

## 8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA

### 8.1. INTRODUÇÃO

Para a avaliação do meio físico-biótico de qualquer território – especialmente da área onde está sendo implantado o Complexo Industrial – será de fundamental importância um conhecimento profundo desse território e dos seus componentes. Esse conhecimento requer a adoção de metodologia sistêmica que visa a atender aos objetivos do EIA-RIMA, privilegiando as sínteses e correlações interdisciplinares, ao invés de estudos estanques e setoriais.

Os procedimentos adotados na elaboração dos estudos físico-ambientais têm merecido a devida atenção, ao tratar de estabelecer as diretrizes das Políticas do Meio Ambiente. Os resultados e experiências alcançados na última década se baseiam em um modelo sistêmico, revelando-se mais adequado para incorporar a variável ambiental ao processo de organização territorial. Parte-se do pressuposto de considerar o ambiente como um sistema complexo que deriva das relações e interações entre componentes do potencial ecológico e componentes da exploração biológica. Essas relações assumem um grau maior de complexidade quando são incorporadas às variáveis socioeconômicas.

Os sistemas ambientais tendem a apresentar um arranjo espacial decorrente da similaridade de relações entre os componentes naturais – de natureza geológica, geomorfológica, hidroclimática, pedológica e biogeológica – materializando-se nos diferentes padrões de paisagens.

Parte-se do pressuposto básico de que os sistemas naturais (geossistemas) são integrados por variados elementos que mantêm relações mútuas entre si e são continuamente submetidos aos fluxos de matéria e de energia. Cada sistema representa uma unidade de organização do ambiente natural. Em cada sistema, verifica-se, comumente, um relacionamento harmônico entre seus componentes e eles são dotados de potencialidades e limitações próprias sob o ponto de vista de recursos ambientais. Como tal, reagem também de forma singular no que tange às condições históricas de uso e ocupação.

Considerando os pressupostos retromencionados, o estudo do meio físico-biótico busca atingir os objetivos delineados a seguir:

- Identificar e caracterizar os sistemas físico-bióticos, com base em proposta metodológica sistêmica, considerando as principais variáveis ambientais relativas ao suporte (condições geológicas e geomorfológicas), ao envoltório (condições hidroclimáticas) e à cobertura (solos e recobrimento vegetal).
- Definir os limites de cada sistema e das subunidades neles contidas, em precisão compatível com a escala do mapeamento (1:10.000) e com as ordens de grandeza espacial das categorias taxonômicas da organização geográfico-espacial.
- Avaliar as condições ecodinâmicas com base no balanço entre os processos morfogenéticos e pedogenéticos, tendo em vista o grau de estabilidade do ambiente e sua vulnerabilidade aos impactos da implantação do CIP.
- Considerar a compartimentação e a subcompartimentação geomorfológicas como elementos fundamentais da integração com os demais componentes geoambientais, tendo condições de refletir as qualidades de estabilidade ambiental de acordo com uma escala têmporo-espacial.
- Apresentar a caracterização dos sistemas sob a forma de matriz, facilitando sua interpretação prática e favorecendo a imediata compreensão do mapa temático, para o qual a matriz pode servir como legenda mais detalhada.
- Indicar e caracterizar as Unidades de Conservação contidas na Área de Influência do CIP, incluindo as unidades de proteção integral e de uso sustentável.
- Elaborar prognóstico das repercussões dos impactos no ambiente natural.
- Fazer mapeamento das unidades de Interação da área potencialmente afetada e suas vulnerabilidades/fragilidades.
- Fornecer subsídios ao ordenamento territorial através do Zoneamento Ambiental e aos Programas de Monitoramento da qualidade ambiental.

## 8.2. ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS E OPERACIONAIS

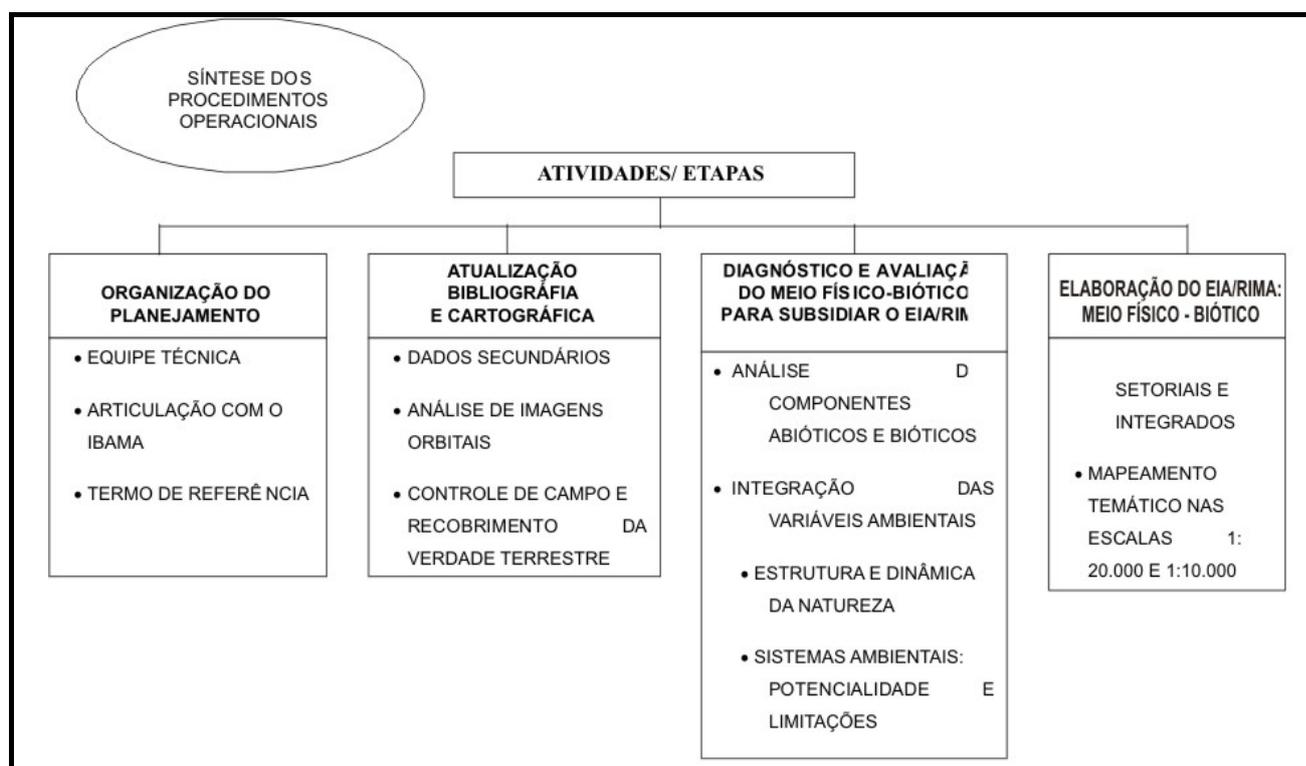
A elaboração do diagnóstico ambiental para a composição do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA demandou uma organização em procedimentos operacionais:

- Organização do Planejamento.

- Atualização Bibliográfica e Cartográfica.
- Diagnóstico e Avaliação do Meio Físico-Biótico para Subsidiar o EIA/RIMA.
- Elaboração do EIA/RIMA: Meio Físico – Biótico.

A Figura 8.1 apresenta o organograma das etapas de elaboração do diagnóstico dos meios físico e biótico.

**Figura 8.1 – Etapas de Elaboração**



### 8.2.1. Marco Conceitual

O ordenamento territorial de uma área a ser fortemente impactada em função da instalação e expansão gradativa do Complexo Industrial do Pecém deve ser realizada sobre uma base espacial concreta. Ela é definida por uma contextualização complexa e que envolve elementos naturais, sociais, econômicos, culturais e históricos, esboçando os marcos geográficos que compõem as unidades de análise do meio ambiente.

Há, por consequência, a necessidade de fundamentar uma base conceitual para definir e delimitar os ambientes e os critérios de avaliação da sua capacidade de suporte. Busca-se, em última análise, a compatibilização entre a apropriação dos recursos ambientais e o

uso sustentável desses recursos, respeitando-se a dinâmica ou a funcionalidade ecológica e econômica.

Estudos e avaliações dessa natureza requerem um enfoque sistêmico que baliza uma estratégia metodológica capaz de apreender as relações entre os processos naturais e as formas de produção do espaço através da industrialização.

Dentre as dimensões estratégicas envolvidas na concepção de desenvolvimento sustentável, a geoambiental presume um sistema complexo de relações entre o conjunto dos componentes abióticos e bióticos da natureza e os processos envolvidos. Os sistemas ambientais daí resultantes, configuram arranjos espaciais que têm similaridade de relações mútuas entre os componentes. Viabiliza-se, desse modo, estabelecer um limite de tolerância ou de suporte para cada sistema ambiental tendo em vista a tipologia das indústrias a serem implantadas no Complexo Industrial do Pecém.

Na preparação da legenda do mapa dos sistemas ambientais, selecionaram-se as características dos principais atributos ambientais. Elas serviram de base para indicar condições favoráveis ou limitantes para a implantação do CIP.

Com o objetivo de avaliar a dinâmica ambiental e o estado de evolução dos sistemas, estabeleceram-se categorias de meios ecodinâmicos com base em critérios de TRICART (1977). Cada uma das categorias está relacionada ao comportamento e à vulnerabilidade das condições ambientais em função dos impactos acionados pelos processos degradacionais. Com o enquadramento dos sistemas em uma determinada categoria de meio, viabiliza-se a possibilidade de se detectar o grau de vulnerabilidade do ambiente e seu comportamento futuro. As categorias de vulnerabilidade consideradas à ocupação foram: alta, moderada e baixa.

Após a caracterização do contexto ambiental da área, organizou-se um Quadro Sinóptico dos Sistemas Ambientais contemplando, os principais elementos definidores de cada sistema, destacando-se as características naturais dominantes, as potencialidades e limitações do ambiente e os riscos de ocupação.

As potencialidades são tratadas como atributos positivos do ambiente natural ou como atividades que podem ser sustentavelmente praticadas.

As limitações de uso produtivo, além das restrições ligadas à legislação ambiental, são identificadas com base na vulnerabilidade e nas deficiências do potencial produtivo dos recursos naturais e no estado de conservação da natureza, em função dos impactos produzidos pela ocupação da terra. Os riscos se referem aos impactos negativos oriundos de uma ocupação desordenada do ambiente.

## **8.2.2. Montagem da Base Cartográfica – Material Cartográfico e Equipamentos**

Para a organização do mapeamento em escala de 1:10000, foram utilizadas as seguintes produtos e bases cartográficas:

- Imagens digitais aerofotogramétricas pancromaticas na escala de 1:10.000.
- Imagens digitais com resolução de 2.5m do satélite CIBRS na escala de 1:20.000.
- Mapas planialtimétricos da área enfocada.
- Mapas de temas geoambientais resultantes de levantamentos sistemáticos de recursos naturais a nível Exploratório-Reconhecimento: RADAMBRASIL (1981), IBGE/SUDENE (1985), EMBRAPA (1991), SOUZA et al (1998).

A base cartográfica utilizada para a delimitação da área foi o mapeamento sistemático planialtimétrico, em escala de 1:100.000, elaborado pela SUDENE/DSG. As folhas e sua respectiva nomenclatura são as seguintes: (Quadro 8.1).

**Quadro 8.1 – Relação das Cartas na Escala de 1:100.000**

<b>FOLHAS</b>	<b>NOMENCLATURA</b>
Baturité	SB - 24- X - A- I
Fortaleza	SA - 24 - Z - C - IV
Paracuru	SB. 24 - Y - D - III
Lagoa de São Pedro	SA. 24 - Z - C - I

Para a execução do mapeamento, foram utilizadas imagens ETM/LANDSAT 5 em composição nas bandas 5, 4 e 3 (R, G, B), escala 1:50.000, de acordo com as referências apresentadas a seguir: (Quadro 8.2).

**Quadro 8.2 - Relação das Órbitas e Ponto das Imagens**

<b>TIPO DE IMAGEM</b>	<b>ÓRBITAS-PONTOS/ORTOFOTOCARTA</b>	<b>QUADRANTE /NUMEROS</b>
Satélite Landsat/sensor TM	217/063	A, B, C e D
Ortofotocartas	621; 684A; 684 B 684c, 684 f, 684g, 684h, 684I 684m	621-V; 684-A; 684-B 684-C, 684-F, 684-G, 684-H, 684-I 684-M

Equipamentos / Software:

- Computadores e periféricos
- Plotter – HP 2500
- Software SPRING

### **8.2.3. Etapas do Geoprocessamento**

As etapas de desenvolvimento das atividades operativas do geoprocessamento partiram desde a confecção dos diversos *overlays* temáticos, organizados em função dos dados geocartográficos disponíveis, da interpretação das imagens do sensor ETM Landsat 7 e dos resultados das expedições de campo.

A seleção e entrada de dados foram procedidas a partir da escolha criteriosa daqueles a serem geocodificados em função do seu nível de importância para o estudo. O mapa básico foi organizado de modo a conter informações sobre a rede de drenagem superficial, infraestrutura viária e localização de suas sedes.

Foi realizada a correção geométrica de modo a unificar a base de dados nas várias escalas de trabalho, considerando os limites da área de influência do CIP.

Com o apoio na base de dados digitais fornecidos e os adquiridos por meio dos tipos de imagens anteriormente relacionadas procedeu a preparação e as atualizações da base cartográfica na escala de 1:50.000 através do software SPRING. Após a preparação da cartografia básica na escala retromencionada, cada subgrupo da equipe técnica forneceu os elementos requeridos para a organização dos diversos mapas temáticos.

Na produção da Carta Imagem, também disponibilizada para as demais equipes, utilizou-se a composição das faixas espectrais 5, 4 e 3 (R5+G4+B3) mais a Faixa PAN (Pancromático), com 30m (trinta) e 15m (quinze) respectivamente, gerando a Imagem MERGE, que serviu de base para a carta imagem.

Na manipulação e geração de mapas, foi feita a poligonalização dos dados que consiste no reconhecimento das diferentes classes para cada tema trabalhado, onde, através dos aplicativos de manipulação, se obteve para cada Plano de Informação (PI) os dados quantitativos de área para as respectivas classes dos temas trabalhados. Foram gerados os mapas básicos e temáticos na escala de 1:50.000, tais como os dados dos Solos, Geologia/Geomorfologia, dos Recursos Hídricos e de Uso e Ocupação.

Na produção do Mapa de Uso e Ocupação optou-se pela segmentação de dados que consiste na rotulação da imagem por regiões com características semelhantes originadas

a partir do agrupamento de pixel associado a um valor estabelecido para o limiar das amostras. As regiões foram reconhecidas como um determinado tipo de vegetação e uma forma de uso e ocupação que constitui da sua classificação.

Com base nos indicadores gerados, montou-se um banco de dados temáticos formado pelos PI's e seus atributos, através do qual foi realizado o cruzamento para cálculos de áreas e de determinação de índices climáticos e qualificação das condições sócio-ambientais da área.

### **8.2.3.1. Preparação da Cartografia Básica**

Levantamento, delimitação e sistematização da base cartográfica na escala de 1:50.000, a partir do material disponível em estudos já realizados na área.

A cartografia básica foi obtida com fundamento na compilação, atualização das informações planimétricas contidas nas folhas planialtimétricas na escala de 1:100.000, sobre a rede viária, áreas urbanas e espelhos d'água, cuja sistematização permitiu a ampliação da informação para a escala de 1:50.000, de acordo com o mapeamento sistemático com abrangência de 15' X 15' cada.

### **8.2.4. Atualização da Planimetria e Conferência Topográfica por Meio dos Produtos de Sensoriamento Remoto e GPS, Checagem de Campo da Toponímia e Reambulação**

A utilização de imagens orbitais do sensor ETM/LANDSAT 7 nas bandas 5, 4 e 3 (R, G, B) mais a PAN viabilizou a correta identificação e interpretação dos alvos analisados.

Da utilização de imagens orbitais do sensor ETM do satélite LANDSAT-7 nas bandas 3, 4, 5 associada à PAN, gerou-se a imagem MERGE, que permitiu a ampliação e melhoramentos quanto à resolução espacial, podendo chegar com qualidade dos dados até uma escala aproximada de 1:25.000, sendo imprescindível para a correta identificação dos alvos analisados. Foi assim viabilizada a atualização da base cartográfica, através da discriminação de corpos d'água, das modificações ocorridas na linha de costa, permitindo a identificação de novas rodovias e áreas urbanas.

A identificação dos alvos foi feita através da análise digital das imagens. Levou-se em conta, basicamente, o padrão de resposta espectral caracterizado pelas diferentes tonalidades atribuídas às cores nas composições coloridas.

