paleoproterozoico; Proterozoico (Paleoproterozoico, Neoproterozoico); Fanerozoico (Paleozoico, Mesozoico, Cenozoico), configurando um ordenamento estratigráfico estabelecido a partir das relações geocronológicas. A descrição sobre abordagem geológica respeitará a ordem geocronológica da base para o topo.

A Figura 07 expõe uma seção geológica (perfil NW – SE) envolvendo os principais domínios geológicos do Ceará: Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II ou Lineamento Transbrasiliano (ZCTB); Zona de Cisalhamento Tauá (ZCT); Zona de Cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP); Zona de Cisalhamento Orós (ZCO); Zona de Cisalhamento Jaguaribe (ZCJ).

**Figura 4.1.4.2.4: Seção geológica simplificada e sem escalas com os principais domínios.**



Fonte: Brandão, 2014.

## - Arqueano – Paleoproterozoico (Embasamento Pré-Cambriano)

Os terrenos cristalinos são representados principalmente por rochas muito antigas e resistentes, são terrenos que têm a maior representatividade de rochas da área do território cearense. Vários tipos de rochas se incluem nestes terrenos.

As rochas mais antigas do Ceará encontram-se no Sertão Central e estão agrupadas sob a denominação de Complexo Cruzeta. Parte deste complexo, a Unidade Troia foi interpretada como um terreno do tipo greenstone belt, formado por metabasaltos, metagabros, metaultrabásicas, metadacitos e metarriolitos intercalados com rochas metassedimentares (quartzitos, xistos grafitosos, metacalcários, metachertes e formações ferríferas bandadas). A outra porção, a Unidade Pedra Branca, é constituída basicamente por ortognaisses cinzentos (TTGs primitivos), típicos de crosta juvenil gerada em ambiente de arco magmático.

No sul do Ceará é representado por uma associação de rochas pertencentes ao Complexo Granjeiro, situado no Subdomínio Rio Piranhas. Este complexo é composto por um conjunto de rochas metavulcanoclásticas (anfíbolitos, tufos máficos e félsicos, e metaultrabásitos) e outro de rochas metassedimentares (xistos, quartzitos, metacalcários, metachertes e formações ferríferas bandadas). Juntos, esses dois conjuntos caracterizam uma associação vulcanossedimentar, portadora de horizontes químico--exalativos que podem representar remanescentes de uma crosta oceânica antiga, datada em 2,54 bilhões de anos (SILVA et al., 1997). O Complexo Granjeiro foi interpretado como pertencente a um protocontinente arqueano que foi submetido à deformação extensional que gerou estruturas do tipo rifte que deu origem às bacias sedimentares, com a participação de vulcanismo envolvendo o assoalho oceânico (VASCONCELOS & GOMES, 1998).

## Proterozoico

### - Paleoproterozoico

O Domínio Médio Coreaú é representado principalmente por dois conjuntos de rochas. O Complexo Granja é representado por um conjunto de fragmentos de uma crosta juvenil que se formou em um ambiente geológico de arco de ilha e que foram metamorfizadas na fácies granulito (SANTOS *et al.*, 2008; BRITO NEVES, 2011). E a sequência vulcanossedimentar Saquinho é formada por rochas vulcanoclásticas, tufos, riolitos, andesitos, rochas carbonáticas marinhas e arenitos ferruginosos (SANTOS *et al.*, 2002).

No Domínio Ceará Central é marcado pela presença de um cinturão acrescionário. Esse cinturão é composto por sequências vulcânicas, plutônicas e sedimentares, normalmente atribuídas às unidades Algodões, São José da Macaoca, Suíte Madalena e Complexo Canindé do Ceará (em parte, designado anteriormente de Unidade Canindé, do Complexo Ceará). Os metabasaltos da Unidade Algodões foram interpretados como um remanescente de um platô oceânico acrescionário (MARTINS *et al.*, 2009). A Unidade Madalena corresponde a uma suíte plutônica intrusiva na Unidade Algodões (CASTRO, 2004). Já o Complexo Canindé do Ceará é composto por uma sequência de rochas metassedimentares depositadas em ambiente de margem passiva afetadas pelo metamorfismo de alto grau, composta de migmatitos, gnaisses, xistos, quartzitos e metacalcários, e também por uma sequência metaplutônica de composição tonalítica e granodiorítica.

O Domínio Rio Grande do Norte, no estado do Ceará, é formado principalmente por sequências vulcanossedimentares anorogênicas representadas pelo Sistema Orós-Jaguaribe e também pelo Complexo Jaguaretama. O Sistema Orós-Jaguaribe constitui uma estreita faixa sigmoidal com cerca de 500 km de extensão, constituída por duas sequências metavulcanossedimentares paralelas, de idade estateriana (PARENTE; ARTHAUD, 1995). As rochas metassedimentares da Faixa Orós são xistos aluminosos com quartzitos contendo lentes de mármore (calcíticos, dolomíticos e magnesianos), rochas cálciossilicáticas e xistos carbonáceos; e as

rochas metavulcânicas são principalmente metarriolitos, metadacitos e, localmente, metatufos félsicos de natureza alcalina a subalcalina de ambiente continental (SÁ *et al.*, 1995; PARENTE; ARTHAUD, 1995). É comum a presença de ortognaisses de composição granítica (metaplutônicas) recortando a sequência vulcanossedimentar.

Na Faixa Jaguaribe, há predominância da associação vulcano-plutônica sobre a metassedimentar. As rochas metassedimentares são quartzitos e xistos e as rochas metavulcânicas são lavas e piroclásticas ácidas, recortadas por rochas metaplutônicas. Os depósitos de magnesita de origem sedimentar encontram-se encaixados nos metadolomitos da Faixa Orós. O Complexo Jaguaretama é composto por ortognaisses graníticos a granodioríticos cinzentos e gnaisses bandados (por vezes migmatizados), além de lentes/camadas de mármore, rochas calciossilicáticas, quartzitos e anfibolitos/gnaisses anfibolíticos (PARENTE; ARTHAUD, 1995).

Na Subprovíncia Transversal as rochas do período Orosiriano são representadas por ortognaisses cinzentos de composição granítica, granodiorítica e onalítica do Complexo Piancó, com idades entre 2,14 e 2,05 bilhões de anos (KOZUCH, 2003 apud VAN SCHMUS *et al.*, 2011).

#### - Neoproterozoico

No Domínio Médio Coreaú formaram-se duas bacias sedimentares agrupadas sob a denominação de Grupo Martinópolis e Grupo Ubajara. O Grupo Martinópolis foi submetido ao metamorfismo na fácies anfibolito, que gerou como produto gnaisses, xistos, quartzitos, rochas calciossilicáticas, metadiamicritos, metapelitos, metacarbonatos com intercalações de metagrauvas, metarritmitos, quartzitos e rochas metavulcânicas félsicas (SANTOS *et al.*, 2008).

Já o Grupo Ubajara é composto por filitos, metassiltitos, metarenitos, metacarbonatos e metagrauvas. Com o metamorfismo, os arenitos ferruginosos adquiriram aspecto de formação ferrífera, podendo constituir depósitos de ferro. Nessa região também se formou o depósito de cobre estratiforme de Pedra Verde, associado aos filitos carbonosos (com sulfetos disseminados) pertencentes ao

membro Pedra Verde do topo da Formação Mambira, intercalados com arenitos que preenchem um graben (BRIZZI; ROBERTO, 1988).

O Domínio Ceará Central é representado principalmente por uma sequência sedimentar plataformar metamorfizada na fácies anfibolito a granulito (localmente com registro da fácies eclogito). A sequência metassedimentar (dominante), conhecida como Complexo Ceará, é composta por gnaisses com baixa taxa de fusão, xistos, quartzitos, rochas calciossilicáticas, metacalcários e raros corpos de rochas metabásicas (CAVALCANTE *et al.*, 2003; CASTRO, 2004; ARTHAUD, 2008). O complexo ígneo anatótico Tamboril–Santa Quitéria (anteriormente denominado de suíte) é composto por migmatitos, gnaisses e granitoides com idades criogenianas (FETTER *et al.*, 2003; CASTRO, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2010). A sequência metavulcanossedimentar representada pelo Grupo Novo Oriente pode ser interpretada como uma bacia vulcanossedimentar (com base nos dados de COSTA *et al.*, em preparação). Os principais recursos minerais desse período são metacalcários, rochas ornamentais e corpos de hematita de pequenas dimensões que podem, no futuro, vir a ser explorados como minério de ferro.

O Domínio Rio Grande do Norte é representado principalmente por duas sequências metassedimentares (Complexo Acopiara e Formação Lavras da Mangabeira) e por corpos alongados de leucogranitos que resultaram da fusão das rochas metassedimentares. A Formação Lavras da Mangabeira é representada por uma sequência pelítica com alguma contribuição psamítica e conglomerática basal. Os leucogranitos resultaram da fusão das rochas do Complexo Acopiara e estão mineralizados, contendo gemas (berilo, turmalina e ametista), minerais industriais (feldspato, moscovita e quartzo) e minerais portadores de metais não ferrosos e semimetais, tais como Be, Li, Sn, Nb e Ta (berilo, amblygonita, espodumênio, lepidolita, cassiterita e tantalita-columbita). Ainda no Neoproterozoico, o evento brasileiro foi responsável por um intenso magmatismo associado às grandes estruturas transcorrentes.