### **8.2.5. Digitalização, Vetorização, Edição da Planialtimetria Básica e Registro dos Dados Orbitais com a Planimetria Básica por Folhas e Composição de 06 Cartas Imagens**

Com apoio das imagens foi possível a vetorização e, conseqüentemente, atualização das bases. Como produtos foram reproduzidas 08 (oito) cartas imagens da área total apresentadas na forma de mosaico.

Disponibilização no formato digital extensão DXF em CD para as demais equipes.

Edição e geração das cartas básicas finais, disponibilização em formato digital na extensão DXF e GRIB na escala de 1:50.000 e na extensão TIF o mosaico das cartas imagens em CD para as demais equipes.

### **8.3. CONCEITOS E PRINCÍPIOS PARA ANÁLISE DO MEIO FÍSICO-BIÓTICO**

Os resultados do diagnóstico ambiental do meio físico-biótico derivam de uma revisão sistemática dos levantamentos anteriormente procedidos sobre a base dos recursos naturais. As análises desse material e dos produtos do sensoriamento remoto, além dos trabalhos de campo para fins de reconhecimento da verdade terrestre, constituem os meios utilizados para o alcance dos objetivos propostos.

As análises temáticas são apresentadas de modo a demonstrar o estreito relacionamento entre os componentes geoambientais. Estas análises, que encerram a primeira etapa do diagnóstico, foram conduzidas de modo a definir as características das diversas variáveis que compõem o meio físico. Sequencialmente são apresentadas as condições lito-estratigráficas (geológicas) e as características das feições geomorfológicas; características climáticas e hidrológicas; distribuição dos solos, suas principais propriedades e os padrões de cobertura vegetal, além de estudos da fauna. Essa sequência apresenta uma cadeia de produtos parciais que expõe uma relação de dependência entre as variáveis geoambientais. Cada uma delas apóia-se nas anteriores e fundamenta as seguintes.

O diagnóstico do meio físico-biótico representa uma proposta de síntese da Compartimentação Geoambiental através de um quadro sinóptico. Essa proposta é apoiada na análise das variáveis anteriormente procedidas e nas relações mútuas dessas variáveis. São definidas, assim, com maior clareza, o significado geoambiental das variáveis relacionadas com o suporte, o envoltório e com a cobertura. Visa-se, com isso, atender aos pressupostos de uma análise integrada do ambiente físico-natural.

Na etapa subsequente do diagnóstico, é priorizada a visão de totalidade para a caracterização das unidades geossistêmicas. Destacam-se, nesse aspecto, as concepções metodológicas consagradas em trabalhos ligados aos diagnósticos e zoneamentos ambientais.

As unidades geossistêmicas foram posteriormente delimitadas em função de combinações mútuas específicas entre as variáveis geoambientais. Destacando-se as diversidades internas dos geossistemas, foram delimitados os sistemas ambientais contidos em um mesmo sistema de relações. Sob esse aspecto, a concepção de paisagem assume significado para delimitar as subunidades, em função da exposição de padrões uniformes ou relativamente homogêneos. A paisagem encerra o resultado da combinação dinâmica e instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem dessa paisagem um conjunto único e indissociável em perpétua evolução.

Na preparação da legenda do mapa da Compartimentação Geoambiental, foram destacadas as características dos principais atributos ambientais. Elas serviram de base para indicar condições potenciais ou limitativas, quanto às possibilidades de uso dos recursos naturais e das reservas ambientais, em face da implementação do Complexo Industrial do Pecém.

Com o objetivo de avaliar a dinâmica ambiental e o estado de evolução dos sistemas ambientais, foram estabelecidas categorias de meios ecodinâmicos, com base em critérios de TRICART (1977). Cada categoria está associada ao comportamento e à vulnerabilidade das condições geoambientais em função dos processos degradacionais.

Com o enquadramento dos sistemas ambientais em uma determinada categoria de meio ecodinâmico, viabiliza-se a possibilidade de destacar o grau de vulnerabilidade do ambiente e sua sustentabilidade futura: tendencial e desejada.

Após a caracterização do contexto geoambiental da área, foi organizado um Quadro Sinóptico dos Sistemas Ambientais contemplando, sequencialmente, os seguintes aspectos: a) Características Naturais Dominantes; b) Ecodinâmica e Vulnerabilidade; c) Capacidade de Suporte; e d) Impactos e Riscos de Ocupação.

A capacidade de suporte inclui condições de potencialidade e limitações. As potencialidades são tratadas como atividades ou condições que têm exequibilidades de serem praticadas em cada unidade geoambiental, sendo propícias à implantação de atividades ou de infraestruturas. As limitações ao uso produtivo, além das restrições ligadas à legislação ambiental, são identificadas com base na vulnerabilidade e nas deficiências do potencial produtivo dos recursos naturais e do estado de conservação da natureza, em função dos impactos produzidos pela ocupação da terra. Os riscos se referem aos impactos negativos oriundos de uma ocupação desordenada do ambiente.

A organização do mapeamento é feita com base na utilização de imagens de sensoriamento remoto, em produtos cartográficos básicos e temáticos disponíveis, e em trabalhos de campo.

## 8.4. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

O EIA-RIMA dá ênfase ao conhecimento integrado e à delimitação dos espaços territoriais modificados ou não pelos fatores econômicos e sociais. Desse modo, o EIA-RIMA inclui uma vertente de variáveis físicas e bióticas ou das variáveis geoambientais, que se materializaram através de uma série de unidades espaciais homogêneas que constituem heranças da evolução dos fatores fisiográficos e biológicos.

### 8.4.1. Análise dos Atributos Geoambientais

A caracterização e delimitação dos sistemas ambientais foram precedidas de uma análise sobre cada componente ou atributo natural, como se faz neste Relatório. Desse modo, a caracterização dos atributos geoambientais atende aos requisitos descritos a seguir.

**Condições Geológicas** – Analisadas de modo a apresentar a distribuição dos principais tipos litológicos, agrupando-os em formações e identificando a cronoestratigrafia. A hidrodinâmica marinha é enfocada conforme seus fatores condicionantes.

**Análise Geomorfológica** – Mostra a distribuição das formas de relevo e das principais feições do modelado, classificando-as de acordo com seus processos morfogenéticos. A morfodinâmica é enfocada para subsidiar a interpretação ecodinâmica dos sistemas ambientais. A delimitação dos compartimentos de relevo, que constituem elementos “estáveis” do ambiente, é o indicador fundamental de identificação e de delimitação dos sistemas ambientais;

**Análise Hidroclimática** – É discutida com base na contextualização dos principais parâmetros climáticos, dando-se ênfase às condições termopluviométricas, balanço hídrico e dinâmica das massas de ar responsáveis pelos estados de tempo que marcam as condições climáticas regionais e locais. A análise hidrológica ou dos recursos hídricos inclui tanto as condições essenciais das águas de superfície como as potencialidades hidrogeológicas das áreas de influência direta e indireta do CIP;

**Estudos dos Solos e da Biodiversidade** – Conduzidos através da consideração dos diversos sistemas da área pesquisada. Eles são a principal evidência das interações geoambientais e seu grau de conservação subsidia a compreensão da dinâmica do meio ambiente ou o estado de degradação dos recursos ambientais. Além dos aspectos

fitofisionômicos, são enfocadas as características da fauna, abordadas no contexto dos diversos sistemas ambientais.

**Identificação e Delimitação dos Sistemas Ambientais Homogêneos** – Configurados no mapa das unidades geoambientais resultantes do agrupamento de áreas dotadas de condições específicas quanto às relações mútuas entre os fatores do potencial ecológico (fatores abióticos) e aqueles da exploração biológica, compostos essencialmente pelo mosaico de solos e pela cobertura vegetal. Esse mapa, organizado através da interpretação das imagens de sensoriamento remoto e da análise do acervo cartográfico temático oriundo de levantamentos sistemáticos dos recursos naturais, será imprescindível para o EIA-RIMA.

**Análise Ecodinâmica** – É procedida com base em critérios consagrados, com as necessárias adaptações às características naturais da área. São consideradas como categorias de ambientes as seguintes: 1. Ambientes medianamente estáveis; 2. Ambientes de transição (*intergrade*); e 3. Ambientes fortemente instáveis.

Cada uma dessas categorias, definidas e enquadradas para os diferentes sistemas, serve de base para avaliar a tipologia da vulnerabilidade ambiental.

#### **8.4.2. Análise Integrada**

Considera-se que os sistemas físico-bióticos são integrados por vários elementos que mantém relações mútuas entre si e são continuamente submetidos aos fluxos de matéria e energia. Cada sistema é caracterizado por um relacionamento harmônico entre os seus componentes e representa uma unidade de organização do ambiente natural. Eles são dotados de uma capacidade de suporte que também os individualiza sob o ponto de vista das potencialidades e limitações para o uso dos recursos naturais. Desse modo, cada sistema reage também de forma singular no que tange às condições de uso e ocupação da terra.

Os resultados do diagnóstico ambiental derivam de uma revisão dos levantamentos sistemáticos e estudos anteriormente produzidos sobre os contexto físico-biótico da zona costeira do Estado do Ceará e de seus recursos naturais. Também da interpretação das imagens de sensoriamento remoto como imagens de satélites e de aerofotocartas, que recobrem a área de pesquisa e trabalhos de campo para o reconhecimento da verdade terrestre, que foram utilizados para o alcance dos objetivos propostos.

Com base em sucessivos níveis de sínteses através de relações interdisciplinares, considerando os fatores do potencial ecológico (geologia + geomorfologia + climatologia + hidrologia), da exploração biológica (solos + cobertura + vegetação + fauna) e das

condições de ocupação e de exploração dos recursos naturais, são estabelecidas, delimitadas e hierarquizadas as unidades espaciais homogêneas, configurando, cartograficamente, o EIA-RIMA em escala compatível com os objetivos, interesses e aplicabilidades práticas do projeto.

A análise dos atributos e da dinâmica natural que identificam os sistemas ambientais tem caráter globalizante e integrativo. Essa visão holístico-sistêmica, a ser adotada, faculta a compreensão dos sistemas de interrelações e interdependências que conduzem à formação de combinações dos atributos geoambientais.

Desse modo, descartou-se o tratamento linear cartesiano que privilegia os estudos setoriais e distorce a visão sistêmica e de conjunto que configura a realidade geoambiental.

### **8.4.3. Etapas do Roteiro Metodológico**

Levantamento do acervo bibliográfico, documentário e de informações disponíveis sobre o contexto geoambiental da Área de Influência do CIP.

Análise dos temas de estudo, tendo em vista a elaboração do diagnóstico ambiental.

Preparação da cartografia básica a ser elaborada através do Sistema de Informações Geográficas (SIG), contendo as principais informações planialtimétricas.

Análise e utilização dos produtos de levantamentos sistemáticos de recursos naturais disponíveis sobre a área.

Análise e interpretação de produtos do sensoriamento remoto, tendo em vista os estudos temáticos e as integrações parciais e progressivas dos temas, com vistas à preparação do EIA-RIMA.

Levantamentos de campo para fins de reconhecimento da verdade terrestre sob os pontos de vista dos recursos naturais.

Relatório Técnico do EIA-RIMA, contendo:

- documentos cartográficos configurando o EIA-RIMA e definição de estratégias para subsidiar o monitoramento ambiental;
- elaboração de quadro orientativo ou sinóptico do EIA, visando, na prática, à definição de parâmetros de avaliação permanente do processo de planejamento ambiental; e,

- organização do acervo produzido para fins de armazenamento dos resultados visando à formação do banco de dados do meio ambiente e da qualidade dos recursos naturais das áreas focalizadas.

O fluxograma metodológico (Figura 8.2) apresentado a seguir sintetiza os procedimentos a serem adotados no EIA-RIMA, sob o ponto de vista geoambiental.

#### **8.4.4. Configuração Geográfica das Áreas**

A Área de Influência do empreendimento em estudo foi delimitada com base em critérios definidos na Resolução CONAMA N°. 01/86, dando-se ênfase aos limites das bacias hidrográficas de rios que drenam a região. Trata-se, no caso, das pequenas bacias dos rios Cauípe e Gereraú e a bacia do rio São Gonçalo. Esta área abriga uma significativa diversidade de domínios naturais e paisagísticos, compondo parcelas representativas da macrocompartimentação Geoambiental do Ceará.

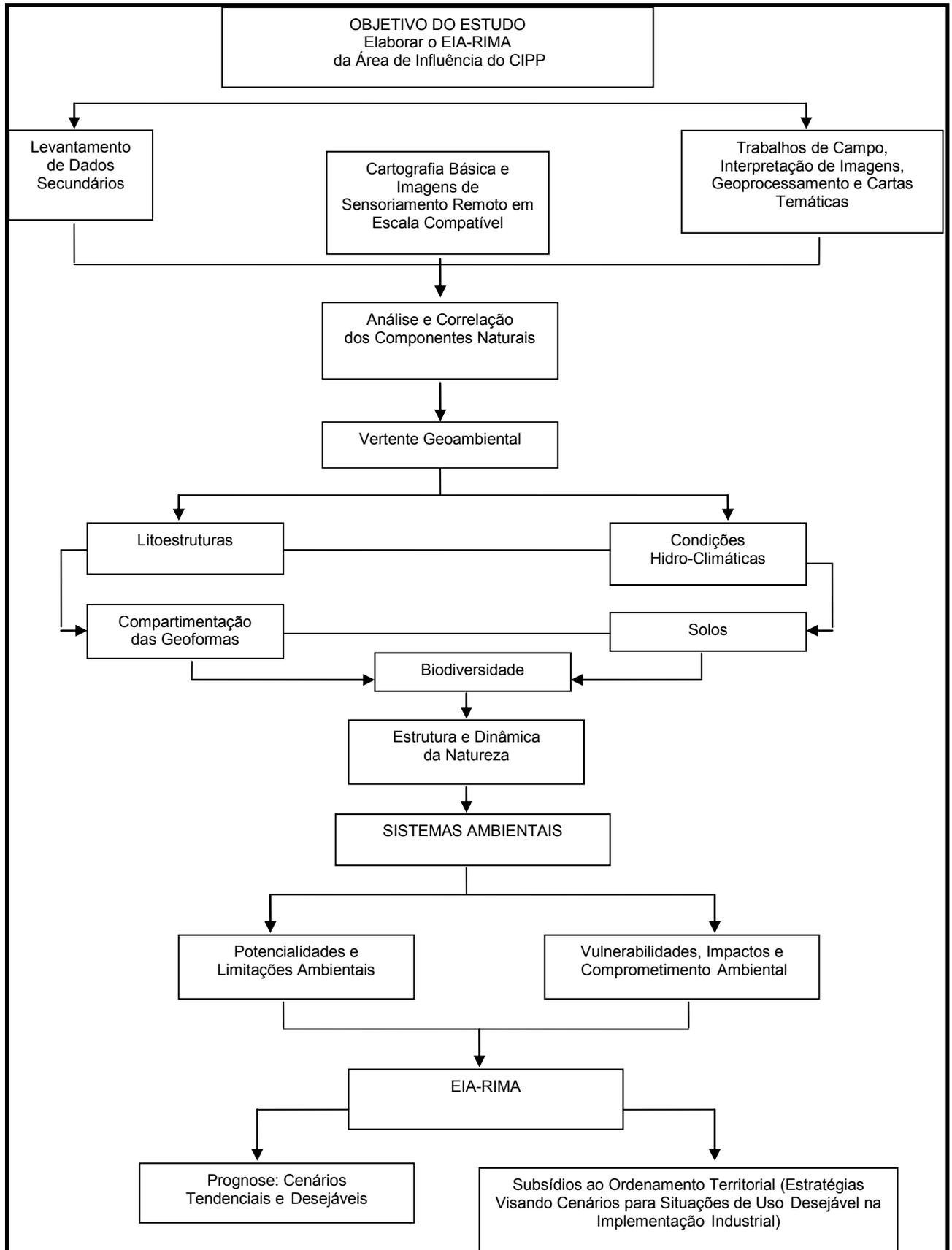
Suas condições geológicas são variadas, apesar da primazia de terrenos cristalinos de consolidação antiga em toda a porção meridional do contexto espacial. Há também ocorrência muito expressiva de coberturas sedimentares detríticas depositadas ao longo da história geológica recente do território.

Dentre estas coberturas os terrenos pertencentes à Formação Barreiras tem grande abrangência e compõe uma vasta superfície que tem caimento topográfico suave em direção à costa. O entalhamento proporcionado pela rede de drenagem, apesar de incipiente, configura uma dissecação morfológica em forma de interflúvios tabulares os chamados tabuleiros pré-litorâneos.

É neste ambiente que se projeta a instalação efetiva dos grandes empreendimentos industriais do CIP, situando-se entre os terrenos de recente formação da planície litorânea com campos de dunas e planícies flúvio-marinhas, legalmente protegidas e os terrenos cristalinos da depressão sertaneja.

A superfície dos tabuleiros é positivamente vocacionada para o CIP. Trata-se de ambiente estável que tem uma história morfogenética antiga em função da fraca atividade do potencial erosivo, havendo equilíbrio entre os fatores do potencial ecológico (condições geológicas, geomorfológicas e hidroclimáticas) e os fatores da exploração biológica (solos e condições de biodiversidade).

**Figura 8.2 – Fluxograma Metodológico**



Estes terrenos reúnem, em suma, baixas vulnerabilidades ao uso e ocupação urbano/industrial ou agro-extrativista. Dentre as características positivas para o CIP se alinham as seguintes: relevo suavizado e estabilizado; baixo potencial para ocorrência de movimentos normais de massas; topografias muito favoráveis à implantação de todos os modelos de loteamentos e arruamentos; solos bem drenados, permeáveis e com baixa erodibilidade natural; manto de alteração muito espesso, superior a 20m, apresentando excelentes condições de escavabilidade até grandes profundidades e tendo alta estabilidade quando escavado e expostos em taludes de corte. Mostram-se também muito favoráveis à implantação de fundações e infra-estruturas subterrâneas.

Na Área de Influência do CIP encontram-se Unidades de Conservação de Proteção Integral, como a Estação Ecológica do Pecém e o Parque Botânico de Caucaia além de Unidades de Uso Sustentável. Dentre estas se incluem as Áreas de Proteção Ambiental, APA'S do Lagamar do Cauípe e APA da Lagoa do Pecém. A área definida pela poligonal do Complexo Industrial do Pecém será contextualizada como Área Potencialmente Afetada dentro do escopo do estudo ambiental.

Apresentam-se, a seguir, as características ambientais da área de influência do CIP e da área potencialmente atingida pela implantação do mesmo, culminando com a análise da interação dos componentes naturais através da identificação e delimitação dos sistemas ambientais.

## **8.5. MEIO FÍSICO**

### **8.5.1. Caracterização Climática**

A caracterização climática de uma região é de relevante importância para o estudo da paisagem, sendo esta uma categoria geográfica de análise muito utilizada nas pesquisas de caráter ambiental. Por influenciar nos processos e formas geomorfológicas, no regime dos rios, na formação dos solos e na distribuição da cobertura vegetal, o comportamento do clima deve ser sempre incorporado nesses estudos. As atividades desenvolvidas pelo homem, principalmente a agricultura, a pecuária, o turismo, o transporte e o lazer também apresentam uma forte relação com o clima.

O Estado do Ceará localiza-se nos domínios do clima semi-árido, influenciado pela circulação atmosférica tropical. As suas condições climáticas se caracterizam por temperaturas elevadas durante todos os meses do ano, baixas amplitudes térmicas e por um regime pluviométrico bem definido: um período chuvoso curto e irregular; e um período seco prolongado.

Entretanto, algumas áreas constituídas de serras, e na maior parte de seu litoral, o período chuvoso se prolonga por um período um pouco maior, sendo, nas regiões serranas, influenciado pela altitude e disposição do relevo e no litoral pela proximidade do oceano, onde vários sistemas atmosféricos atuam como produtores de chuvas. Embora a precipitação se distribua por um período mais longo nas serras e nas áreas litorâneas, esta apresenta grande variabilidade no tempo e no espaço, ocorrendo anos secos, com baixos totais pluviométricos que causam grandes prejuízos socioambientais, e anos chuvosos, com impactos não menos danosos, principalmente relacionados a ocorrência de inundações nas áreas urbanas.

Para caracterizar o clima da região objeto deste trabalho, foi necessário inicialmente o levantamento de uma série de dados, obtidos por meio de consulta bibliográfica e junto a diversos órgãos governamentais, tais como a Fundação Cearense de meteorologia – FUNCEME, a Universidade Federal do Ceará - UFC, entre outros.

A análise da circulação atmosférica da área em estudo foi realizada a partir de referencial teórico que trata dos mecanismos atmosféricos, controladores das condições do tempo e do clima do Norte do Nordeste brasileiro. A análise dos parâmetros climáticos foi considerada a partir das médias mensais e anuais da precipitação, temperatura, insolação, nebulosidade, evaporação e umidade relativa do ar. As médias da precipitação obtidas junto à FUNCEME correspondem a uma série histórica de 1974 a 2008 de dados do Posto Pluviométrico de São Gonçalo do Amarante, e os demais parâmetros correspondem ao período de 1966 a 2007, obtidos no posto meteorológico do campus do PICI-UFC, haja vista a ausência destes dados para a área específica de estudo. Foram elaborados gráficos para os vários parâmetros climáticos.

Para uma caracterização mais detalhada do fluxo eólico na região, foram analisados com dados relativos a estação anemográfica implantada na localidade de Pecém - CE, monitoramento realizado pela empresa SIIF, relativo aos anos de 2002 e 2003 através de uma torre anemométrica instalada nas coordenadas UTM 523270E e 9605130N., complementados com os dados resultantes de monitoramentos realizados pela Braselco nos períodos de 2002 a 2003, e de 2007 a 2008, conforme discriminados seguir:

- o primeiro monitoramento foi realizado entre 2002 e 2003, numa torre anemométrica situada nas coordenadas UTM 522133E e 9606619N (BRASELCO, 2004); e,
- o segundo monitoramento compreende o período de outubro de 2007 e julho de 2008, numa torre anemométrica situada nas coordenadas UTM 522046E e 9605973N (BRASELCO, 2008).

Os dados relativos ao balanço hídrico foram obtidos utilizando-se o Programa desenvolvido por Costa (2006) dos quais se estabeleceu uma tipologia climática, baseada no método contábil de Thornthwaite & Mather (1955).

### **8.5.1.1. Circulação Atmosférica Regional**

A descrição da circulação regional da atmosfera aqui apresentada tem como base o trabalho de Ferreira e Mello (2005), dentre outras, que trás as principais características da circulação atmosférica da região tropical, os sistemas atmosféricos atuantes no Norte do Nordeste do Brasil e ainda a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região.

Em se tratando dos sistemas atmosféricos que atuam no tempo e no clima na região onde se insere a área em estudo, os mesmos serão aqui considerados, porém a ênfase maior será dada à Zona de Convergência Intertropical, principal mecanismo produtor de chuvas, e ao sistema de ventos alísios de SE, responsável pela estabilidade do tempo.

#### **8.5.1.1.1. Alísios de SE**

No estado do Ceará sopram ventos oriundos das altas pressões subtropicais, ou seja, do Anticiclone semifixo do Atlântico Sul, vinculados à Massa Equatorial Atlântica. Essa massa caracteriza-se por possuir vorticidade anticiclônica, com temperaturas elevadas por causa da forte irradiação solar recebida. Trata-se de uma massa homogênea e estável, assegurando condições de bom tempo durante a maior parte do ano. Sua penetração se faz sentir especialmente no inverno e, sobretudo na primavera, quando os ventos atingem as maiores velocidades.

A influência climática mais persistente ao longo do ano na região Nordeste “é a enorme zona subtropical de alta pressão sobre o Atlântico Sul, que origina os ventos predominantes de leste que sopram continuamente no litoral” (WEBB, 1979, IN: BEZERRA, et al.1997, p.22), embora no Estado do Ceará eles também sopram de SE, dependendo do período do ano.

A condição de estabilidade do tempo, condicionada por essa massa é anualmente alterada pela penetração dos sistemas produtores de chuvas atuando com maior intensidade no litoral.

#### **8.5.1.1.2. Zona de Convergência Intertropical**

A ZCIT é o sistema produtor de chuvas mais importante para a região Norte do Nordeste brasileiro. Ela se forma na confluência dos alísios de SE e NE e se desloca para os dois Hemisférios atuando de modo mais expressivo sobre o Estado do Ceará a partir de

meados do verão, atingindo sua posição mais meridional no outono. Corresponde a uma região de intensa atividade convectiva, formação de nebulosidade e precipitação.

No Hemisfério Sul a ZCIT chega, em média, a aproximadamente 2 - 5° de latitude Sul, entre fevereiro a abril, ocasionando chuvas abundantes para toda a região. Em maio inicia o seu retorno em direção ao Hemisfério Norte, quando então, entra em declínio o período chuvoso para o Estado do Ceará.

As chuvas de fevereiro a maio que se distribuem na área objeto de estudo, são produzidas pela ZCIT, que nesse período do ano está posicionada sobre a região.

#### 8.5.1.1.3. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) atuam principalmente na pré-estação chuvosa e se estendem até março, com maior intensidade nos meses de janeiro e fevereiro (GAN e KOURSKY, 1982) “e o tempo de vida desses sistemas vai, em média, entre 7 a 10 dias” (FERREIRA e MELLO, 2005, p. 21).

#### 8.5.1.1.4. Linhas de Instabilidades

De acordo com Ferreira e Mello (2005), sua formação se dá basicamente pelo fato de que com “a quantidade de calor incidente sobre a região tropical ocorre o desenvolvimento de nuvens cúmulus (organizadas em linhas), que atingem um número maior à tarde e início da noite, quando a convecção é máxima, com consequentes chuvas”.

Na área em estudo, as Linhas de Instabilidade geram chuvas principalmente em fevereiro e março, sendo que a influência da ZCIT contribui para o incremento das mesmas.

#### 8.5.1.1.5. Os Complexos Convectivos de Meso-escala – CCM's

Os CCMs correspondem a aglomerados de nuvens que se formam em virtude de certas condições locais favoráveis, como a temperatura, o relevo, a pressão, etc., e provocam chuvas fortes e de curta duração (FERREIRA e MELLO, 2005). O sistema geralmente surge durante a noite e pode adquirir grandes proporções no início da manhã.

Os CCMs, em sua maioria, ocorrem de forma isolada e ocasionam eventos pluviométricos diários intensos, como o ocorrido em abril de 1997, quando, durante 13 horas, as chuvas atingiram 270mm em Fortaleza (entre 01:00h e 13:00h do dia 24/04), gerando muitos impactos (ZANELLA, 2006). Em São Gonçalo do Amarante o total pluviométrico diário atingiu 52,0mm. Podem se estender durante toda a quadra chuvosa.

#### 8.5.1.1.6. Ondas de Leste

As ondas de leste são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de leste para oeste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil (FERREIRA e MELLO, 2005).

As chuvas que ocorrem nos meses de junho e julho no litoral do Pecém são ocasionadas pelas Ondas de Leste, quando se formam condições oceânicas e atmosféricas favoráveis, já que elas são mais comuns no NE oriental.

#### 8.5.1.1.7. Sistema de Brisas

As brisas são formadas pela variação de temperatura e pressão geradas em áreas de contato terra-mar. A brisa marítima chega a penetrar até 100km dentro do continente, amenizando a sensação de desconforto térmico nas áreas onde atua.

No estado do Ceará, esse sistema de ventos nem sempre é percebido, pois os ventos alísios são persistentes e intensos durante todo o ano. As brisas, assim, contribuem para mudar um pouco a sua direção e a velocidade (FERREIRA e MELLO, 2005). Dependendo da orientação da costa, a velocidade do vento, resultante da superposição alísio-brisa, pode ser maior ou menor que a do alísio (VAREJÃO-SILVA, 2001).

#### 8.5.1.1.8. Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região

Em anos de El Niño, quando as águas do Pacífico estão mais aquecidas no centro-leste, toda a convecção se desloca para o leste, alterando o posicionamento da Célula de Walker. Com a continuidade da circulação atmosférica, o ar quente daquela região é empurrado, originando um ramo descendente sobre o Oceano Atlântico, próximo à região Nordeste do Brasil (NEB) e à Amazônia oriental.

De acordo com a intensidade dessa célula de circulação e de sua fase de ocorrência, pode haver inibição da formação de nuvens e da descida da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e, como consequência, diminuição das chuvas na região do Nordeste brasileiro. Assim, o fenômeno El Niño é um dos responsáveis pela redução das chuvas na região norte do Nordeste do Brasil. (FERREIRA e MELLO, 2005).

Contudo, vários estudos têm demonstrado a influência do Oceano Atlântico Tropical (Dipolo do Atlântico) na distribuição das chuvas nas regiões tropicais da América do Sul, principalmente sobre o norte do Nordeste brasileiro, dentre os quais os de Hastenrath e Heller (1977); Moura e Shukla (1996); Uvo *et al.* (1994) e Ferreira e Mello (2005).

O fenômeno El Niño, por exemplo, dependendo da intensidade e período do ano em que ocorre, principalmente quando acontece conjuntamente com o dipolo positivo do Atlântico, que é desfavorável à ocorrência de chuvas, é um dos responsáveis por anos considerados secos ou muito secos. O fenômeno La Niña, ao contrário, associado ao dipolo negativo do Atlântico (favorável às chuvas), é normalmente responsável por anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região (FERREIRA e MELLO, 2005).

A ação conjugada desses sistemas oceânicos/atmosféricos com os fatores geográficos, como a latitude, o predomínio das baixas altitudes, a proximidade do oceano, entre outros, caracterizam as condições climáticas da região da área de influência do CIP, expressas por temperaturas muito elevadas, porém amenizadas pelo sistema de ventos alísios e pelas brisas, contribuindo para o conforto térmico humano. As baixas amplitudes térmicas, os índices de nebulosidade baixos, a forte insolação, as elevadas taxas de evaporação e a acentuada irregularidade pluviométrica, completam o quadro climático da região estudada.

### 8.5.1.2. Caracterização dos Parâmetros Climáticos

#### 8.5.1.2.1. Distribuição e o Comportamento das Chuvas

A precipitação pluviométrica é fundamental para o estudo do clima. Ela é considerada o elemento de maior importância na definição do quadro climático das áreas semiáridas (e subúmidas), sendo a quantidade de chuvas e o seu ritmo mensal suas características mais relevantes. (RIBEIRO e GONÇALVES, 1981).

De acordo com os dados levantados na Estação Meteorológica situada em Fortaleza (UFC – Pici), o período chuvoso inicia-se no mês de dezembro, com média de 35,9 mm, passando para 123,0 mm em janeiro e consolidando-se a partir da segunda quinzena de fevereiro, cuja média mensal é de 191,8 mm. As precipitações de maior expressão ocorrem entre os meses de março e maio, com máximo verificado em abril, cuja média alcança os 351,7 mm. Por outro lado, o período mais seco ocorre entre os meses de setembro a novembro, que se notabiliza como o mês de menor média histórica, com apenas 12,0 mm mensais. O Quadro 8.3 apresenta a média mensal pluviométrica obtida de acordo com os dados da Estação Meteorológica do Pici (UFC).

**Quadro 8.3 – Variação Pluviométrica Mensal da Estação Meteorológica do Pici/UFC (1966-2007), Relatório Interno**

Chuvas (mm)	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	123,0	191,8	335,8	351,7	235,6	164,6	90,8	31,7	23,5	12,7	12,0	35,9

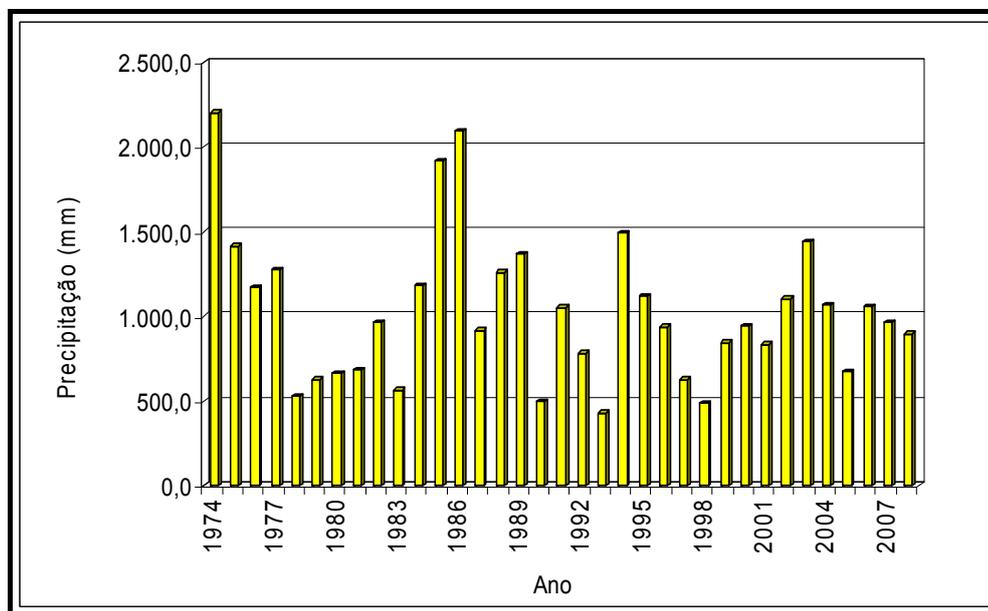
De acordo com os valores da precipitação no Posto Pluviométrico da sede do município de São Gonçalo do Amarante, conforme a Quadro 8.4 e o Gráfico 8.1, a distribuição da chuva se apresenta muito variável nos diferentes anos em relação à sua média, que foi de 1.032,4mm.