Na Província Transversal, o Neoproterozoico é representado pelas rochas metassedimentares e metavulcânicas do Grupo Cachoeirinha. A Formação Santana dos Garrotes, do Grupo Cachoeirinha, é composta por metapelitos, metapsamitos,

etaconglomerados e, mais raramente, por metavulcânicas, mármore e formações ferríferas (MEDEIROS, 2004).

## Fanerozoico

### - Paleozoico

No Domínio Médio Coreaú se formou a bacia do Jaibaras que é uma bacia composta por sedimentos siliciclásticos imaturos (conglomerados, arenitos e argilitos vermelhos) e rochas vulcânicas, tais como basaltos, riolitos e vulcanoclásticas (NASCIMENTO; GORAYBE, 2004). Nesse período também ocorreu a formação de um enxame de diques e a intrusão de plútons graníticos (Mucambo e Meruoca) (SANTOS *et al.*, 2008). A intensa atividade hidrotermal que ocorreu na bacia do Jaibaras, gerou ocorrências de Fe-Cu associadas a brechas contendo sulfetos e óxidos. Outro importante evento hidrotermal ocorreu nas bordas do plúton granítico Mucambo, gerando um depósito de ferro hidrotermal em sua auréola metamórfica, relacionado com a migração de íons de Fe a partir das rochas metassedimentares do Grupo Ubajara.

No Domínio Ceará Central formou-se a bacia do Cococi, que também é uma bacia intracontinental do tipo molassa. Essa bacia é composta por rochas sedimentares (conglomerados e brechas polimíticas, arenitos, siltitos, argilitos e folhelhos) e rochas vulcânicas ácidas, às quais se associam importantes concentrações de cobre (MACHADO, 2006). Já o magmatismo anorogênico Ordoviciano (CASTRO *et al.*, 2008) é representado por plútons de rochas granitoides, tais como o Complexo Anelar Taparuaba. Foi durante este magmatismo que ocorreu a formação dos albitos, que são rochas portadoras de mineralização de urânio e fosfato. Os plútons de albita granitos são comumente explorados como rocha ornamental (granito branco).

Na Subprovíncia Transversal a bacia de Iara está alojada em uma estrutura do tipo graben, controlada pelas zonas de cisalhamento Iara e Cuncas. A bacia é formada

por uma sequência vulcanossedimentar composta por sedimentos depositados em ambientes de leques aluviais ou fanglomerados e depósitos lacustres aos quais se associou um vulcanismo bimodal (PARENTE *et al.*, 1990). A mineralização de cobre, na bacia, restringe-se à presença de malaquita preenchendo fraturas e disseminada sob a forma de pontuações e manchas no conglomerado brechoide, em uma faixa aflorante de três metros de largura (PRADO *et al.*, 1980).

Na porção oeste do Ceará, afloram rochas sedimentares pertencentes à Província Parnaíba. Trabalhos recentes têm redefinido a bacia do Parnaíba dividindo-a em quatro bacias menores: Parnaíba (Siluriano-Triássico), Alpercatas (Jurássico-Eocretáceo), Grajaú (Cretáceo) e Espigão Mestre (Cretáceo) (GOES; COIMBRA 1996). Apenas uma pequena porção dessa bacia ocorre no oeste do território cearense, próximo à divisa com o Piauí, onde afloram as rochas sedimentares do Grupo Serra Grande, que foram depositadas em ambiente flúvio-glacial, passando a transicional e retornando ao ambiente continental fluvial entrelaçado (GOES; FEIJÓ, 1994).

## Mesozoico

O Domínio Ceará Central é representado pelo enxame de diques de basaltos toleíticos denominado de vulcanismo Rio Ceará-Mirim. Estes constituem um feixe de diques de olivina basalto orientados na direção E-W, que se estende por centenas de quilômetros, desde a região costeira a norte de Natal, passando pelo rio Jaguaribe, até atingir a bacia do Parnaíba.

No Subdomínio Jaguaribeano as bacias interiores (Iguatu, Lima Campos, Malhada Vermelha e Lavras da Mangabeira) foram preenchidas por sedimentos típicos de sistemas deposicionais de leques aluviais a fluviais. São compostas por arenitos com níveis conglomeráticos, intercalações de siltitos e argilitos, na base; sedimentos pelíticos, siltíticos, margas carbonáticas, arenitos finos e leitos de lamitos, na porção intermediária; e por psamitos na porção superior. No extremo nordeste do Ceará, afloram rochas sedimentares atribuídas ao Grupo Apodi, da bacia Potiguar. Do Grupo Apodi, apenas as formações Açú e Jandaíra afloram na região.

A Formação Açú é composta por espessas camadas de arenitos finos a grossos, intercalados por folhelhos, argilitos e siltitos provenientes de leques aluviais e sistemas fluviais entrelaçados (CASSAB, 2003). A Formação Jandaíra é uma sequência carbonática composta por carbonatos marinhos (calcarenitos e calcilitos bioclásticos), provenientes de um ambiente de plataforma rasa e de planície de maré (ARARIPE; FEIJÓ 1994).

Na Subprovíncia Transversal é representada pela bacia sedimentar do Araripe, que corresponde às áreas da chapada do Araripe e do vale do Cariri, estendendo-se por cerca de 9.000 km<sup>2</sup>. A Formação Santana é a unidade mais conhecida pelas suas extensas jazidas de gipsita e por seus jazimentos fossilíferos. Sob a bacia do Araripe, encobrimo o embasamento cristalino, ocorre uma sequência paleozoica, não fossilífera, constituída por arenitos imaturos com níveis de conglomerados interpretados como fácies de ambientes fluviais entrelaçados de idade siluriana, descritos como Formação Cariri (ASSINE, 2007).

A Formação Brejo Santo é composta essencialmente por folhelhos e lamitos vermelhos depositados em ambientes lacustres propícios à formação de red beds. A Formação Missão Velha sobreposta à formação Brejo Santo é constituída de arenitos quartzosos, por vezes feldspáticos, conglomerados e abundantes troncos e fragmentos de árvores silicificados, representando uma associação faciológica de planícies fluviais de sistemas entrelaçados.

A Formação Abaiara, que é constituída por folhelhos sílticos e siltitos vermelhos com intercalações de arenitos finos, lentes de arenitos quartzosos grossos intercalados com conglomerados e fragmentos de madeira silicificada. As associações faciológicas e o conteúdo fossilífero indicam sedimentação em ambiente continental de lago raso com frequente recorrência ambiental, sendo substituídos por planícies fluviais de canais entrelaçados. A Formação Santana está subdividida em três membros, da base para o topo: o Membro Crato, que representa um sistema deposicional lacustre; o Membro Ipubi, composto por bancos estratiformes de gipsita, com intercalações de folhelhos cinza e verde, típicos de ambientes transicionais predominantemente evaporíticos; e o Membro Romualdo, característico de ambiente lagunar e marinho raso, composto por folhelhos e margas fossilíferas, com um



horizonte intercalado rico em concreções carbonáticas de dimensões variadas, contendo na sua maioria peixes fósseis de alto valor científico.

Os sedimentos da Formação Arajara afloram por toda a extensão da bacia, bordejando o sopé da escarpa da chapada do Araripe e são característicos de ambientes lagunares e marinhos litorâneos. Já a Formação Exu é composta por uma sequência monótona de arenitos típicos de depósitos fluviais (AGUIAR, 2007).

## Cenozoico

O Cenozoico, no Ceará, é representado pelo vulcanismo alcalino Messejana, pelos sedimentos da Província Costeira e pelos depósitos interiores. A província vulcânica alcalina de Messejana, do Paleogêneo, está localizada próxima a Fortaleza (ALMEIDA *et al.*, 1996). Esse vulcanismo é formado por diversos necks e diques de rochas alcalinas, tais como fonolitos, traquitos, essexitos, tufos e basaltos (ALMEIDA *et al.*, 1988).

A Província Costeira é composta principalmente pelos sedimentos do Grupo Barreiras, que é a unidade geológica que ocorre ao longo da faixa costeira do Brasil, aflorando sob a forma de extensos tabuleiros ou falésias de vários metros de altura. PASTANA (1995) descreveu o conteúdo litológico dessa unidade como composto por conglomerados oligomíticos, arenitos diversos e pelitos, interpretados como depositados em ambiente continental fluvial a deltaico, parcialmente influenciado por marés.

Além do Grupo Barreiras, o litoral do Ceará está recoberto por depósitos eólicos costeiros recentes edificadas na forma de campos de dunas. Os depósitos interiores são sedimentares de natureza clástica, inconsolidados ou parcialmente cimentados, relacionados à preservação ou erosão do manto de intemperismo desenvolvido sobre o substrato cristalino acompanhando a rede de drenagem, escarpas e a margem continental. Esses sedimentos foram depositados em ambiente aluvial, tálus, fluvial e praia. Os sedimentos fluviais, muitas vezes constituem depósitos de cascalheiras com calhaus de quartzo de veios arredondados e fragmentos de diversas rochas.

Depósitos sedimentares contendo fósseis da megafauna do Pleistoceno foram descritos nas regiões de Itapipoca e Tauá. São depressões naturais formadas em rochas graníticas onde se acumularam sedimentos contendo fragmentos de ossos de preguiças, tatus, cervídeos, felinos, cachorros selvagens, cavalos e outros animais extintos (XIMENES, 2008). Em várias regiões do Ceará, como por exemplo no Sertão Central e no Cariri, foram descritos e cadastrados sítios arqueológicos contendo pinturas rupestres e artefatos líticos que marcam a ocupação humana pré-histórica do Ceará.

#### **4.1.4.3.1. Principais Unidades Geológicas e suas Características Dinâmicas da Área de Estudo.**

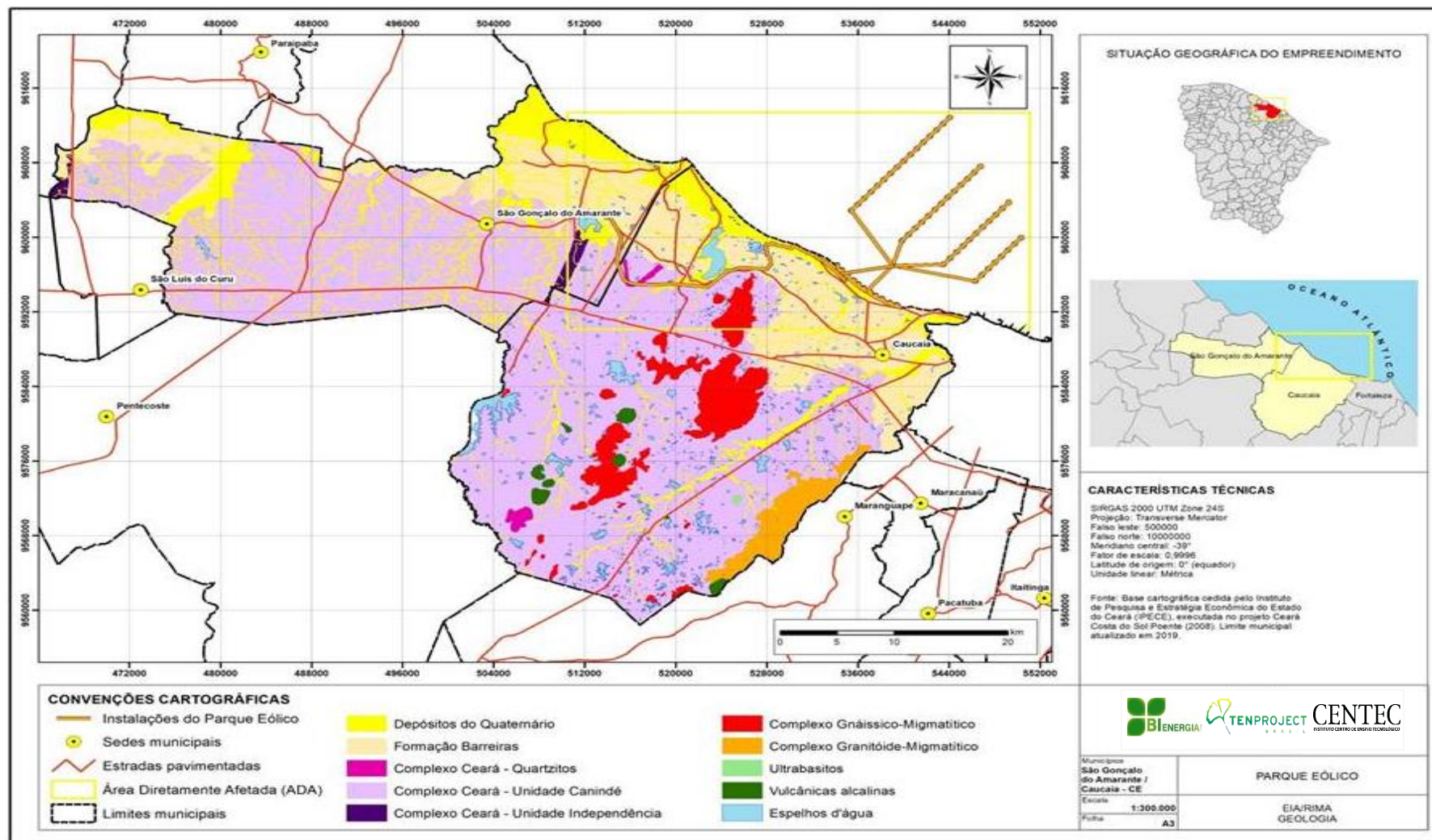
Neste item serão descritas as principais unidades geológicas dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, municípios que se encontram inseridos no contexto Domínio Ceará Central da Província Borborema.

Iniciou-se com este item a etapa da investigação científica de semi-detalle. Este aprofundamento no reconhecimento do meio físico possibilita identificação de possíveis áreas a serem utilizadas para empréstimo (bem mineral de classe II: brita, areia), além da confirmação da geodiversidade da área de estudo.

No recobrimento geológico foram incluídos os recursos das imagens orbitais, para uma melhor definição do lineamento estrutural da área, da ocorrência e geometria do substrato rochoso. As características geológicas foram detectadas no terreno em afloramentos expostos. O Mapa 4.1.4.3.1.1 retrata o esboço geológico simplificado na porção Setentrional da Província Borborema, para os municípios de Caucaia e SGA, com os pontos visitados e descritos, quando da campanha de campo do mapeamento regional.

A área territorial de Caucaia foi caracterizada geologicamente pela ocorrência de terrenos cristalinos dos complexos granitóide-migmatítico e gnáissico-migmatítico, rochas vulcânicas alcalinas e as coberturas sedimentares cenozóicas, sendo estas representadas pela Formação Barreiras, depósitos flúvio-aluvionares, paleodunas, dunas móveis e depósitos flúvio-marinhos.

Mapa 4.1.4.3.1.1 - Esboço geológico simplificado de Caucaia e SGA.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

*Raoni Ceci*

A Figura 4.1.4.3.1.1, um bloco diagrama, mostra uma configuração paisagística cearense, representativo do território da Caucaia, que integra a Região Metropolitana de Fortaleza. Pode-se observar as condições da geologia e outros aspectos gerais da paisagem, ao sul desta representação, ressalta-se as serras do Maranguape e Aratanha (DA SILVA, 2002).

**Figura 4.1.4.3.1.1 - Diagrama esquemático da configuração da área de estudo em Caucaia.**



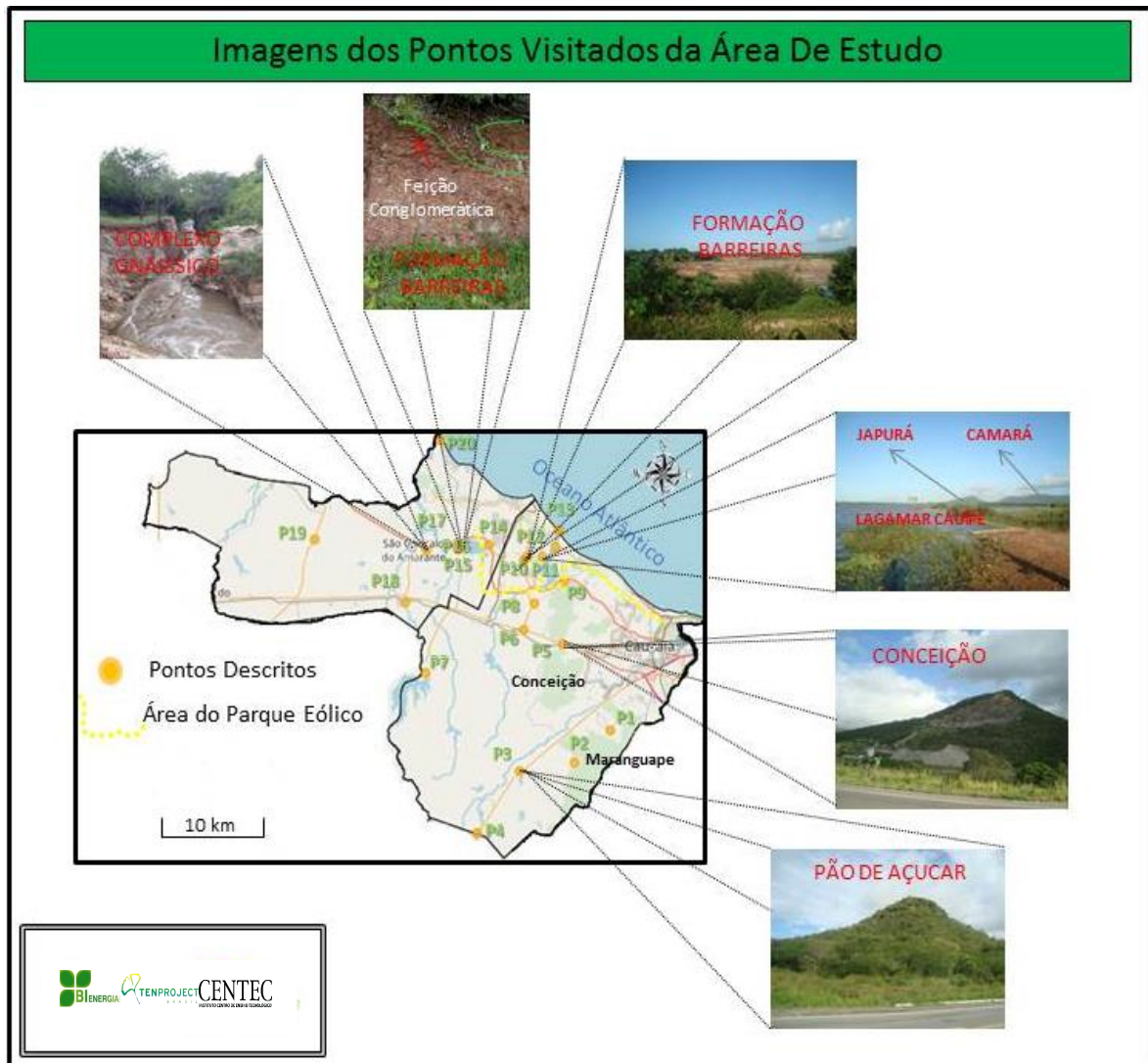
**Fonte:** Adaptado de Da Silva, 2002.