**Quadro 8.4 – Precipitação Anual de São Gonçalo do Amarante (1974-2008)**

Ano	Precipitação	Ano	Precipitação	Ano	Precipitação	Ano	Precipitação
1974	2200,3	1983	568,0	1992	784,9	2002	1103,4
1975	1415,8	1984	1184,4	1993	434,1	2003	1443,9
1976	1169,9	1985	1920,1	1995	1117,7	2004	1067,6
1977	1278,4	1986	2096,6	1996	940,7	2005	966,9
1978	531,3	1987	919,1	1997	629,0	2006	1058,3
1979	627,8	1988	1260,1	1998	488,0	2007	966,9
1980	665,0	1989	1367,1	1999	847,8	2008	896,8
1981	686,3	1990	497,7	2000	1103,4	Média	1032,4
1982	962,4	1991	1053,3	2001	837,5		

Fonte : Posto Pluviométrico da FUNCEME

**Gráfico 8.1 – Total Anual de Chuvas em Gonçalo do Amarante**

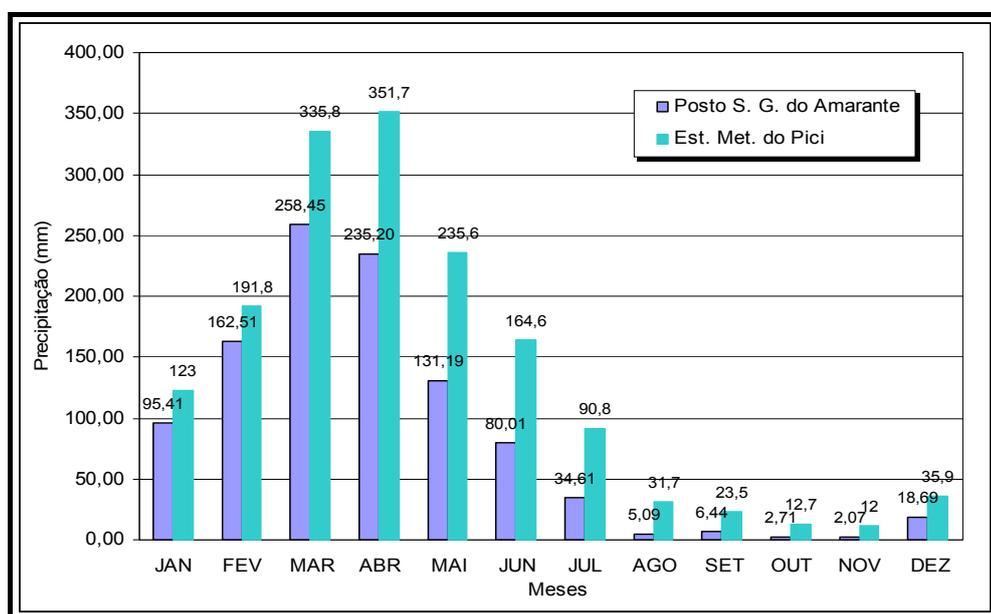


Fonte: Posto Pluviométrico da Funceme

Na série histórica estudada, o ano de 1993 se destacou por apresentar o mais baixo total pluviométrico, com 434,1mm e um desvio pluviométrico negativo de 58%. Já o ano de 1974, obteve o valor mais elevado, atingindo 2.200,3mm de chuvas, apresentando um desvio pluviométrico positivo de 113%.

Em termos comparativos dos registros da Estação do Pici com a do Posto Pluviométrico de São Gonçalo do Amarante, constata-se que o comportamento ou variação do fluxo pluviométrico são similares, divergindo apenas em termos de quantidade e quanto a concentração no mês de abril, conforme vê-se no Gráfico 8.2. O gráfico mostra que as chuvas se intensificam de março para abril segundo os registros da Estação Meteorológica do Pici-UFC enquanto que os dados do posto pluviométrico apresentam um comportamento antagônico.

**Gráfico 8.2 – Comparativo da Variação Pluviométrica Mensal da Estação Meteorológica do Pici x Posto Pluviométrico de São Gonçalo do Amarante**



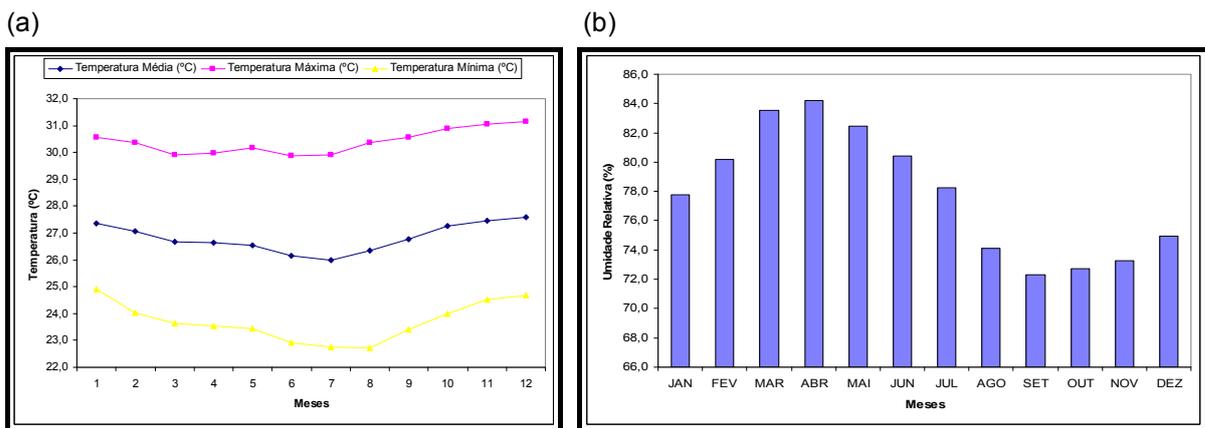
De acordo com Ferreira e Mello (2005), o fenômeno do El Niño, e/ou Dipolo do Atlântico positivo geralmente estão vinculados a anos secos, enquanto anos chuvosos relacionam-se à presença de La Niña e/ou Dipolo do Atlântico negativo.

Acredita-se que, a ocorrência do El Niño, associado ao Dipolo do Atlântico positivo contribua para que ocorra precipitação pluviométrica abaixo da média no Norte do Nordeste Brasileiro. Diante disso, é importante destacar que segundo Berlato e Fontana (2003), houve ocorrência do El Niño, entre outros anos, em 1993 e 1983, anos de baixos totais pluviométricos para a região aqui estudada. Ainda considerando Berlato e Fontana (2003), nos anos de 1974 e 1985, houve ocorrência de La Niña e são justamente esses dois anos que apresentam os mais elevados totais pluviométricos.

Nos anos secos os problemas relacionam-se principalmente à falta de recursos hídricos, com consequências mais graves à agricultura e à pecuária, repercutindo nas migrações campo-cidade, enquanto nos chuvosos registram-se, com frequência, inundações, com prejuízos não menos danosos, principalmente para as áreas urbanas.

Além da variabilidade anual da precipitação, tem-se ainda, uma distribuição sazonal muito acentuada da chuva no decorrer do ano (Gráfico 8.3). No primeiro semestre do ano registra-se a quase totalidade das precipitações, onde se concentra 93% das chuvas. Durante a quadra chuvosa (fevereiro a maio) tem-se os maiores totais pluviométricos concentrando 76% das chuvas, período de maior influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

**Gráfico 8.3 – Temperatura (8.3a) e Umidade Relativa (8.3b) de Fortaleza**



Fonte: Posto Meteorológico do Campus do PICI

O mês de março apresenta o maior valor médio mensal (258,45mm). No período seco (segundo semestre do ano), os índices pluviométricos tornam-se efetivamente baixos (7% das chuvas). Isso se deve ao fortalecimento do Anticiclone do Atlântico Sul, de onde se originam os alísios de SE, responsável pela estabilidade do tempo na região em estudo.

#### 8.5.1.2.2. Características Térmicas-higrométricas e Demais Parâmetros Climáticos

A região da área de influência do CIP terá seu comportamento climático relacionado às condições termo-higrométricas, de velocidade média dos ventos, de nebulosidade, insolação e evaporação com razoável aproximação, pela estação meteorológica do Município de Fortaleza. Essa estação meteorológica é operada no Campus do PICI fornecendo valores médios dos diversos parâmetros meteorológicos da estação, utilizada no presente estudo.

Contudo, a análise dos ventos será complementada com dados relativos a estação anemográfica implantada na localidade de Pecém – CE.

## - Temperatura e Umidade Relativa

Com relação à temperatura, a mesma apresenta-se praticamente estável ao longo do ano, característica típica das regiões tropicais/equatoriais, pela maior proximidade com a linha do Equador, o que repercute em baixas amplitudes térmicas mensais. A temperatura média gira em torno de 26,8°C. No Quadro 8.5 e no Gráfico 8.3a encontram-se registradas e visualizadas as temperaturas médias mensais para o município de Fortaleza, bem como a média das máximas e a média das mínimas observadas.

É importante destacar, entretanto, que, embora a amplitude mensal seja baixa, a temperatura diária varia muito, apresentando valores elevados durante o dia e valores mais amenos durante a noite.

A variação térmica dia-noturna é importante para o intemperismo físico, influenciando nos processos geomorfopedológicos da paisagem local. Em se tratando da umidade relativa do ar, observa-se que os valores guardam uma relação direta com a sazonalidade da precipitação observada na região. Eles apresentam-se mais elevados entre fevereiro e maio e mais baixos entre setembro e novembro.

## - Pressão Atmosférica

Os valores médios variam de 73% para os meses de setembro e outubro até 84% para março e abril (Quadro 8.6 e Gráfico 8.3b). Apesar da variação sazonal significativa na umidade relativa, a proximidade do oceano assegura valores relativamente elevados para todos os meses do ano, fato observado em todas as áreas costeiras do Estado do Ceará.

## - Ventos

Com relação aos ventos, durante todos os meses do ano sopram ventos do quadrante E-SE pela influência acentuada do anticiclone do Atlântico Sul, sistema de alta pressão de onde se originam os alísios de SE. Contudo, no período das chuvas, tem-se também, embora pouco expressiva, a presença de ventos de NE, influenciados pela posição mais meridional da ZCIT.

Segundo dados da Estação Meteorológica do Campus do Pici, cujas medições são feitas por uma torre situada a 10,0 metros de altura, os ventos apresentam uma velocidade média de 3,2 m/s, onde o mês de abril (mês de maior pluviosidade) apresenta uma velocidade média de apenas 2,6 m/s. Ao longo do segundo semestre do ano, com a redução dos índices de pluviosidade e o aumento das médias de temperatura, os ventos apresentam uma média de 4,5 m/s, sendo que no mês de setembro, a velocidade alcança 5,0 m/s (Quadro 8.7).

**Quadro 8.5 – Parâmetros Climáticos para a Cidade de Fortaleza**

Meses	Precipitação (mm)	Umidade Relativa do Ar (%)	Temperatura do Ar (° C)	Pressão Atmosférica (mb)	Nebulosidade (0/10)	Insolação (h/mês)	Evaporação (mm)*	Evapotranspiração (mm)	Velocidade do Vento (m/s)	Radiação Solar (cal/cm <sup>2</sup> /mês)**
Jan.	123,0	77,8	27,4	1008,1	5,8	229,2	212,9	161,9	3,7	12.655
Fev.	191,8	80,2	27,1	1008,3	6,2	183,6	169,1	153,2	3,4	11.236
Mar.	335,8	83,5	26,7	1008,2	6,6	163,0	147,8	143,1	2,7	10.818
Abr.	351,7	84,2	26,6	1008,3	6,3	158,0	134,2	142,4	2,6	10.423
Mai.	235,6	82,4	26,5	1009,0	5,6	211,8	157,9	124,5	3,2	10.889
Jun.	164,6	80,4	26,1	1010,5	4,9	233,4	149,5	130,2	3,4	11.276
Jul.	90,8	78,3	26,0	1011,2	4,5	265,6	197,9	127,4	3,8	11.990
Ago.	31,7	74,1	26,4	1011,0	3,8	294,0	239,6	135,0	4,5	13.250
Set.	23,5	72,3	26,8	1010,4	3,9	281,1	254,5	146,2	5,0	13.797
Out.	12,7	72,7	27,2	1009,4	4,2	291,5	270,5	158,8	4,8	14.130
Nov.	12,0	73,2	27,5	1008,4	4,6	285,4	259,5	164,5	4,7	13.829
Dez.	35,9	74,9	27,6	1008,2	4,9	271,4	251,7	168,5	4,3	13.413

Fonte: Estação Meteorológica do Pici/UFC (1966-2007), relatório interno. Exceto \* (1976-2007), \*\* (1966-2000).

**Quadro 8.6 – Variação da Velocidade Média Mensal dos Ventos (em m/s)**

Índices	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Ano 2002	6,14	7,62	6,04	5,81	6,54	7,21	8,19	9,66	10,17	10,33	8,91*	8,32
Ano 2003	6,57	6,03	5,39	5,69	6,67	7,27	8,63	9,63	10,21	10,62	9,58	9,00
Máxima	7,40	9,10	8,03	7,40	8,60	9,17	10,04	11,12	11,64	11,85	10,46	9,61
Mínima	4,58	4,94	4,43	4,04	5,01	5,94	6,46	7,41	7,80	8,66	8,27	7,50

Fonte: Baseado em dados fornecidos pela empresa BRASELCO (2004). Relatório Interno. \* Média de 1º a 12/11/2002; e de 26 a 30/11/2002.

**Quadro 8.7 - Variação da Velocidade Média Mensal dos Ventos (em m/s)**

Índices	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Ano 2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,86 <sup>1</sup>	9,63	8,84
Ano 2008	7,33	7,00	4,12	4,68	5,26	6,02 <sup>2</sup>	7,66 <sup>3</sup>	8,64 <sup>4</sup>	-	-	-	-

Fonte: Baseado em dados fornecidos pela empresa BRASELCO (2008). Relatório Interno. <sup>1</sup> Média de 19 a 31/10/2007. <sup>2</sup> Média de 1º a 11/06/2008. <sup>3</sup> Média de 11 a 30/07/2008. <sup>4</sup> Média de 1º a 07/08/2008.

O regime eólico na região do Pecém apresenta dois padrões distintos: no primeiro semestre do ano a média das velocidades dos ventos entre 4,0 e 7,0 m/s com as rajadas de menor velocidade ocorrendo nos meses de março e abril; no segundo semestre ocorrem ventos mais intensos que atingem quase 12,0 m/s.

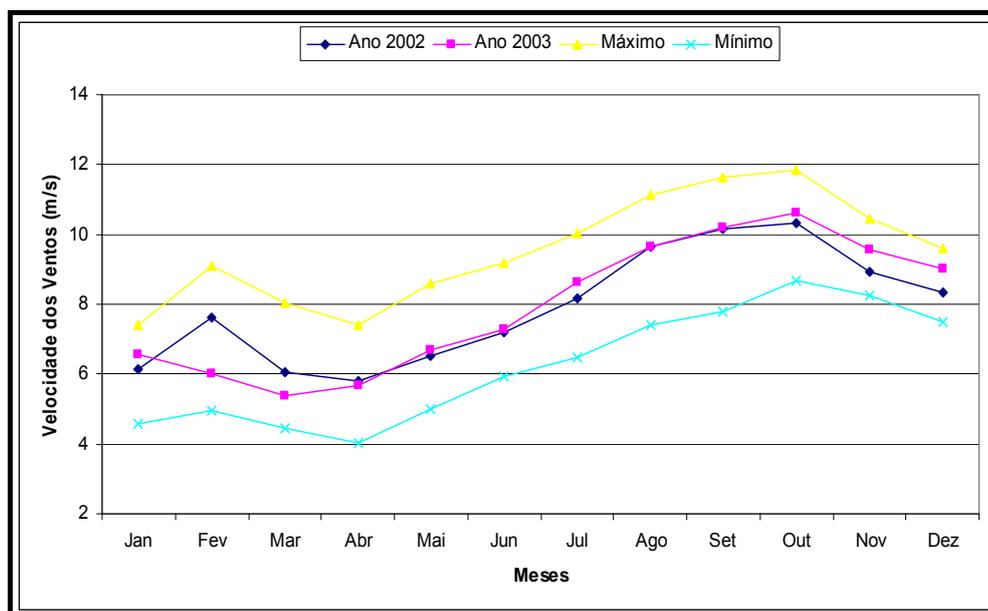
Este condicionamento condiz com os aspectos climáticos regionais no qual se tem no primeiro semestre a maior concentração pluviométrica, baixas taxas de insolação e evaporação, além das temperaturas mais reduzidas e no período de julho a dezembro a elevação da temperatura, com intensa insolação e queda da umidade relativa do ar.