O caminhamento geológico foi executado em uma sequência cronoestratigráfica que possibilitou ver que tanto Caucaia quanto SGA, se desenvolveram sob o complexo gnáissico-migmatítico (Figura 4.1.4.3.1.2). Conforme informações dos mapas base e após confirmação em campo estes complexos ocupam as maiores áreas nos referidos municípios, ocorrendo na forma de corpos de migmatitos acompanhando o lineamento estrutural preferencial.

Em Caucaia o complexo granitóide migmatítico ocorre associado ao complexo gnáissico migmatítico. No terreno deste complexo, a topografia foi rebaixada pela erosão diferencial, deixando saliente na porção centro-sul do município o material granitóide representado pelas serras do Juá, Conceição e Camará (Figura 4.1.4.3.1.2).

Na imagem podemos observar que a Serra da Conceição é fonte de exploração mineral de uso construção civil (brita), bem como no Morro do Camará próximo a CE-421 no sentido Primavera – Matões.

**Figura 4.1.4.3.1.2 - Localização e identificação dos pontos descritos na área de estudo (Caucaia e SGA).**



**Fonte:** Elaboração do autor.

As principais ocorrências do vulcanismo terciário na área de estudo correspondem aos serrotes Pão de Açúcar (4.1.4.3.1.2), Japapara, Preto e

*Raoni Ceci*

Salgadinho. São rochas vulcânicas alcalinas sendo classificadas como fonólitos e traquitos.

Sob o embasamento cristalino, eis que surge, a Formação Barreiras, formando o tabuleiro litorâneo cearense, que se distribui paralelamente a linha de costa e de maneira contínua. Caucaia possui uma faixa de largura variável desta formação, afloramentos estendendo-se até próximo ao Morro do Camará.

Litologicamente a Formação Barreiras é constituída por sedimentos areno-argilosos de cor vermelho amarelada, com granulação fina a média, bem como, por uma fácies laterítica (item 4.1.4.1). Na linha de praia representa as falésias vivas, correspondente aos tabuleiros pré-litorâneos. O P10 (0520093 N, 9600095 E), marca o depósito sedimentar da Formação Barreiras aflorando na forma de um manto de intemperismo profundo, de textura areno-argilosa, com características de um Argissolos, que tem sido explorado para uso na construção civil.

Os depósitos aluviais e lacustres são compostos essencialmente por areias, cascalhos e argilas, com ou sem matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais e lacustres recentes (Souza, 2005). O P11 (0522173 N, 9598773 E) marca o posicionamento do Lagamar do Cauípe na localidade Coqueiros, corpo hídrico assentado sobre o embasamento.

As dunas fixas ocorrem, principalmente, na parte oeste do litoral de Caucaia, sendo uma geração de dunas mais antiga, possuindo o desenvolvimento de processos pedogenéticos e tendo, normalmente, uma cobertura vegetal de porte mais denso e arbóreo.

As praias se dispõem de modo alongado pelo litoral de Caucaia, desde a área de estirâncio até a base das dunas móveis. Por sua vez, os terraços marinhos são superfícies formadas a partir do recuo da linha de costa, e se encontram entre a zona de alta praia e a base do campo de dunas (Souza, 2005). No tocante à litologia, as praias são formadas por areias de granulação média a grossa, apresentando ocasionalmente cascalhos (na desembocadura dos rios) com restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados.

As planícies flúvio-marinhas são estabelecidas pela deposição de sedimentos predominantemente argilosos e com grandes concentrações de matéria orgânica,

sendo a sua disposição resultante da mistura de águas doce e salgada que colmatam um material escuro e lamacento.

O arranjo geológico da área do território de SGA baseou-se nas relações observadas em campo, e confrontadas com trabalhos anteriores de cunho regional. Conforme o esperado, o município apresenta a mesma associação litológica descrita na caracterização geoambiental de Caucaia.

A área encontra-se geologicamente posicionada no domínio das Coberturas Sedimentares, porém, se assentam sobre os terrenos cristalinos de faixas mais antigas representados pelas rochas do Complexo Ceará (gnáissicas, migmatitos, granitos, xistos e quartzitos), datadas do Pré Cambriano, aflorantes na porção centro - sul do município.

Neste ponto de descrição, pode-se identificar o contato litológico entre o Complexo Gnáissico Migmatítico e a Formação Barreiras, a qual se expõe na fácies grosseira, matriz arenosa, reunida por cimentos ferruginosos. Foi possível averiguar que a espessura dos sedimentos é muito consistente, podendo incluir seixos de quartzo de tamanho variegados, de acordo com o observado em campo.

Somam-se ainda diversas coberturas de espriamento aluvial com seus sedimentos recentes constituídos por areias, argilas, areias conglomeráticas e cascalhos oriundos dos Rio Anil, Guariba e São Gonçalo; incluem-se os capeamentos de coluviões holocênicos e os sedimentos fluvio-marinhos; além dos sedimentos arenosos eólicos litorâneos (dunas fixas e móveis) nas praias do Pecém e Taíba (P20). O pacote sedimentar da praia da Taíba possui larga faixa de areia, dunas, possui ainda falésias com reentrâncias (influência da erosão marinha).

O conhecimento da litologia é fundamental não só por constituir-se num dos principais fatores de formação do solo, mas, por serem registros visíveis dos processos geológicos atuantes na área de estudo. Os referidos municípios apresentam grandes potencialidades naturais, aumentando a mineração dos bens minerais de classe II, atualmente chamados de agregados.

#### **4.1.4.3.2. Principais Unidades Geológicas e suas Características Dinâmicas da Área do Projeto.**

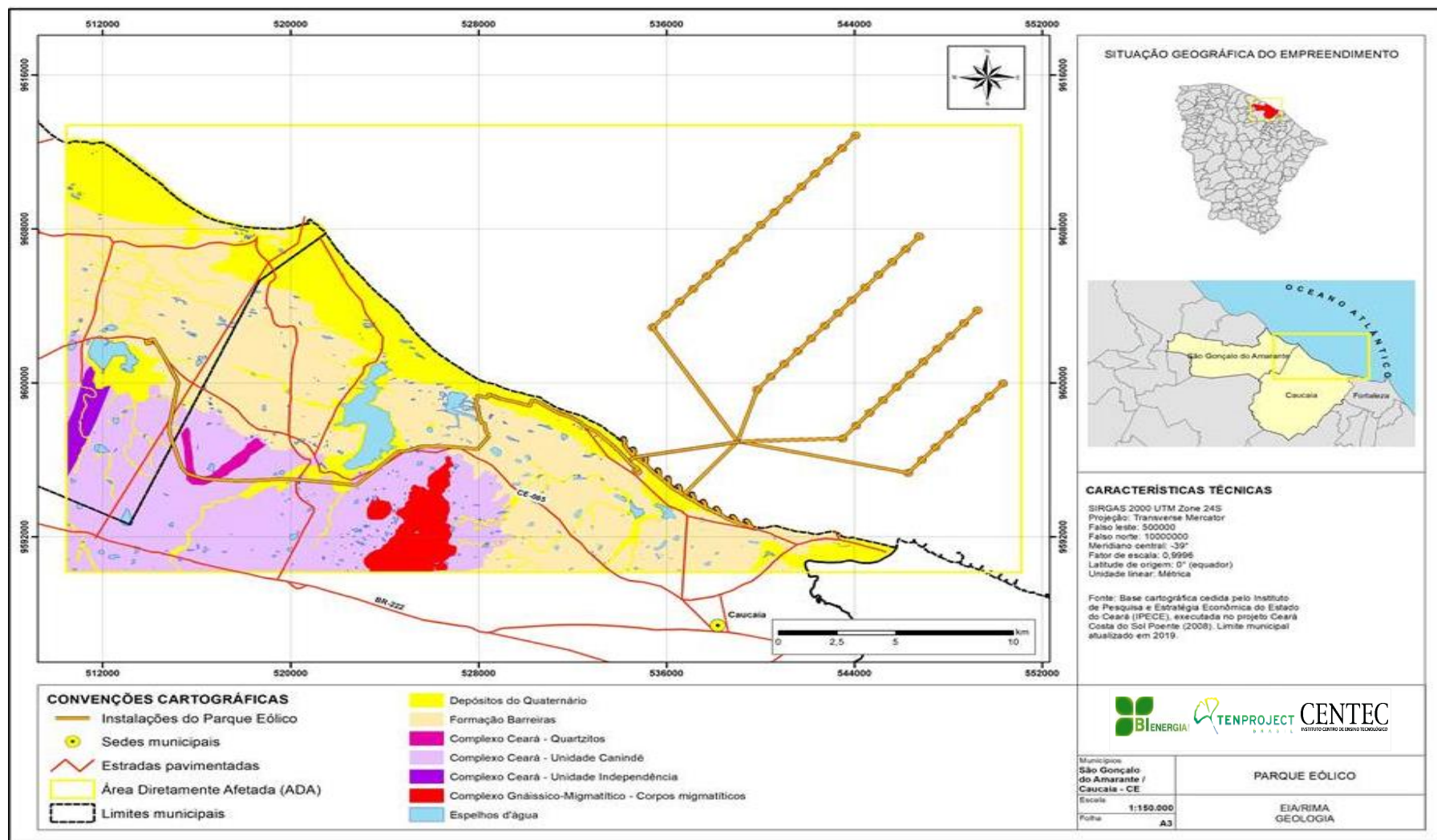
Neste item estão descritas as unidades geológicas existentes na área do Projeto Parque Eólico Offshore da Caucaia, ou seja, investigação científica de detalhe, a geologia local. Como descrito anteriormente, o Parque Eólico está inserido na sua maior parte no município de Caucaia. Da base para o topo, o município apresenta uma paisagem diversificada, com uma extensa faixa litorânea, sertão e afloramentos de serras e serrotes, unidades geomorfológicas que se encontram inseridas no contexto Domínio Ceará Central da Província Borborema.

- Pré-cambriano

Em detalhe a área estudada é caracterizada geologicamente pela ocorrência de terrenos cristalinos pré-cambrianos, denominados Complexo Granítico-Migmatítico e pelas coberturas sedimentares cenozóicas, representadas por: Formação Barreiras, Dunas fixas, Dunas móveis e Depósitos Flúvio-Aluvionares e marinho. A abordagem sobre os maciços residuais úmidos (Complexo Granítico-Migmatítico) existentes na área do projeto foi contemplada no item anterior a este. Então, a contextualização a seguir será sobre as coberturas sedimentares cenozóicas aflorantes na área (Mapa 4.1.4.3.2.1).



Mapa 4.1.4.3.2.1 - Mapa geológico simplificado da área do Projeto do Parque Eólico Offshore.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

*Raoni Ceci*

- Terciário

O litotipo imediatamente sobreposto às rochas do embasamento cristalino é representado pela unidade geológica Formação Barreiras, a qual se encontra caracterizada por arenitos de cores variando de tons avermelhados a amarelados e esbranquiçados, de composição areno-argilosa e granulometria fina a média, frequentemente apresentando finas e descontínuas lentes de argila e silte, e também com intercalações de níveis lateríticos e conglomeráticos (MARINHO *et. al.*, 2006).

A Formação Barreiras é considerada, por correlação estratigráfica, como pertencente ao Tércio-Quaternário, ou mais precisamente, a transição do Período Pliocênico para o Pleistocênico. O caráter ambiental é admitido como predominantemente continental, cujos sedimentos foram depositados sob condições do clima semiáridos sujeito a chuvas esporádicas e violentas, formando amplas faixas de leques aluvionais coalescentes em sopés de encostas mais ou menos íngremes. Nesta época geológica, o nível do mar era mais baixo que o atual, proporcionando o recobrimento de uma ampla plataforma (GURGEL, 2002).

A Formação Barreiras, estruturalmente apresenta-se horizontalizada, não se distinguindo estratificação, senão um visível paralelismo entre os níveis de constituição faciológicas diferentes, como descrito a seguir.

Esta formação geológica distribui-se de forma variável acompanhando a linha de costa do município da Caucaia, situando-se ainda, por trás das paleodunas e das dunas atuais. Algumas vezes, este quadro geral é rompido quando estes sedimentos ocorrem próximos ao mar, chegando a aflorar na forma de falésias, como as que ocorrem nas praias de Iparana, Pacheco e Tabuba.

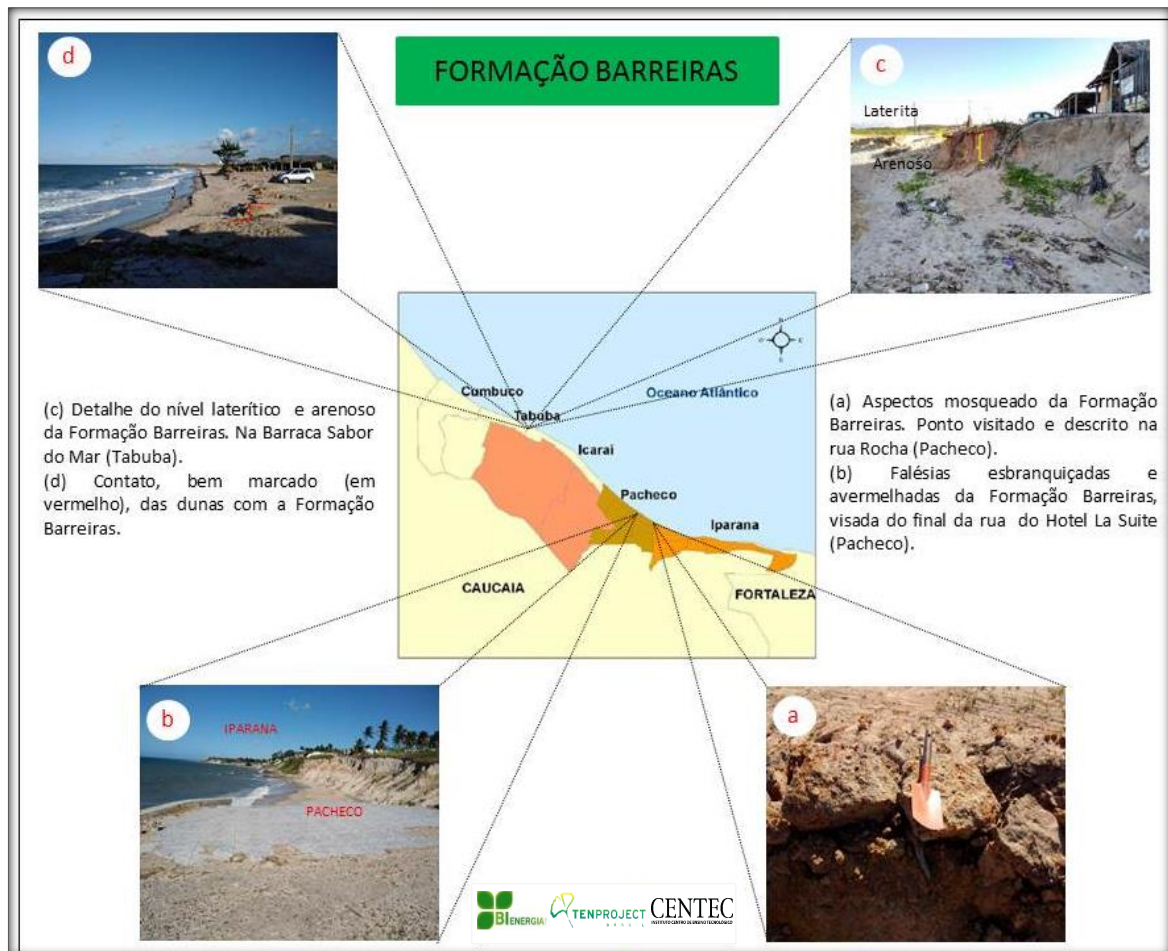
Também pode ser observada em afloramento na faixa de praia, com arenitos ferruginosos e conglomeráticos que constituem sua fácies basal. Sua espessura é bastante variável, decorrente do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento cristalino e do processo erosivo causado pelos rios e riachos, aprofundando-se em direção à costa, onde se encontra sotoposta aos sedimentos eólicos que constituem as dunas fixas e móveis.