Vale frisar que os dados concernentes aos Quadros 8.6 e 8.7, ilustrados no Gráfico 8.4, são relativos às medições realizadas em uma torre anemométrica com altura de 40,0 metros.

A velocidade média dos ventos ao longo do primeiro semestre para o período é de 6,42 m/s, aumentando ao longo do segundo semestre do ano, cuja média verificada é de 9,45 m/s. A média anual é de 7,93 m/s. Percebe-se claramente uma diferenciação entre as médias verificadas nos dados de Fortaleza e Pecém. Isto se dá em razão da altura das medições realizadas, de 40,0 metros nos monitoramentos das empresas, e de 10,0 metros de altura, nas torres das estações meteorológicas.

Em termos de direção de incidência dos ventos, tem-se a maior concentração na faixa de E a ESE. De acordo com os dados analisados, observou-se uma maior variação entre a média dos registros dos anos de 2002 e 2003 no primeiro semestre do ano, ver Quadro 8.8 nas quais as direções de incidência dos ventos são apresentadas em Azimute.

**Gráfico 8.4 – Variação da Velocidade Média Mensal dos Ventos**



Fonte: Baseado em dados fornecidos pela empresa BRASELCO (2004). Relatório Interno.

**Quadro 8.8 – Direção Preferencial dos Ventos (Azimute)**

Descrição	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Ano 2002	108	110	119	127	126	128	116	114	104	105	98	92
Ano 2003	98	95	121	143	123	117	105	114	101	100	96	94
Máximo	148	143	167	170	164	159	155	151	141	132	124	111
Mínima	77	76	84	88	100	96	92	92	93	90	87	81

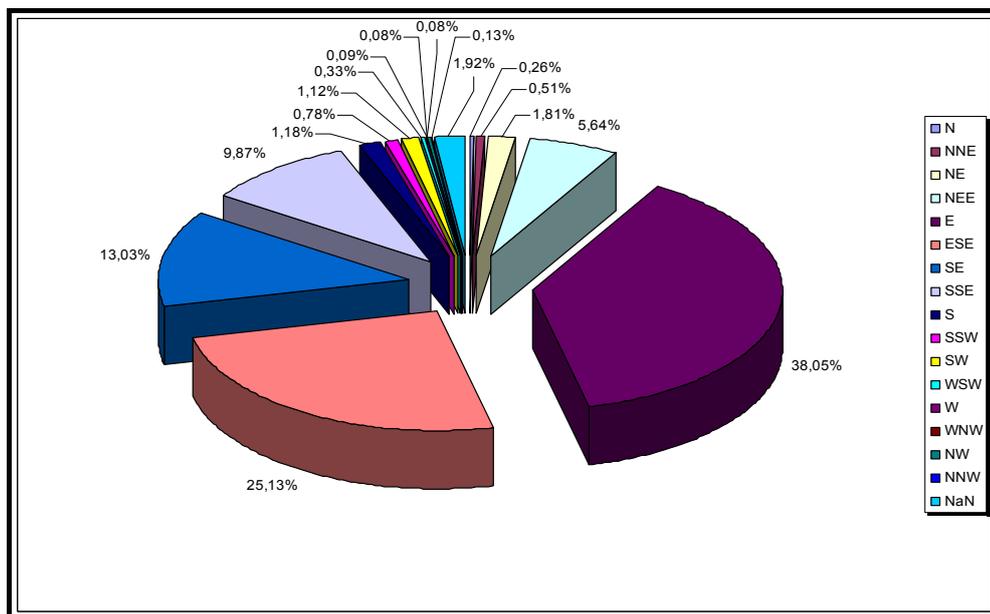
Fonte: Baseado em dados fornecidos pela empresa BRASELCO (2004). Relatório Interno.

Em 2002, no primeiro semestre do ano, a direção de incidência dos ventos variou de 108° Az em janeiro para 128° Az em junho e no segundo semestre, variou inversamente até dezembro quando os ventos registrados provinham de 92° Az. Já em 2003, os ventos se originavam mais a leste (98° Az) em janeiro e convergiram para 143° Az já em abril, para depois decaírem para próximo do eixo leste em dezembro, 94° Az.

Em termos gerais, o que se percebe é uma predominância dos ventos de direção leste que, em linguagem percentual, correspondem a mais de 38% da incidência dos ventos ao longo do ano. De forma secundária, porém significativa, tem-se a ocorrência de ventos nas direções ESE (25%) e SE (13%). Vale frisar que essas três direções, que juntas perfazem mais de 76% do total são provenientes do quadrante leste.

O Gráfico 8.5 apresenta esta predominância, bem como as demais direções de ventos verificadas entre os anos de 2002 e 2003.

**Gráfico 8.5 – Variação da Concentração do Direcionamento dos Ventos**

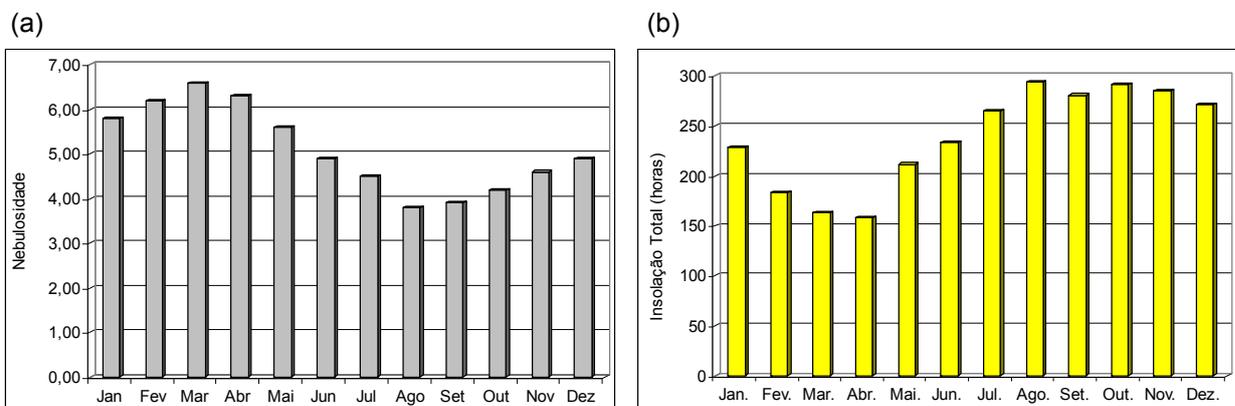


Fonte: Baseado em dados fornecidos pela empresa BRASELCO (2004). Relatório Interno.

### - Nebulosidade, Insolação e Evaporação

A atividade convectiva que dá origem à formação de nuvens está diretamente relacionada à presença de sistemas geradores de precipitação, portanto, a nebulosidade mantém uma relação direta com a distribuição das chuvas, com valores médios mais elevados no mês de março (6,6) e mais baixos no mês de agosto (3,8), conforme Quadro 8.5 e Gráfico 8.6a. Já a insolação, ao contrário, apresenta-se mais elevada no período seco e mais baixa no chuvoso, com valores médios que variam de 158,0 horas em abril e 294,0 horas de sol em agosto. (Quadro 8.5 e Gráfico 8.6b).

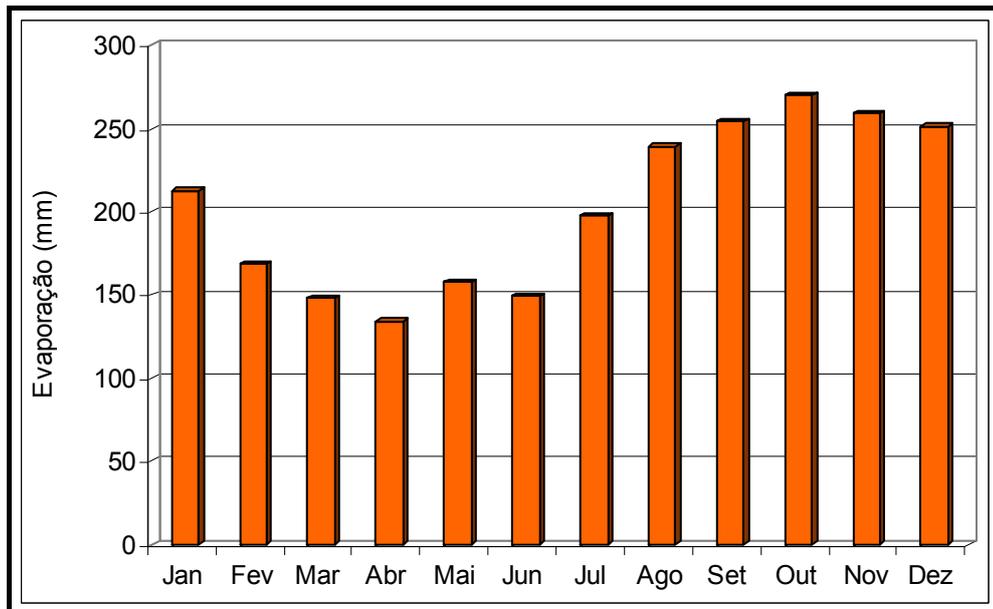
**Gráfico 8.6 – Nebulosidade (a) e Insolação Média (b) para Fortaleza (1966 – 2007)**



Fonte: Posto Meteorológico do PICI

A evaporação apresenta-se elevada nos meses em que atuam ventos de maior velocidade e os índices de insolação também se apresentam elevados. Destaca-se o mês de outubro com o maior índice de evaporação (270,5mm), conforme registrado na Quadro 8.5 e visto no Gráfico 8.7.

Gráfico 8.7 – Evaporação Média para Fortaleza (1966 – 2007)



Fonte: Posto Meteorológico do PICI

### - Análise do Balanço Hídrico

O Quadro 8.9 contém dados relativos ao Balanço Hídrico de São Gonçalo do Amarante, município onde se insere a área em estudo. Sua análise visa a avaliação do regime hídrico e uma tipologia climática para a área.

De acordo com os referidos dados, os valores de P-ETP, apresentam-se positivos por ocasião do período chuvoso (fevereiro a abril) totalizando 248mm, o que implica em potencial de água no solo, repercutindo no pleno desenvolvimento das plantas, no armazenamento de água nos aquíferos e no escoamento superficial, havendo, portanto, disponibilidade de recursos hídricos para a área.

Os valores médios mensais de evapotranspiração potencial (ETP) são elevados, sendo superiores a 133mm, atingindo valores de 161mm, totalizando 1.687mm anuais. Já os de evapotranspiração real variam de 148mm em março para 3mm em novembro, apresentando um índice médio anual de 903mm, tendo-se portanto uma deficiência hídrica de junho a janeiro, correspondendo, assim, ao período em que falta água no solo, totalizando 765mm.

O estudo do balanço hídrico serviu ainda para estabelecer uma tipologia climática para a área em estudo, de acordo com a classificação proposta por Thornthwaite e Mather (1955). Para São Gonçalo do Amarante, o resultado obtido indica o seguinte tipo climático: C1 W1 A'a', cujos significados encontram-se na Quadro 8.9.

**Quadro 8.9 – Balanço Hídrico Segundo Thornthwaite e Mather (1955) - Local: São Gonçalo do Amarante – Ceará – Capacidade de armazenamento do solo: 100mm**

MÊS	T (°C)	EP (mm)	Corr (q)	ETP (mm)	P (mm)	P-ETP (mm)	NegAc (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
							0	100	0			
JAN	27,3	148	1,04	154	94,8	-60	-60	84	-16	111	44	0
FEV	27,0	142	0,94	134	167	33	0	100	16	134	0	17
MAR	26,6	134	1,04	140	258	118	0	100	0	140	0	118
ABR	26,6	134	1	134	233	99	0	100	0	134	0	99
MAI	26,5	133	1,03	136	132	-5	-5	145	45	86	50	0
JUN	26,2	127	0,99	126	81	-45	-50	93	-52	133	8	0
JUL	26,0	123	1,02	126	35,6	-90	-140	38	-55	91	35	0
AGO	26,4	131	1,02	133	5,2	-128	-268	10	-27	32	101	0
SET	26,8	138	0,99	137	6,6	-130	-398	3	-8	14	123	0
OUT	27,3	148	1,03	153	2,8	-150	-548	1	-2	5	148	0
NOV	27,5	153	1	153	2,3	-150	-699	0	0	3	150	0
DEZ	27,6	155	1,04	161	19,2	-142	-840	0	0	19	142	0
Totais	-	1667	-	1687	1037	-650	-	-	-	903	784	234
Índice de Aridez = 47,0 Índice Hídrico = - 32,9 Índice de Umidade = 14,0						C1 - Subúmido seco W1 - Grande déficit no inverno e na primavera A' – Megatérmico a' - Sem variação estacional da temperatura						

Fonte: Costa (2006)

Legenda: T = temperatura (°C); P = precipitação; EP – evapotranspiração potencial; ARM – armazenamento de água no solo; ALT – variação do armazenamento; ER – estimativa da evapotranspiração real; EXC – excedente hídrico; DEF – deficiência hídrica

Assim, conforme a classificação climática de *Thornthwaite e Mather (1955)*, São Gonçalo do Amarante possui um tipo climático sub-úmido, com grande deficiência hídrica no inverno e primavera (junho a dezembro), megatérmico, sem variação estacional da temperatura, apresentando pequena variação da evapotranspiração potencial ao longo do ano.

Considerando-se a classificação de Gaussen, que ressalta os parâmetros bioclimáticos, a adoção da classificação de Gaussen permite um melhor relacionamento com as paisagens fitogeográficas. Esta classificação leva em conta o ritmo das temperaturas e precipitações durante todo o ano, utilizando médias mensais e considerando os estados favoráveis e desfavoráveis à vegetação.

De acordo com a classificação de Gaussen, o clima na região engloba os tipos 4bTh e 4cTh. As características gerais desses climas são: curva térmica sempre positiva; dias curtos secos; índice xerotérmico, variando entre 0 e 200; período seco, variando entre 1 e 8 meses consecutivos. O período seco (verão) e o período úmido (inverno) são bem acentuados e nitidamente marcados. A região termaxérica é caracterizada por curva térmica sempre positiva (entre 15°C e 20°C para mês mais frio).

### 8.5.1.3. Sinopse Climática

Em resumo, o painel climático da região tem como característica os indicadores a seguir:

Pluviosidade média anual (Fortaleza) .....	1.609,0 mm
Pluviosidade média anual (São Gonçalo) .....	1.027,0 mm
Pluviosidade média mensal (Fortaleza) .....	134,1 mm
Pluviosidade média mensal (São Gonçalo).....	85,58 mm
Período mais chuvoso .....	Fev./Mai.
Período mais seco .....	Ago./Nov.
Mês de maior pluviometria.....	Mar.
Evaporação média anual (Fortaleza) .....	2.445,0 mm
Período de maior evaporação (Fortaleza).....	Set./Dez.
Período de menor evaporação (Fortaleza).....	Mar./Jun.
Temperatura média mensal (Fortaleza) .....	26,8 °C
Temperatura média mensal (São Gonçalo) .....	27,2 °C
Umidade relativa média mensal (Fortaleza).....	77,8%
Umidade relativa média mensal (São Gonçalo).....	72,2%
Período de maior umidade relativa.....	Mar./Mai.
Período de menor umidade relativa .....	Set./Nov.
Insolação média anual (Fortaleza) .....	2.868,00h
Período de maior insolação (Fortaleza) .....	Ago./Nov.
Período de menor insolação (Fortaleza) .....	Fev./Abr.
Pressão atmosférica média mensal (Fortaleza).....	1009,3 mb
Pressão atmosférica média mensal (São Gonçalo) .....	1009,7 mb
Velocidade média dos ventos (Fortaleza) .....	3,8 m/s
Velocidade média dos ventos (São Gonçalo) .....	3,7 m/s
Velocidade média dos ventos (Pecém / Ampla).....	7,9 m/s
Período de maior ventania.....	Ago./Dez.
Período de menor ventania .....	Mar./Jun.
Direção predominante dos ventos.....	E

#### 8.5.1.4. Caracterização da Qualidade do Ar

A caracterização climática para dispersão de poluentes leva em consideração as três escalas dos movimentos atmosféricos: a larga escala; a mesoescala; e a microescala. Fundamentalmente a dispersão de poluentes é diretamente influenciada pelos fenômenos de pequena escala ou micrometeorológicos que ocorrem na camada limite superficial atmosférica conhecida com baixa atmosfera.

A região onde se localiza a área de influência do empreendimento, se caracteriza por possuir um baixo regime pluviométrico e com isso uma baixa remoção por via úmida de substâncias em suspensão na atmosfera. Por outro lado, essa deficiência de chuvas é compensada pelo elevado fluxo de ventos fortes associados a uma boa velocidade média que sopram continuamente do oceano para a zona litorânea promovendo uma alta taxa de dispersão atmosférica de poluentes.