Localmente é possível identificar as várias fácies da Formação Barreiras na área do Projeto Parque Eólico. Nas falésias das praias de Iparana os sedimentos areno-argilosos de coloração vermelho-amarelada possui uma matriz areno argilosa, na praia do Pacheco (0539181 N, 9592742 E) as falésias são constituídas por sedimentos areno-argilosos de tons esbranquiçados (matriz caulínica) com cimento argilo-ferruginoso (Figura 4.1.4.3.2.1 b).

Ainda na praia do Pacheco (0539833 N, 9592004 E) a referida unidade geológica apresenta um aspecto mosqueado (Figura 4.1.4.3.2.1 a). No limite das praias do Pacheco com a do Icarai (0538530 N, 9593004 E), na CE-090 por trás do posto BR é possível observar varrições faciológica da Formação Barreiras nas falésias na faixa de praia, no sentido horizontal concreções compostas por grãos de quartzo cimentados por material ferruginoso (níveis lateríticos) estão associadas à percolação de água. Ainda, neste ponto visitado e descrito é possível verificar em afloramento a perfeita fácies areno-argilosa de coloração avermelhada desta unidade geológica.

Na praia da Tabuba (Figura 4.1.4.3.2.1 c), na faixa de praia observou-se afloramento da ordem de 1,50 metros de espessa, constituído por cobertura areno-argiloso de tons avermelhados. Ainda, neste afloramento foi identificada outra fácies da Formação Barreiras, um horizonte de aproximadamente 10 centímetros de largura sem cota definida, constituído de arenitos conglomeráticos, ferruginosos ou lateríticos. A Figura 4.1.4.3.2.1 d, retrata o contato entre a Formação Barreiras e os sedimentos quaternários, que ocorreu por discordância angular erosiva, sendo o contato fácil de ser marcado, devido principalmente ao lixiviamento intenso nessas áreas sedimentares.

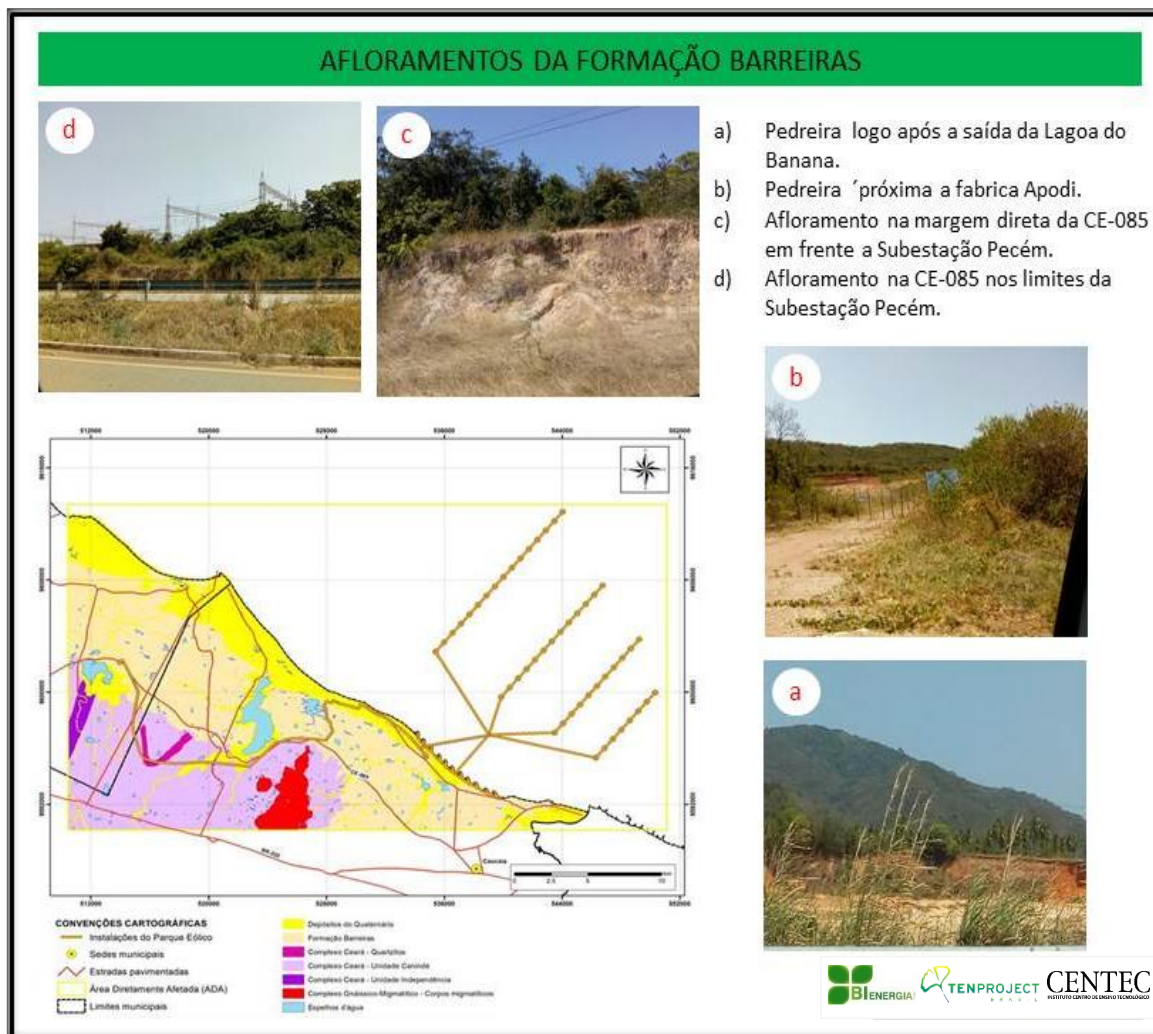
**Figura 4.1.4.3.2.1 - Exposições da Formação Barreiras nas praias do Pacheco e Tabuba.**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Outras ocorrências da Formação Barreiras, agora na porção continental, ou melhor, na zona de transição, na rodovia estadual CE-085 (Figura 4.1.4.3.2.2). A exposição da unidade geológica na forma jazida mineral, ambas as áreas com licenciamento do órgão ambiental (SEMACE) (Figura 4.1.4.3.2.2 a e b), se verifica a fácies areno argilosa de cor avermelhada, em nível de detalhe pode-se observar a presença da fácies laterítica. As outras exposições da referida unidade geológica foi verificada e descritas na forma de afloramento na margem esquerda e direita da CE-085, ambas nos limites da Subestação Pecém (Figura 4.1.4.3.2.2 c e d). Neste ponto a referida formação sedimentar é constituída por cobertura areno-argilosa de coloração amarelada e avermelhada.

**Figura 4.1.4.3.2.2 - Exposições da Formação Barreiras na Rodovia CE-085.**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

As características dessas variações faciológicas têm implicações geomorfológicas importantes para o contexto evolutivo-geomorfológico do Estado do Ceará e do município da Caucaia, além de, de orientar sobre que tipo de material geológico o empreendimento Parque Eólico Offshore da Caucaia vai atravessar e escavar para o aterramento das LT (linha de transmissão).

## - Quaternário

A metodologia utilizada para elaboração da caracterização geológica dos depósitos sedimentares litorâneos, que são os sedimentos acumulados resultantes da deriva litorânea, influenciados pela ação do mar e dos ventos, datados do Quaternário foram identificados, por meio da consulta às várias obras referentes à zona costeira do município da Caucaia, em particular unidades geológicas relacionadas à área do traçado da Linha de Transmissão (LT) do Projeto Parque Eólico Offshore Caucaia, através de mapas topográficos e geológicos e informações contidas em trabalhos de Souza (1988), Lima (2000) e Silva (2002), bem como o levantamento de campo através da descrição da área.

Na área do referido projeto, este período geológico é representado pelas coberturas sedimentares depósitos eólicos (dunas fixas e dunas móveis), depósitos flúvio-marinhos, depósitos flúvio-aluvionares, as areias de praias e *beach rocks*. Dentre as unidades citadas que compõem a paisagem da faixa litorânea apresenta-se à formação de duna. Trata-se de uma faixa de terra que acompanha paralelamente a faixa costeira, constituída por sedimentos arenosos recentes intensamente trabalhados pela ação dos ventos.

Nos estudos de SOUZA (1983; 1988) no litoral do Projeto Parque Eólico, duas feições de dunas são diferenciadas, as dunas recentes, que geralmente são móveis, que não apresentam cobertura vegetal e nem ação pedogenética. Foram assim classificadas, sobretudo, devido a aspectos morfológicos. Formam um cordão contínuo de areias secas que se desenvolvem ao longo das praias da zona costeira da Caucaia. São desnudas de cobertura vegetal, o que permite uma intensificação da ação do vento, dando curso à migração dessas dunas.

Constituem-se de areias de cores claras, comumente esbranquiçadas, de granulações finas, formadas principalmente por grãos de quartzo comumente foscas, contendo raras concentrações ou leitos de minerais pesados. Texturalmente apresentam-se bem classificadas, com grãos arredondados. São sedimentos inconsolidados, associados ao ambiente marinho raso.