Observa-se que o longo período de estiagem de agosto a novembro é compensado pela temperatura elevada ao longo do ano, o que torna a atmosfera altamente instável favorecendo a expansão do volume de ar da baixa atmosfera e mantendo as condições de boa dispersão. Um outro fator que favorece a dispersão de poluentes é a intensidade dos ventos fortes que persistem em mais de 70% dos meses do ano.

O período de ventos fracos (1º semestre) é compensado pelo excesso de chuva onde se concentra mais de 80% da chuva total precipitada na região, se caracterizando, portanto em condição também altamente favorável à dispersão atmosférica.

O Quadro 8.10 apresenta um resumo dos parâmetros meteorológicos predominantes na região que são fatores determinantes com relação à dispersão de poluentes na região do Pecém.

**Quadro 8.10 – Parâmetros Meteorológicos Críticos na Região do Pecém**

Parâmetros Meteorológicos	Referencial
Período mais seco	Agosto a Novembro
Período de maior evaporação	Agosto a Novembro
Média das temperaturas mínimas	24,13° C
Período de menor umidade relativa	Setembro a Novembro
Período de maior insolação	Agosto a Dezembro
Período de redução da intensidade dos ventos	Fevereiro a Maio

Fonte: SECA, 2007.

O Complexo Industrial do Pecém encontra-se ainda em consolidação. Até agora foram implantadas no CIP: duas termelétricas, uma indústria de torres de aerogeradores e uma de pré-moldados, uma de moagem e mistura de argamassa, além de duas subestações

elétricas. Desta forma, considerando o quadro de ocupação atual e a velocidade do vento na região que independente do período e época do ano, apresenta uma velocidade média bastante favorável à dispersão dos poluentes. Torna-se pertinente, estimar que a qualidade do ar na região do CIP esteja dentro dos parâmetros permitidos pela legislação vigente. Todavia, é importante apresentar um quadro de “background” para que dessa forma possa haver um real acompanhamento das variações atmosféricas na área.

A empresa AMPLA Engenharia coletou dados referentes à qualidade do ar na região durante os anos de 2002, 2003, 2004 e 2005 (relatório interno) para os seguintes parâmetros: Monóxido de Carbono – CO, Óxido de Nitrogênio – NO<sub>x</sub>, Partículas Totais em Suspensão – PTS, e Óxido de Enxofre – SO<sub>x</sub>.

Para coleta de dados em campo foram definidos 02 (dois) pontos de amostragem na área da Termoceará, identificados no Quadro 8.11.

**Quadro 8.11 – Identificação dos Pontos de Verificação da Qualidade do Ar**

Ponto	Coordenadas UTM		Descrição
Estação de Monitoramento Ambiental – EMA	0514222	9591905	Dentro da área da Termoceará, próximo as chaminés.
PMCO – 01	0514401	9591926	Estacionamento Provisório do site

Os dados foram coletados conforme a lei ambiental vigente. A Figura 8.3 apresenta a localização dos pontos de amostragem em relação ao empreendimento.

Os Quadros 8.12 a 8.15 e as Figuras 8.4 a 8.7 apresentam a configuração da atmosfera na área diretamente afetada pelo empreendimento considerando as médias do período de junho de 2002 a dezembro de 2005. Observa-se que a região não demonstra traços de poluição atmosférica até o presente momento.

Complementarmente aos dados analisados anteriormente, a AMPLA Engenharia (AMPLA, 2009), durante os períodos de 12 a 21 de agosto; de 28 de agosto a 06 de setembro de 2008; e de 20 de maio a 02 de junho de 2009, coletou dados referentes à qualidade do ar na região para os seguintes parâmetros: Dióxido de Nitrogênio – NO<sub>2</sub>, Monóxido de Carbono – CO, Partículas Totais em Suspensão – PTS, e Dióxido de Enxofre – SO<sub>2</sub>.

Ao Volume III – Anexos é apresentado, na íntegra, o estudo de Caracterização da Qualidade do Ar atual. Para coleta de dados em campo foram definidos 03 (três) pontos de amostragem na área potencialmente afetada, identificados no Quadro 8.16 e na Figura 8.3.

Figura 8.3 – Localização dos Pontos de Amostragem dos Poluentes Atmosféricos



**Quadro 8.12 – Dados de Monóxido de Carbono (CO (ppm)) no Ponto PMCO 01**

Anos	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2002	-	-	-	-	-	-	1	0	1	0	0	0
2003	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Padrões Resolução CONAMA N°. 003/90												
Padrão Primário	Médias 1 e 8 horas – 9 ppm											
Padrão Secundário	Médias 1 e 8 horas – 35 ppm											

Fonte: Baseado em AMPLA Engenharia, Relatório Interno.

**Quadro 8.13 – Dados de Oxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)) no Ponto PMCO 01**

Anos	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2002	-	-	-	-	-	-	5,3	4,7	3,9	4,4	3,8	4,4
2003	5,3	5,2	3,4	4,0	4,4	4,6	7,3	8,7	4,6	4,9	4,4	6,4
2004	7,1	4,1	4,8	4,2	5,8	5,6	5,6	5,1	12,7	8,2	12,8	9,1
2005	10,1	3,7	4,0	5,5	6,4	7,6	6,6	4,8	1,5	3,0	4,6	7,6
Padrões Resolução CONAMA N°. 003/90												
Padrão Primário	Média 1 hora = 320; Média anual = 100											
Padrão Secundário	Média 1 hora = 190; Média anual = 100											

Fonte: Baseado em AMPLA Engenharia, Relatório Interno.

**Quadro 8.14 - Dados de Partículas Totais em Suspensão (PTS (µg/m<sup>3</sup>)) no Ponto EMA**

Anos	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2002	-	-	-	-	-	-	53,6	56,3	41,0	42,9	30,4	33,1
2003	23,4	24,1	17,5	14,4	28,2	26,0	25,6	34,3	42,2	26,3	30,9	30,0
Padrões Resolução CONAMA N°. 003/90												
Padrão Primário	Média 24 horas = 240; Média anual = 80											
Padrão Secundário	Média 24 horas = 150; Média anual = 60											

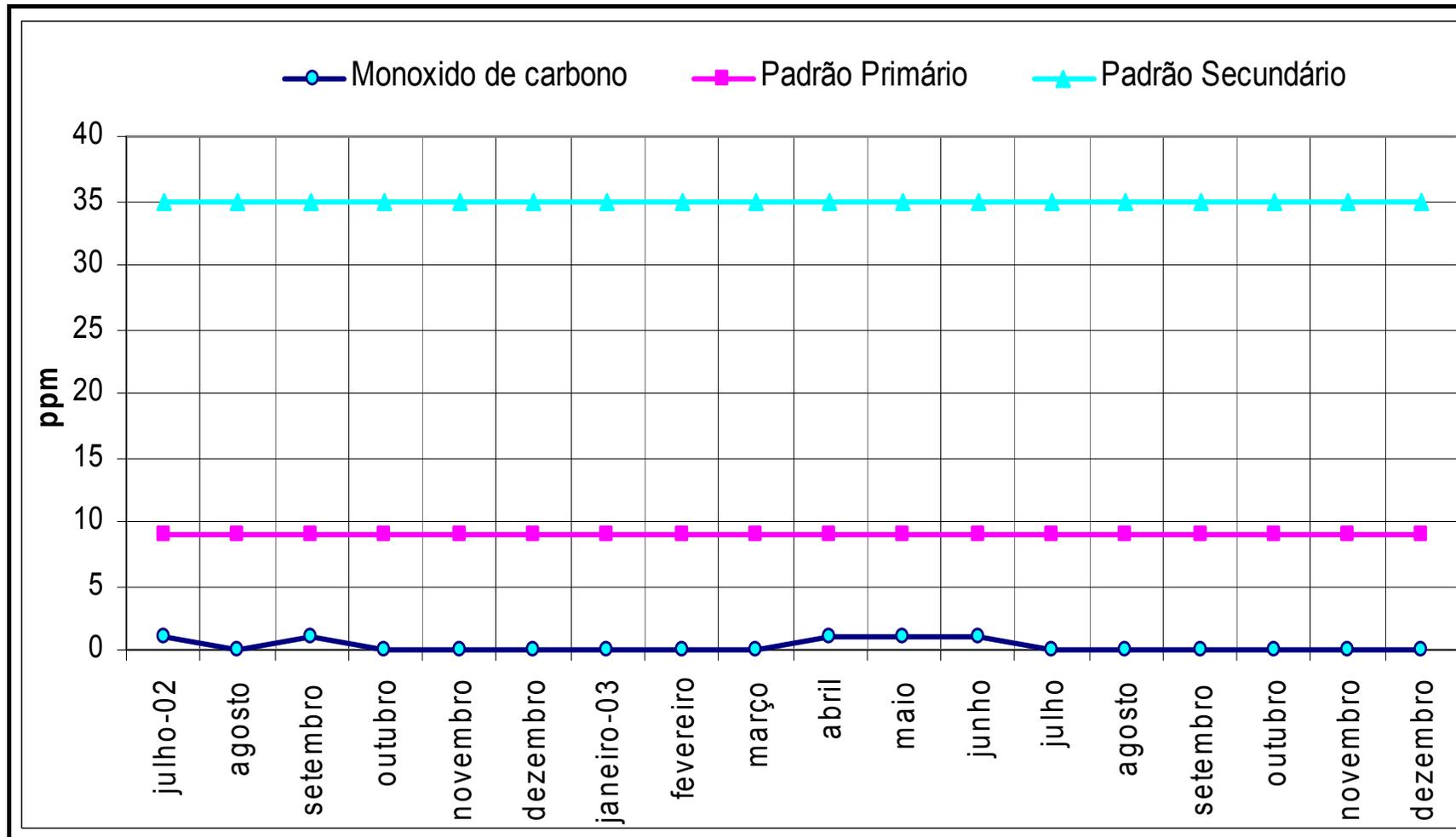
Fonte: Baseado em AMPLA Engenharia, Relatório Interno.

**Quadro 8.15 – Dados de Óxidos de Enxofre (SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)) no Ponto EMA**

Anos	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2002	-	-	-	-	-	-	5,2	4,6	3,8	4,8	3,7	4,5
2003	2,2	3,4	3,4	2,2	5,0	2,8	3,0	3,5	3,1	3,7	0,0	3,2
2004	3,8	3,4	3,4	3,3	2,6	2,2	3,0	3,5	3,4	2,8	3,9	3,4
2005	3,9	3,4	2,2	3,4	3,4	4,5	0,0	16,6	10,7	9,4	13,0	15,6
Padrões Resolução CONAMA N°. 003/90												
Padrão Primário	Média 24 horas = 365; Média anual = 80											
Padrão Secundário	Média 24 horas = 100; Média anual = 40											

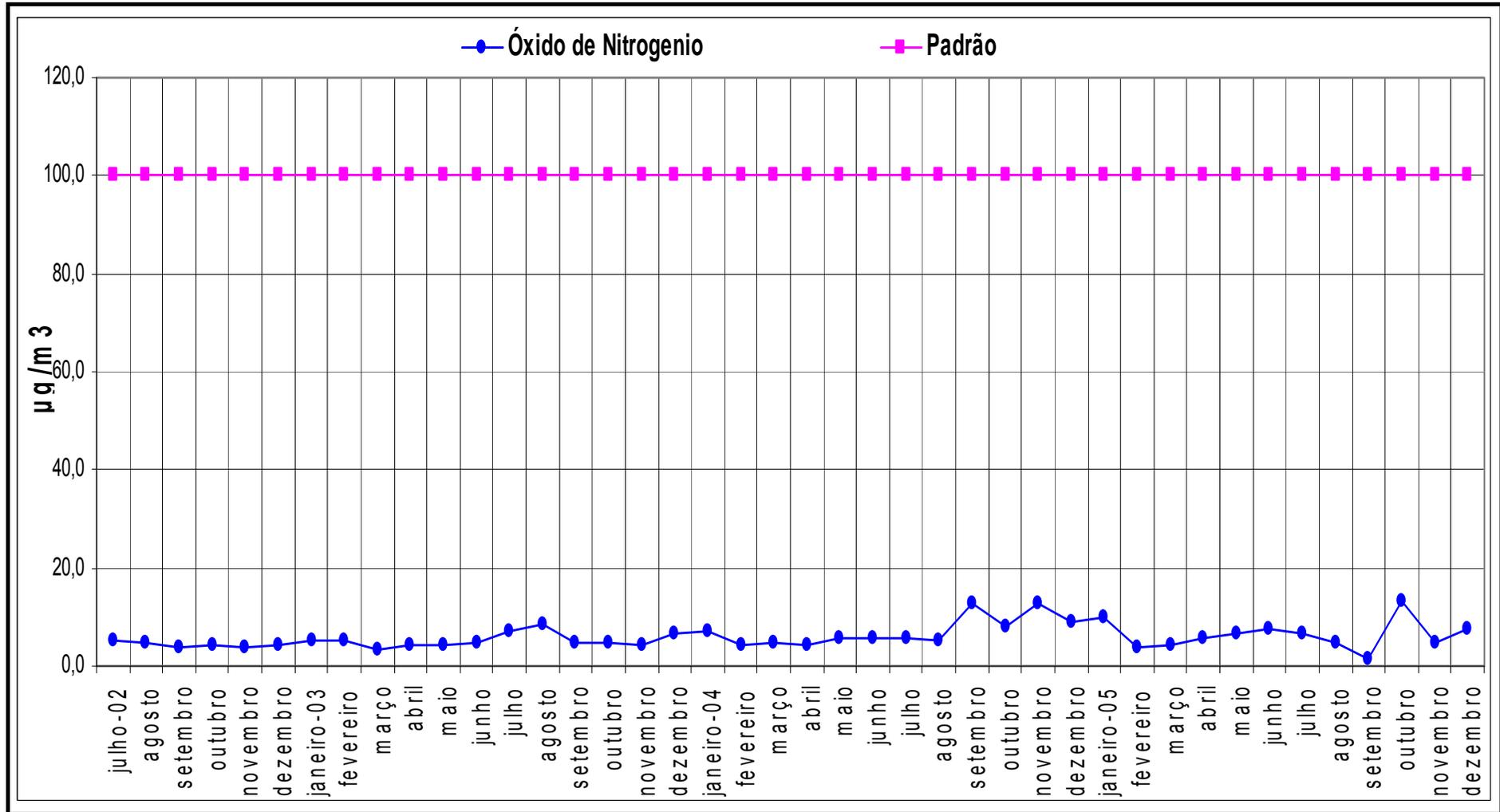
Fonte: Baseado em AMPLA Engenharia, Relatório Interno.

**Figura 8.4 – Configuração do Comportamento do Monóxido de Carbono (CO) no Ponto PMCO 01 com Relação ao Padrão Permitido pela Resolução CONAMA N°. 03/90**



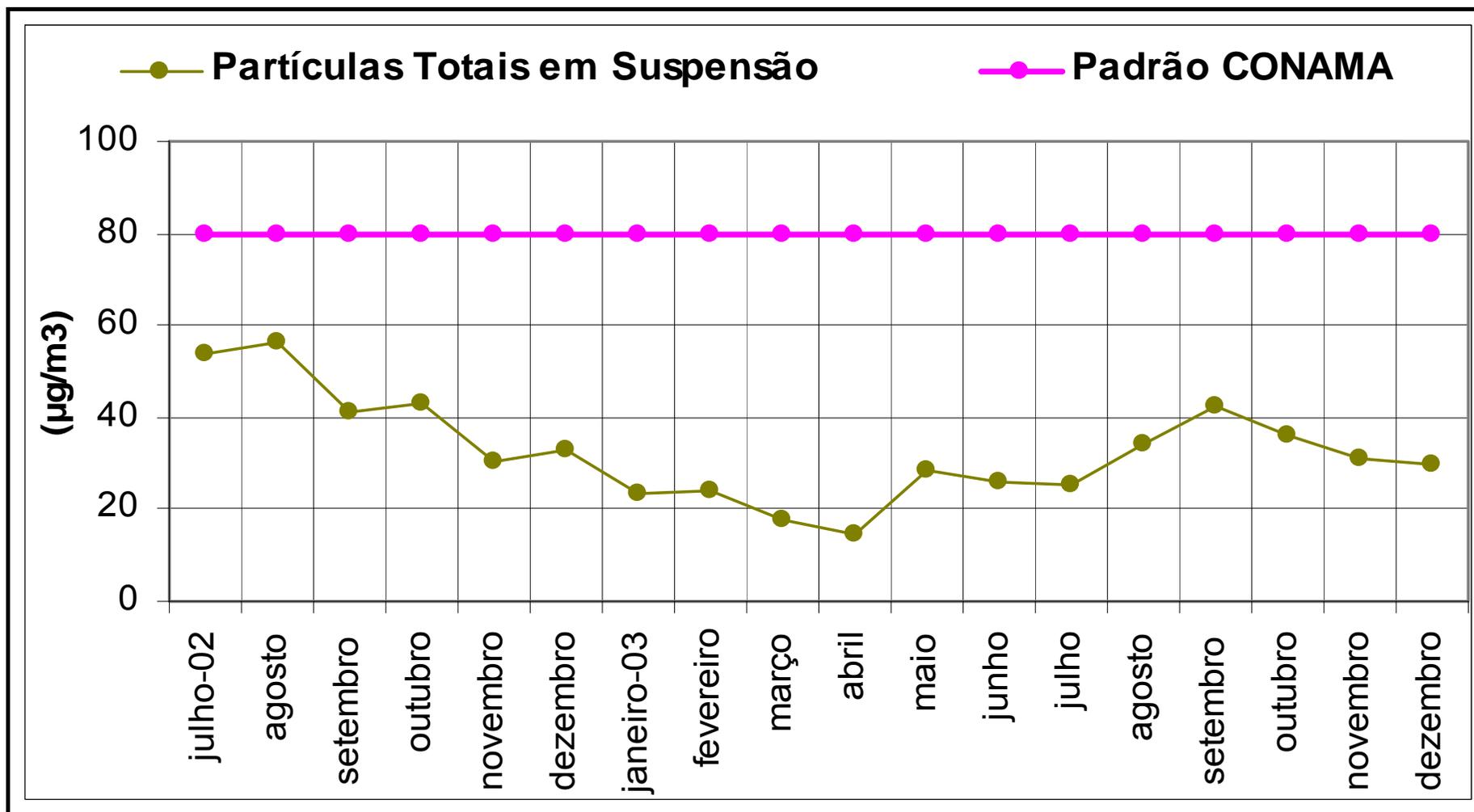
Baseado em AMPLA Engenharia, Relatório Interno.