A outra geração de dunas refere-se a uma mais antiga, de coloração branco-acinzentada refletindo o efeito da presença de matéria orgânica, posicionadas por trás das dunas móveis. São dunas que possuem ação pedogenética e vegetação herbácea arbustiva, o que interrompe ou diminui a ação do vento, chamadas de dunas fixas. Essas dunas formam corpos de sedimentos arenosos inconsolidados distribuídos na zona costeira da Caucaia e repousam discordantemente sobre os sedimentos da Formação Barreiras, porém em direção ao interior formam um capeamento irregular e descontínuo. São sedimentos eólicos mais oxidados que as dunas recentes e, em alguns locais, onde possuem espessuras elevadas, já exibem alguma compactação.

Constitui-se de areias quando muito oxidadas apresentam cores amareladas, alaranjadas ou avermelhadas e quando na presença de matéria orgânica apresentam-se cinza-claros, com granulação variando de fina à média, composta principalmente por grãos de quartzo foscos. Texturalmente acham-se bem classificados, com grãos subarredondados (menores) a arredondados (maiores). São sedimentos que denotam transporte eólico.

Foi observado em campo que as dunas móveis e fixas, não seguem uma ordem sequencial ao longo do litoral para o continente, ou seja, pode ser interrompido, logo após uma duna fixa pode-se encontrar uma Formação Barreira (Figura 4.1.4.3.2.3)

Segundo a literatura (trabalhos anteriores) e observação e campo as praias do Icaraí, Tabuba e Cumbuco apresentam um intenso cordões de dunas. Essas unidades geomorfológicas serão atravessadas pela LT (linha de Transmissão) do Projeto Parque Eólico Offshore Caucaia.

Na configuração da paisagem da área em epígrafe, pode-se afirmar que as dunas além do aspecto visual, proporcionam uma constante dinâmica, contribuindo para formação de outras unidades geomorfológicas, como é o caso das lagoas. Nos estudos efetuados por SALES (1993), as lagoas interdunares são constituídas por águas doce localizadas entre as dunas e submetidas as ações de gradação das mesmas. Esses ambientes são formados a partir das águas oriundas por percolação e ascensão do lençol freático, principalmente nos períodos de chuva, surgindo no sopé das dunas.

**Figura 4.1.4.3.2.3: Dunas móveis e fixas na área da área de estudo.**



**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2019.

Outra forma de ambiente lacustre existente na área litorânea refere-se as lagoas, sendo relacionadas ao contato das águas das lagoas com as águas do mar, tornando-se salobras, ou nos casos que os avanços de dunas interceptam o curso de um rio.

Na praia do Icaraí, encontram-se ambientes lacustres por trás dos campos das dunas, como é o caso da Lagoa do Poço, sendo denominada pela população local como Lagamar da Barra Nova. A mesma atinge o mar, tendo em sua foz a designação do riacho do Juá, que tem sua nascente na serra de mesmo, formando um ambiente



flúviomarinho. A referida feição geomorfológica encontra-se disposto à linha da costa de forma horizontal. Sua interação com as dunas não se limita apenas a estes aspectos, pois a mesma transporta o material que é deslocado para seu interior é removido para a linha da costa subsequente, no caso a praia de Tabuba (Figura 4.1.4.3.2.4 a).

**Figura 4.1.4.3.2.4 - Coberturas sedimentares em ambiente de praia e flúvio lacustre e marinho.**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Ainda, na área do Projeto do Parque Eólico existe outra lagoa, mundialmente conhecida como Lagoa do Banana (Figura 4.1.4.3.2.4 b). Este depósito é representado, essencialmente, por areias, cascalhos, siltes e argilas, com matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais aluvionares recentes, sobre terrenos da Formação Barreiras.

As últimas coberturas sedimentares na do projeto são as areias de praia e os *beach rocks*. As areias de praia formam corpos de sedimentos alongados por toda extensão da costa do litoral da Caucaia, entre os limites de baixa maré e o início das dunas móveis. O sedimento da face praial é predominantemente composto por areias finas a médias e secundariamente por areias grossas. O outro tipo de depósito identificado na orla do município são os *beach rocks* (rochas de praia), constituindo uma feição tabuliforme, geralmente associada a desembocaduras fluviais, ocorrendo nas praias do Pacheco e Icaraí (Figura 4.1.4.3.2.4 “c” e “d”).

#### **4.1.4.3.3. Principais Unidades Geológicas e suas Características Dinâmicas da Plataforma Cearense.**

Aqui foram descritas a geologia da plataforma continental cearense, área onde serão instalados os aerogeradores do Projeto Parque Eólico Offshore da Caucaia. Como descrito anteriormente, o Parque Eólico está inserido no município de Caucaia.

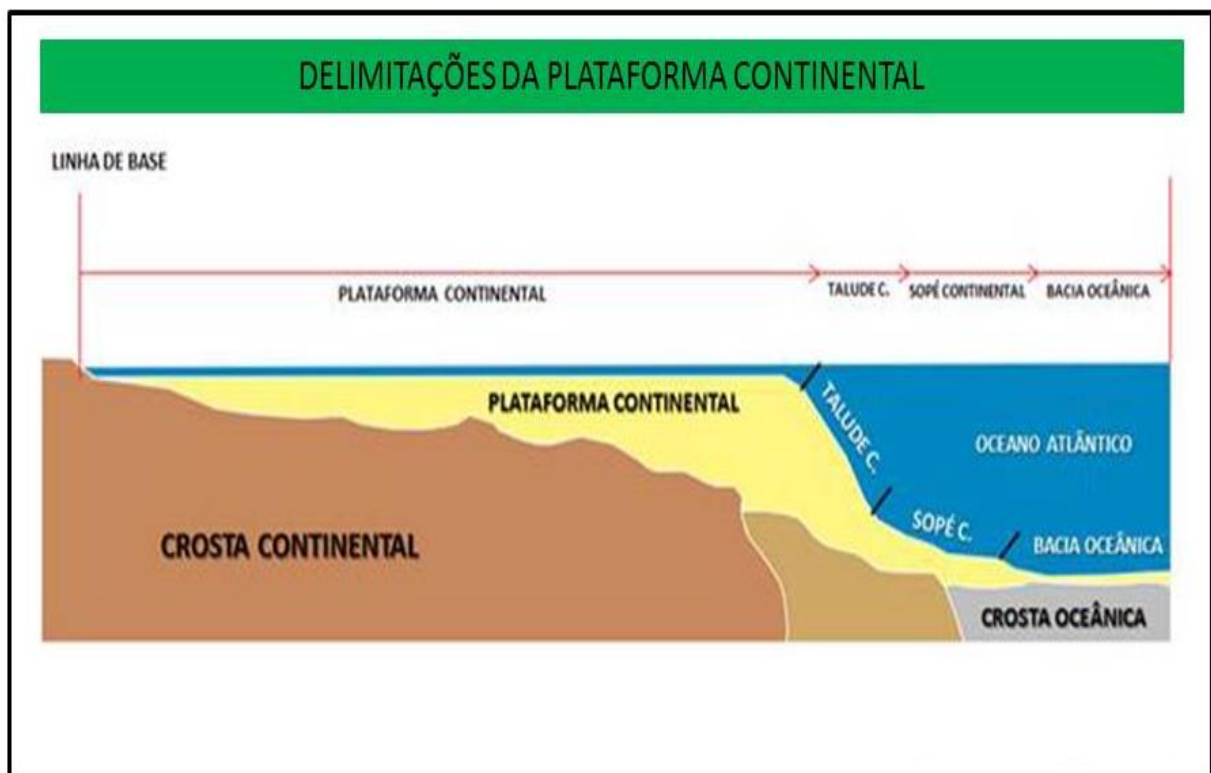
Na vasta literatura pesquisada, os oceanos representam dentro do domínio sedimentar o ponto terminal de acumulação de substâncias sólidas (orgânicas e inorgânicas) que foram produzidas nas áreas fontes e transportadas por vários agentes (rios, chuva, vento e geleiras) que transportam os materiais dissolvidos. Considerando todos os oceanos do mundo, a precipitação equilibra o influxo total de materiais dissolvidos pelo intemperismo continental e pela atividade hidrotermal das dorsais mesoceânicas, maneira pela qual o sistema Terra mantém seu equilíbrio (PRESS *et al.*, 2006).

As margens continentais representam a zona de transição entre os continentes e as bacias oceânicas e, do ponto de vista geológico, fazem parte do continente, muito embora situem-se abaixo do nível do mar” (Batista Neto & Silva 2003). Os ambientes marinhos são subdivididos de acordo com a profundidade da água, que determina os tipos de correntes marinhas, bem como, podem ser classificados com base na distância à margem continental em: ambiente costeiro formado pelos deltas e praias; margem continental onde está localizado a plataforma e talude continental e o

ambiente de mar profundo, incluindo a planície abissal e a elevação continental (AGUIAR, 2014).