**Figura 8.5 – Configuração do Comportamento do Óxido de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>) no Ponto PMCO 01 com Relação ao Padrão Permitido pela Resolução CONAMA N<sup>o</sup>. 03/90**



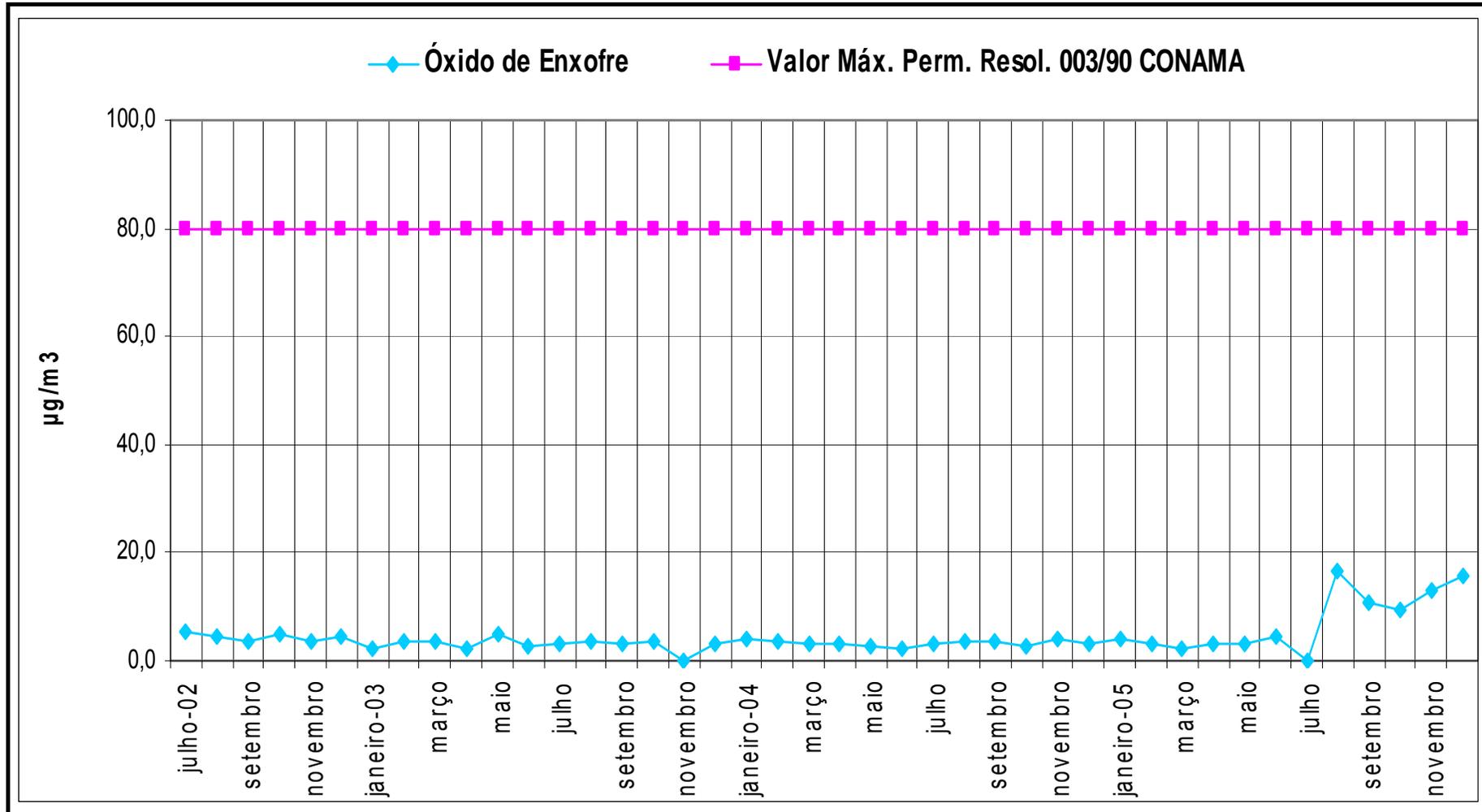
Baseado em AMPLA Engenharia, Relatório Interno.

Figura 8.6 – Configuração do Comportamento das Partículas Totais em Suspensão (PTS) no Ponto EMA com Relação ao Padrão Permitido pela Resolução CONAMA N°. 03/90



Baseado em AMPLA Engenharia, Relatório Interno.

**Figura 8.7 – Configuração do Comportamento do Óxido de Enxofre (SO<sub>x</sub>) no Ponto EMA com Relação ao Padrão Permitido pela Resolução CONAMA N°. 03/90**



Baseado em AMPLA Engenharia, Relatório Interno.

Quadro 8.16 – Localização dos Pontos de Análise da Qualidade do Ar

Ponto	Coordenadas UTM	
1. Termoceará	0514216	9591980
2. Jardim Botânico	0512490	9605356
3. Porto do Pecém	0520952	9607761

Os resultados das análises dos parâmetros apontam que, de acordo com o que determina a Resolução CONAMA N°. 003 de 28 de Junho de 1990 - Artigo 3º observa-se que durante as amostragens as concentrações de Monóxido de Carbono (CO), de Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), e as médias geométrica e aritmética do Material Particulado (PTS) encontravam-se perfeitamente de acordo com o citado Artigo da referida Resolução.

Percebe-se ainda que a concentração média de NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> esteve abaixo do padrão estabelecido para média anual, em proporção ao período de estudo. Este valor pode ser associado a não existência no local de monitoramento de atividades humanas relacionadas à produção de alimentos, energia e uso intensivo de fertilizantes. A legislação estabelece como concentração média anual o valor de 100 µg/m<sup>3</sup> como Padrão Primário e Secundário para NO<sub>2</sub>, para o SO<sub>2</sub> a concentração média anual é de 80 µg/m<sup>3</sup> Padrão Primário e 40 µg/m<sup>3</sup> Padrão Secundário.

A concentração média de Monóxido de Carbono apresentou um valor próximo a zero nos pontos analisados como média aritmética dos valores medidos durante o período de monitoramento. Este valor, mesmo sendo muito abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA N°. 003/90 (9 ppm) estaria associado ao fluxo de veículos próximo a área de monitoramento.

O PTS apresentou valor médio dentro do padrão estabelecido, nos pontos monitorados. A Resolução CONAMA N°. 003/90 estabelece como Padrão Primário o valor de 240 µg/m<sup>3</sup> e 150 µg/m<sup>3</sup> como Padrão Secundário, não podendo exceder uma vez por ano em amostra de 24 horas.

#### 8.5.1.5. Nível de Ruídos

A área potencialmente afetada pelo empreendimento caracteriza-se, sobretudo, pela baixa densidade ocupacional, a qual é restrita a algumas localidades, a saber: Sítio do Bolso, Sítio Madeiro, Sítio Gregório, Fazenda São Roque e a localidade do Gereraú, situados de maneira geral, na porção noroeste do CIP.

A população dessas localidades apresenta, de maneira geral, uma ocupação econômica associada ao setor primário, ou seja, à agricultura voltada, de maneira geral, para a subsistência e realizada de forma rudimentar (não mecanizada), além da criação de animais. Entre estas localidades tem-se um trânsito de veículos incipiente, realizado em vias de acesso em leito natural.

Há localidades de maior porte no limite meridional da área, são as localidades de Catuana e Primavera, desenvolvidas às margens da BR-222; além de outras duas: Parada – limite noroeste; e Matões – limite nordeste da área.

Nesse segundo agrupamento de localidades, tem-se um desenvolvimento urbano mais significativo, onde a ocupação do solo se dá de forma mais adensada, com a ocorrência de diversos estabelecimentos comerciais. Interligando estas localidades, tem-se uma rodovia federal importante no contexto regional, a BR-222; e quatro rodovias estaduais – CE's 421, 422, 156 e 085, com destaque maior para esta última.

Na maior parte da área, contudo, observam-se setores não habitados apresentando uma diferenciação básica com relação à fisionomia da vegetação, ora mais adensada, ora mais rarefeita, o que influencia na dispersão dos ruídos pelos ventos.

Tal quadro, em suma, proporciona no campo teórico uma relativa diversidade de níveis de ruídos no contexto espacial da área do projeto, o qual serviu como parâmetro básico para a seleção dos setores onde foram realizadas medições para a determinação do nível de ruídos em ambientes externos.

#### 8.5.1.5.1. Metodologia

Foram realizadas medições do nível de ruídos no contexto da Área Potencialmente Afetada. Foram realizadas medições em 26 (vinte e seis) pontos diferentes, abrangendo setores habitados, não habitados, bem como as áreas próximas às rodovias estaduais e aos equipamentos relacionados ao CIP.

As medições seguiram as normas técnicas da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, L11.032 e L11.033, que normatizam a determinação do nível de ruídos em ambientes internos e externos, as quais determinam que devam ser observadas as seguintes condições:

- altura do microfone: 1,20 - 1,50 m (do piso);
- certificar-se de que o medidor de nível de som (MNS) esteja calibrado de acordo com as recomendações do fabricante;

- a cada intervalo de 10 segundos fazer a leitura do nível de som até completar no mínimo 30 leituras. Se durante as leituras o nível de ruído for alterado por ruído transitório de alguma fonte passageira desprezar o valor correspondente e fazer nova leitura; e,
- distância mínima de paredes: 1,0 m.

Após a medição dos índices de ruídos, devidamente tabulados em uma planilha numerada e relacionada a cada setor da área, realizar o cálculo do nível sonoro do ambiente ( $L_A$ ) com a seguinte fórmula:

$$L_A = \frac{\sum L_i}{n}$$

Onde:

$L_A$  = nível sonoro do ambiente, em dB(A)

$L_i$  = nível pontual de ruído, em dB(A)

$n$  = numero de medições, desprezando os valores de ruídos de impactos (aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo) e/ou tons puros (ruído constituído apenas por uma frequência).

Vale frisar que as medições foram realizadas com um decibelímetro digital portátil ICEL, modelo DL-4020, com faixa de frequência entre 30 e 130 dB.

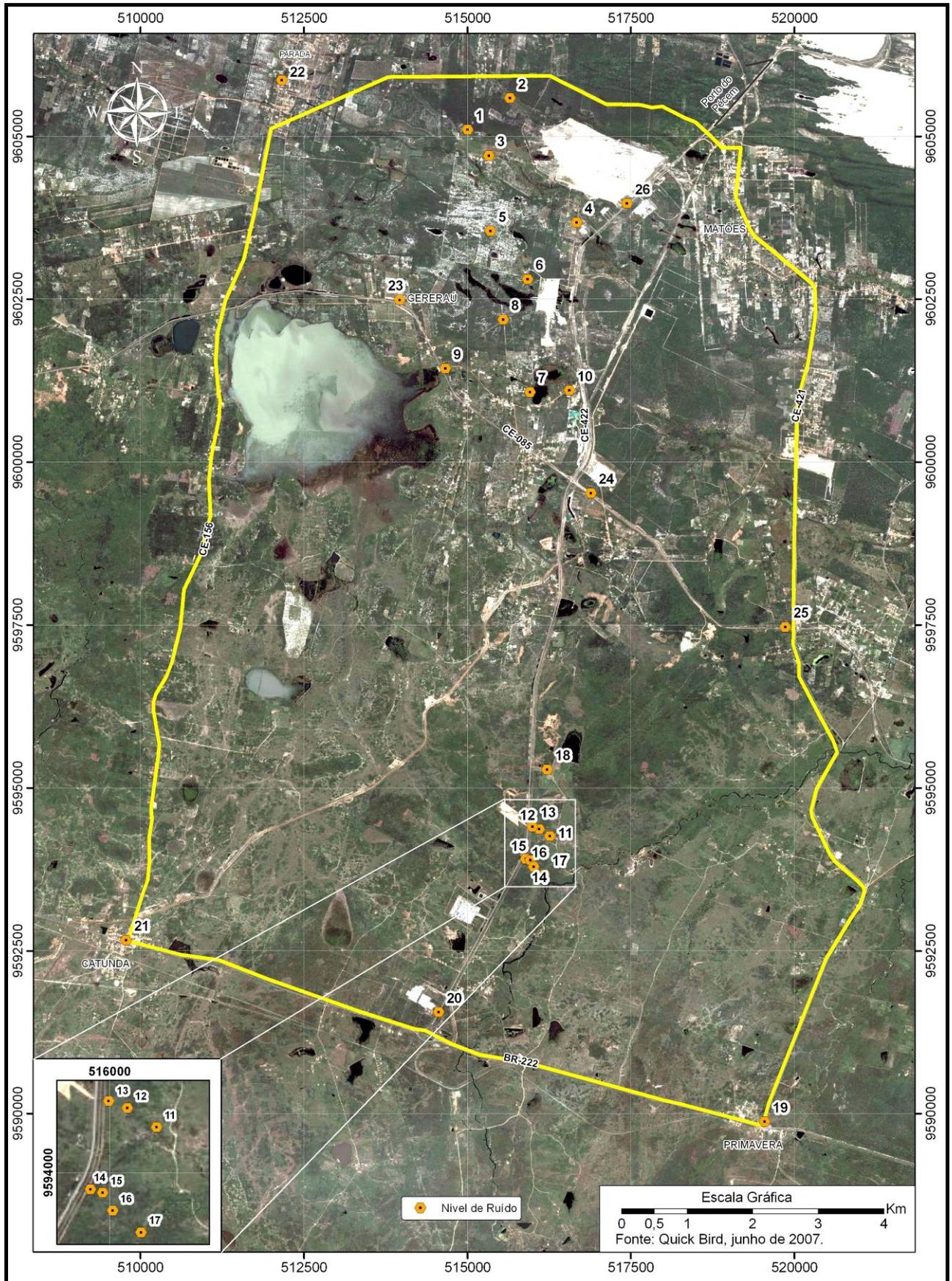
#### 8.5.1.5.2. Medições

As 10 (dez) primeiras medições do nível de ruídos foram realizadas no contexto da área de implantação e entorno imediato da Usina Siderúrgica da CSP – setor norte do CIP. Outras 08 (oito) medições na área de instalação da UTE José de Alencar – setor meridional do CIP. As demais medições (08 – oito) foram feitas nos setores limítrofes do CIP, compondo, por fim, um quadro representativo da Área Potencialmente Afetada (Figura 8.8).

Vale frisar que para o terceiro agrupamento de medições (setores limítrofes do CIP) foram realizadas uma segunda medição nos mesmos pontos. A primeira sendo feita no período da manhã e a segunda no período da tarde, compondo uma média com as duas medições.



Figura 8.8 – Localização dos Pontos de Coleta – Nível de Ruídos



Em cada ponto, num intervalo mínimo de 10 segundos entre as medições, foi realizada a leitura do nível de som até completar uma série de 30 leituras. Por conseguinte, os dados foram tabulados e calculados de acordo com as normas estabelecidas para este tipo de análise. Os resultados das análises são discutidos na sequência separadamente, de acordo com o agrupamento das medições realizadas.

### 8.5.1.5.3. Resultados

Os resultados das 10 (dez) medições dos níveis de ruídos realizadas na área da CSP apresentam uma relação estreita com as características de uso e ocupação da área, descritas anteriormente (Quadro 8.17).