As pesquisas oceanográficas, em função da variação do gradiente batimétrico, subdividiram a margem continental brasileira em três domínios: Domínio da Plataforma Continental, de 0 a 180 metros de profundidade, Domínio do Talude Continental, de 180 a 3.000 metros, e Domínio do Sopé Continental, com profundidades superiores a 3.000 metros (Figura 4.1.4.3.3.1).

**Figura 4.1.4.3.3.1 - Margem e plataforma continental.**



Fonte: Barros, 2014.

A área da Plataforma Continental corresponde à extensão submersa dos continentes, caracterizado por suaves declividades em direção à borda do talude, relevo liso ou terraceado com desníveis inferiores a 18 metros. Essa província fisiográfica subdivide-se em plataforma interna, desenvolvida desde o nível de maré baixa até cerca de 30 metros de profundidade (porção proximal) e plataforma externa,

situada entre as profundidades de 30 a 100 ou 200 metros (porção distal) (SUGUIO 2003, TESSLER & MAHIQUES 2003, BATISTA NETO & SILVA 2004).

A porção correspondente ao Talude Continental abrange a faixa de transição entre as águas rasas da plataforma e as águas profundas da bacia oceânica. Essa região caracteriza-se pela presença de declives acentuados, com o desenvolvimento de fortes fluxos (conhecidos como correntes de turbidez) capazes de carrear grande quantidade de sedimentos para a região abissal. Já o domínio do Sopé Continental representa a província fisiográfica localizada entre o talude continental e a bacia oceânica, sendo caracterizado por larguras variáveis (100 a 1000 Km), gradiente suave, podendo apresentar sistemas de cadeias e montes submarinos (BATISTA NETO & SILVA 2004).

Dentre as áreas descritas na margem continental, a plataforma continental é a porção mais rasa do oceano onde se concentram importantes recursos de valor econômico, dos quais, minerais, petróleo, gás natural, recursos pesqueiros, além dos grandes complexos portuários e industriais, instalados próximos à linha de costa. Atualmente vêm sendo estudada para implantação de parques eólicos offshore (Item 4.1.4.2).

A plataforma continental como um ambiente propício à sedimentação possui uma vasta distinção de tipos sedimentares devido às diferentes fontes, origem, transporte e mecanismo de deposição (Martin, *et al.*, 1967). Estas distinções dividem o processo de sedimentação na plataforma continental em terrígena e marinha (Martin, *et al.*, 1967). Os depósitos sedimentares marinhos, em geral, são originários de fontes diversas, tais como, os sedimentos siliciclásticos transportados pelos rios quando alóctones, biogênicos originados de organismos marinhos, terrestres e autigênicos como produto da precipitação de sais a partir da água do mar (TESSLER; MAHIQUES, 2000; PRESS *et al.*, 2006. In: AGUIAR, 2014).

A sedimentação terrígena tem como principal característica a origem fluvial do sedimento, ocorrendo em vales soterrados ou remobilizados por feições antigas praias ou barreiras (Martin, *et al.*, 1967). Embora boa parte dos sedimentos submersos, e que foram produzidos em ambiente continental e transaccional, esses materiais foram primeiramente depositados por rios e em alguns casos por gelo que fluíram por uma

planície costeira que se encontra afogado pelo nível do mar atual (MARTINS E NUNES, *et al.*, 2007).

A morfologia da plataforma continental é resultado do efeito acumulativo dos processos cíclicos de erosão e deposição em relação às constantes oscilações no nível do mar, considerando o tempo geológico, conforme mostra (Kennet, 1982); (Suguio, 2003). Segundo Short (1999) afirma que os mais importantes processos para controle da morfologia de praia e hidrodinâmica dos ambientes praias estão associados à dissipação e incidência da energia costeira. Tais processos, segundo o autor, incluem os regimes de ondas, correntes e marés. Logo, segundo o autor, as condições hidrodinâmicas estabelecem as situações favoráveis para o modelamento de fundo da plataforma interna (AGUIAR, 2014).

Coutinho (2004) relata que um aumento substancial do conhecimento sobre os sedimentos superficiais da plataforma continental brasileira começou com o funcionamento, em 1958, do Instituto de Biologia Marítima e Oceanografia, da Universidade do Recife. Em colaboração com a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil e com a Divisão de Recursos Pesqueiros da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (DRP/SUDENE), foram realizados os primeiros trabalhos sistemáticos sobre a identificação e distribuição dos sedimentos na plataforma brasileira. A plataforma continental brasileira apresenta uma largura entre 25 e 250 km, variando conforme a disposição do talude.

Segundo Coutinho (1976) a plataforma continental do Nordeste brasileiro pode ser subdividida em três seguimentos: plataforma interna (até a isóbata de -20 m); plataforma média (de -20 a -40 m); e plataforma externa (de -40 a -60 m). Já Suguio (2003) afirma que a plataforma é dividida de acordo com a profundidade, sendo dividida em: plataforma continental interna (0 até 30 m) e plataforma externa (30 m até 100 m). Para Freire (1985), a plataforma continental cearense, em função de sua largura e profundidade, foi dividida em plataforma interna, sendo delimitada pelas isóbatas de 0 a 20 metros, com predomínio da fácies essencialmente arenosa e plataforma externa, representada pela superfície oceânica situada entre a isóbata de 20 metros e a quebra da plataforma, com o predomínio da fácies organógena.

Como se sabe o estado do Ceará possui 573 km de linha de costa caracterizada por feições morfológicas resultantes da combinação de processos geológicos,

climáticos e oceanográficos, ocorridos durante o Quaternário. Já a plataforma continental do referido Estado tem uma largura média de 63 km, apresentando largura máxima de 101 km, na altura de Camocim, à oeste de Fortaleza, e mínima de 41 km, em Tremembé à leste da capital (município de Icapuí).

A paleogeográfica da plataforma continental do Ceará está relacionada com as variações do nível do mar registradas durante o Quaternário. A evolução dessa plataforma, segundo dados morfológicos e informações obtidas em outras áreas da plataforma continental brasileira, teve início no final do Pleistoceno, associado a eventos glaciais (máximo glacial), culminando com a transgressão holocênica subsequente (Transgressão Flandriana) (FREIRE & CAVALCANTI (1998).

Os referidos autores a partir da análise dos registros sísmicos e de perfis batimétricos, demarcaram três períodos de estabilização do nível do mar na plataforma continental cearense:

- Primeiro Período: este período corresponde à estabilização ocorrida a 13.000 A. P., evidenciada na plataforma continental cearense pelo desenvolvimento de terraço, atualmente posicionado entre as isóbatas de 90 e 97 metros e recoberto por areias transgressivas e cascalhos biogênicos, correspondendo, portanto, ao nível de mar mais baixo na região.
- Segundo Período: o período encontra-se associado à estabilização climática e/ou tectônica ocorrida há cerca de 11.000 anos A.P., sendo testemunhado na região pelo desenvolvimento de superfícies constituídas por topografia suave, recobertas por sedimentos de natureza biogênica, mapeadas entre as isóbatas de 40 e 50 metros.
- Terceiro Período: O período envolve eventos geológicos ocorridos em torno de 7.000 A. P., registrados no domínio da plataforma continental externa (entre as isóbatas de 23 e 35 metros), correspondendo, portanto, ao nível mais alto dos mares cearenses.

Dados sedimentológicos da plataforma continental do Ceará revelam que a transgressão holocênica aconteceu na região em eventos lentos, descontínuos, interrompidos várias vezes por pequenas regressões. À medida que a transgressão progredia, areias transgressivas e/ou algas calcárias capeavam as superfícies erosivas formadas durante os eventos regressivos (FREIRE 1985).

#### 4.1.4.3.45. Considerações Finais

Neste item foi abordado sobre a geologia e sua dinâmica do Estado do Ceará, dos municípios da Caucaia e São Gonçalo do Amarante, da Planície Litorânea e da Plataforma Continental, áreas de implantação do Projeto Parque Eólico Offshore Caucaia.

Diante do que foi exposto, pode-se afirmar que, as condições geológicas citadas acima são variadas. A diversidade litológica e a dinâmica atuante em cada unidade geológica têm implicações diretas na formação da paisagem, portanto, os reflexos geológicos incidem diretamente sobre o relevo e os solos da área em apreço.

Vale salientar que, a ocupação do litoral do município da Caucaia, território onde ocorrerá a implantação do Parque Eólico, não ocorreu de forma homogênea e muito menos organizada, que alinhada a erosão oriunda da implantação do Porto do Mucuripe em Fortaleza vêm intensificado o processo erosivo do espaço litorâneo do referido município. Que a plataforma continental do Ceará é rasa, sua evolução paleogeográfica ocorreu durante o Quaternário e que a deposição sedimentar está vinculada a dinâmica marinha das correntes e ondas.

Portanto, é condição prioritária analisar as informações geológicas aqui descritas na compreensão do mecanismo de formação das paisagens da área de estudo, objetivando um bom uso do ambiente modificado.