**Quadro 8.17 – Resultado das Medições do Nível de Ruídos**

Pontos	CSP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Valor (dB)		45,7	53,2	52,0	52,3	47,3	47,8	51,4	46,1	52,7	53,6
Pontos	UTE José de Alencar	11	12	13	14	15	16	17	18		
Valor (dB)		48,6	42,7	46,4	47,3	49,0	46,9	42,0	51,1		
Pontos	Setores limítrofes - CIP	19	20	21	22	23	24	25	26		
Valor (dB)		57,7	62,7	62,4	57,4	58,9	57,7	62,0	59,3		

Fonte: Geoconsult, relatório interno.

Vale frisar, de antemão que os pontos 09 e 10 se localizam fora da Área Diretamente Afetada (ADA) da CSP, todavia, estão situados a poucos metros de distância do limite da área e se situam às margens das rodovias estaduais que permitem o acesso à área de implantação do empreendimento, fatores que justificam a inclusão dos mesmos na presente análise.

Os menores valores foram verificados no ponto 01 (45,7 dB), uma área arborizada adensada, o que atenua a incidência dos ventos abaixo do dossel das árvores, ocupada nas suas imediações apenas por duas pequenas residências, as quais não possuem ligação com a rede de energia elétrica, não permitindo a utilização de eletrodomésticos.

Com valores um pouco acima, mas dentre os mais baixos da área analisada, tem-se duas áreas não ocupadas, mas dotadas de vegetação de menor porte. O ponto 08 (46,1 dB), coberta por uma mata de tabuleiro arbóreo-arbustiva adensada e o ponto 05 (47,3 dB), por uma mata de tabuleiro arbóreo-arbustiva mais aberta, ou seja, o adensamento da vegetação e a possibilidade de maior atuação dos ventos, parece ter sido predominante para o resultado.

Por sua vez, os valores intermediários foram verificados nos pontos 06, 07, 03 e 04, que são áreas ocupadas, respectivamente, pela Fazenda São Roque, pouco ocupada, mas

situada nas proximidades de uma indústria de fertilizantes; pela localidade da Lagoa do Bolso, mais adensada do ponto de vista residencial, mas o ponto coletado se situa nas margens da lagoa homônima, o que deve ter amenizado o nível de ruídos; pelo Sítio Madeiro, segunda localidade mais adensada da área; e pelo Sítio Gregório, este último situado nas proximidades de uma subestação elétrica e da CE-422.

Dentre os maiores níveis de ruídos, tem-se a localidade do Gereraú (ponto 09), que se constitui num pequeno aglomerado de residências, mas situado às margens da CE-085, uma via de acesso importante para a costa oeste do Ceará e bastante movimentada; e o ponto 02, com 53,2 dB.

O ponto 02, localizado às margens do riacho Portirí, pequeno curso fluvial situado no setor norte da área, disposto na direção E-W, constitui-se como o resultado mais anômalo com relação às hipóteses iniciais. Por ser uma área pouco ocupada, esperava-se níveis mais inferiores de ruídos. Todavia, a justificativa pode estar no fato da área ter sido anteriormente utilizada para agricultura e, atualmente, apresentar uma composição vegetal aberta antropizada, o que propicia a incidência dos ventos de E e o aumento nos níveis de ruídos no momento da medição.

Por fim, o ponto 10 apresenta os valores mais elevados de ruídos, com 53,6 dB. Este ponto situado na entrada da localidade da Lagoa do Bolso apresenta dois fatores exponenciais: o trânsito de veículos entrando e saindo da localidade, dentre eles caminhões fazendo o transporte de materiais de uma extração de areia vermelha em funcionamento na área do empreendimento; e, principalmente, o tráfego de veículos pesados na CE-422, uma das principais vias de acesso ao Complexo Industrial do Pecém.

Em suma, os níveis de ruídos, que apresentaram uma média geral de 50,21 dB apresenta-se abaixo dos níveis admissíveis de ruídos no horário das 07h00min às 19h00min, em ambientes externos para áreas onde se tem a diversificação ocupacional verificada, com residências, comércio e indústrias, como ocorre na área analisada.

Como a área é destinada estritamente para o uso industrial, os níveis podem chegar aos 70 dB, no horário das 07h00min às 19h00min que ainda estarão dentro dos níveis admissíveis segundo as normas estabelecidas para análise dos ruídos.

O segundo agrupamento de medições se deu na Área Potencialmente Afetada e entorno norte da Usina Termelétrica – UTE José de Alencar (Figura 8.3), onde foram realizadas 08 (oito) medições (Quadro 8.16).

Este setor do CIP caracteriza-se como uma área não-habitada, apresentando uma diferenciação básica com relação à fisionomia da vegetação, ora mais adensada, ora mais aberta, o que influencia na dispersão dos ruídos pelos ventos. Vale frisar a

existência de um riacho sem denominação, que corta o terreno no sentido NE-SW ao longo do setor sudeste.

A ocupação mais próxima, a saber, é a Fazenda Olho D'água situada na região norte da Área de Influência Indireta. A população dessa fazenda apresenta, de maneira geral, uma ocupação econômica associada ao setor primário, com a criação de animais.

Os pontos 11, 12, 13 e 18 se localizam fora da Área de Influência Direta (AID), da UTE José de Alencar, todavia, estão situados em pontos que podem servir como pontos de monitoramento do nível de ruídos da usina termelétrica tendo em vista serem pontos situados no entorno da área estudada e estando dispostos no sentido de propagação dos ventos, a sotavento da área objeto do estudo ambiental.

Destaca-se entre os mesmos o ponto 18 que representa a pesquisa de ruídos em uma área antropizada, Fazenda Olho d'água, o que permitirá futuramente mensurar-se a impactância da usina sobre as comunidades de entorno.

Os menores valores desse agrupamento foram verificados no ponto 17 (42,0 dB), situado no setor sul da AID. É uma área próxima a um riacho corrente, com vegetação adensada, o que atenua a incidência dos ventos abaixo do dossel das árvores.

Com valores um pouco acima, mas dentre os mais baixos da área analisada, tem-se o ponto 12 (42,7 dB), dotadas de vegetação de menor porte, onde se ouviu sons de pássaros.

Por sua vez, os valores intermediários foram verificados nos pontos 11, 13, 14, 15 e 16, onde se tem a proximidade com a rodovia, riacho corrente e uma vegetação aberta.

Dentre os maiores níveis de ruídos, tem-se o ponto 18 (51,1 dB), localizado na Fazenda Olho D'água, que se constitui num pequeno aglomerado de residências, com animais domésticos como cachorro, gansos e bovinos, além dos trabalhadores realizando as mais diversas atividades.

Em suma, os níveis de ruídos desse segundo agrupamento, que apresentaram uma média geral de 40,3 dB situa-se abaixo dos níveis admissíveis de ruídos no horário das 7:00 às 19:00 horas, em ambientes externos, níveis tais, que por ser uma área destinada estritamente para o uso industrial, os níveis podem chegar aos 70 dB.

O terceiro agrupamento de medições caracteriza-se em 08 (oito) medições de níveis de ruídos (Quadro 8.16) prioritariamente realizadas nos setores limítrofes do CIP (Figura 8.8).

Os menores valores médios se deram nos pontos 19 (57,7 dB), 22 (57,4 dB) e 24 (57,7 dB), os quais correspondem, respectivamente, à localidade Primavera, às margens da BR-222 (limite extremo sudeste do CIP); à localidade de Parada, às margens da CE-156 (limite extremo noroeste); e ao cruzamento da CE-085 com a CE-422 (setor central do CIP).

Possivelmente, tais médias tenham se dado em função do pouco trânsito dos moradores locais verificado nos horários das medições, onde a população encontrava-se no horário de trabalho e de escola.

Os valores intermediários foram verificados nos pontos 23 (58,9 dB), 25 (62,0 dB) e 26 (59,3 dB), correspondendo, respectivamente, a um ponto na CE-085, setor norte do CIP, mais precisamente, na entrada do canteiro de obras da UTE Porto do Pecém; no cruzamento da CE-085 com a CE-421; e a um ponto da CE-422, setor norte do CIP, entrada do terreno da Usina Ceará Steel.

Os valores ganharam maiores níveis nestes pontos, talvez, em função do trânsito maior para as obras da UTE; no cruzamento das vias na saída do CIP para a cidade de Fortaleza; e na saída do CIP para o Porto do Pecém.

Por fim, os valores mais elevados foram medidos nos pontos 20 (62,7 dB) e 21 (62,4 dB), os quais correspondem, respectivamente, ao cruzamento da BR-222 com a CE-422 (acesso ao Porto e à Vila do Pecém); e às margens da BR-222 na altura da localidade de Catuana – limite extremo sudoeste do CIP.

Estes valores se deram em função do trânsito intenso verificado no dia e horas de medições na BR-222, importante rodovia que permite acesso para os estados do Piauí e do Maranhão, passando pela região norte do Estado do Ceará.

Por fim, os níveis de ruídos desse terceiro agrupamento, apresentaram uma média geral de 59,8 dB, a qual se situa abaixo dos níveis admissíveis de ruídos no horário das 7:00 às 19:00 horas, em ambientes externos, níveis tais, que por ser uma área destinada ao uso industrial, os níveis podem chegar aos 70 dB.

#### **8.5.1.6. Dispersão Atmosférica**

O estudo de dispersão atmosférica para a área potencialmente afetada pelo projeto, o CIP, foi desenvolvido pela empresa SECA, Consultoria em Clima e Meio Ambiente Ltda. com o modelo matemático AERMODView, para estimar as concentrações do Material Particulado, MP, dos Óxidos de Nitrogênio, NOX, do Monóxido de Carbono, CO, e do Dióxido de Enxofre, SO<sub>2</sub>, tendo como responsável técnico o Meteorologista Silvio de Oliveira, CREA-SP N°. 0600948501.

### 8.5.1.6.1. Fontes de Dados

Os dados de emissão dos poluentes utilizados no estudo foram fornecidos oficialmente por três empresas que estão se instalando no *site* e as que já estão instaladas. O minério de ferro e o carvão mineral são os principais combustíveis a serem utilizados pela siderúrgica CSP e o carvão mineral pela Usina Termelétrica MPX Energy. Foram considerados ainda os dados fornecidos pela Votorantim Cimentos.

Da soma total das emissões, classificaram-se quais as empresas que mais contribuem com a emissão de poluentes na Bacia Aérea do CIP, conforme mostra o Quadro 8.18. Observa-se que do total das emissões: a CSPecém contribui com 71% de MP, 71,5% de NO<sub>x</sub>, 75% de SO<sub>2</sub> e 99,5% de CO; a MPX com 29% de MP, 28,5% de NO<sub>x</sub>, 25% de SO<sub>2</sub> e 0,5% de CO; e a Votorantim Cimentos contribui apenas com 0,2% de Material Particulado e não emite os demais poluentes segundo a planilha oficial de dados fornecida.

**Quadro 8.18 – Emissão Relativa de Poluentes por Empresa na Bacia Aérea do CIP**

Fontes	Poluentes	MP	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
		(%)	(%)	(%)	(%)
CSPecem		70,86	71,5	74,6	99,5
UTE MPX		28,98	28,5	25,4	0,5
Votorantim		0,16	0,0	0,0	0,0
Total (%)		100	100	100	100

Fonte: SECA, 2009.

Além disso, foi estimada também pela MPX as emissões fugitivas de PTS resultantes do deslocamento dos caminhões ao longo da via pavimentada no transporte do carvão mineral para a UTE.

As emissões previstas, apesar de baixas, são significativas, tendo em vista que o impacto do vento sobre esse material é quase permanente devido as características das condições climáticas sobre a bacia aérea.

A partir dos dados meteorológicos, das emissões de poluentes e das demais informações das fontes instaladas e em fase de instalação no CIPP, utilizou-se o modelo matemático de dispersão atmosférica AERMODView para simular as concentrações dos poluentes NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub> e o MP de cada fonte tanto para as condições ponto, área e linha cujos resultados são apresentados de forma integrada e todas as fontes emitindo simultaneamente.

### 8.5.1.6.2. Resultados

➤ Para Óxido de Nitrogênio - NO<sub>x</sub>

A máxima concentração integrada horária de NO<sub>x</sub> foi de 253 µg/m<sup>3</sup>, o qual representa 79% do padrão primário do CONAMA N°. 03/90 de 320 µg/m<sup>3</sup>, média de 1 hora. O ponto de máxima é encontrado a noroeste e a 8km de distância da parte central do CIP. Portanto a emissão de NO<sub>x</sub> ocorreu dentro da bacia aérea e o ponto de máxima ocorreu na parte externa dos limites geográficos do CIP.

Com relação à média anual a máxima concentração integrada foi de 29,4 µg/m<sup>3</sup>. Esse valor representa 29,4% do padrão anual do NO<sub>2</sub> da CONAMA N°. 3/90 que é de 100 µg/m<sup>3</sup>. O Quadro 8.19 apresenta a máxima concentração integrada de curto prazo de todas as fontes de NO<sub>x</sub> do CIP.

**Quadro 8.19 – Máxima concentração integrada de curto prazo de todas as fontes de NO<sub>x</sub> do CIP**

Poluente / Fontes	Concentrações máximas de NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )			
	Média de 1h	Localização	Média anual	Localização
Integração de todas as chaminés das unidades previstas para o CIP	253	A noroeste e a 8km de distância do CIP.	29,4	A noroeste e a 2,5 km de distância do CIP.
Resolução CONAMA 3/90 Padrão primário de NO <sub>2</sub> .	320 (média de 1h)		100 (média anual)	

Fonte: SECA, 2009.

O ponto de máxima é encontrado a noroeste e a 2,5 km de distância do CIP, dentro dos limites internos do CIP. As concentrações se reduzem radialmente para noroeste à medida que se afastam das chaminés tanto nas 20 maiores concentrações como nas isoconcentrações. Diante disso, o impacto causado pela máxima concentração integrada de NO<sub>x</sub> se restringe com maior tendência nas imediações externas do lado noroeste do CIP.

➤ Monóxido de Carbono - CO

A máxima concentração integrada de CO foi de 4981 µg/m<sup>3</sup>, média de 1h, a qual representa 12,5 % do padrão primário do CONAMA 3/90 de 40.000 µg/m<sup>3</sup>. O ponto de máxima foi encontrado na parte norte das dependências internas da gleba da CSP, portanto dentro do site do CIP. Com relação às médias de 8 horas, a máxima concentração integrada foi de 4270 µg/m<sup>3</sup>. Esse valor representa 42,7% do padrão de 8h do CO da CONAMA N°. 3/90 de 10.000 µg/m<sup>3</sup>.

O ponto de máxima foi encontrado na parte norte das dependências internas da gleba da CSP, portanto dentro do site do CIP. O Quadro 8.20 apresenta a máxima concentração integrada de todas as fontes de CO.

**Quadro 8.20 – Máxima Concentração Integrada de Todas as Fontes de CO, Médias de Hora e de 8 horas, do CIP**

Poluente / Fontes	Concentrações máximas de CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	média de 1h	localização	média de 8 h	Localização
Integração das 18 chaminés	4981	Nas dependências Internas da CSP	4270	Nas dependências Internas da CSP
Resolução CONAMA 3/90 Padrão primário de CO.	40000 (média de 1h)		10000 (média 8h)	

Fonte: SECA, 2009.

➤ Dióxido de Enxofre - SO<sub>2</sub>

A máxima concentração integrada de SO<sub>2</sub> diário foi de 75,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , que representa 20,6% do padrão primário do CONAMA N°. 3/90 de 365  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . O ponto de máxima é encontrado a oeste e a 0,6km de distância da cerca das indústrias. Com relação à média anual, a máxima concentração integrada foi de 34,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , o qual representa 43,3% do padrão anual do SO<sub>2</sub> que é de 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . O ponto de máxima é encontrado sul da MPX e oeste da CSP, distante 1,5km da cerca limite destas duas unidades indústrias.

O Quadro 8.21 apresenta a máxima concentração integrada de todas as fontes de SO<sub>2</sub>, médias de 24h e de anual, do CIP, baseada nas vinte maiores concentrações diárias e nas dez maiores médias anuais.

**Quadro 8.21 – Máxima concentração integrada de todas as fontes de SO<sub>2</sub>, médias de 24h e de anual, do CIP**

Poluente / Fontes	Concentrações máximas de SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	média de 24h	Localização	Média anual	Localização
Integração das 16 chaminés	75,3	A oeste a 0,6km de distância da unidade industrial	34,6	A oeste a 1,5km de distância das 2 unidades industriais
Resolução CONAMA 3/90 Padrão primário de SO <sub>2</sub> .	365 (média de 24h)		80 (média anual)	

Fonte: SECA, 2009.

Os resultados mostraram que não haverá impacto negativo ao meio ambiente da área de influência da siderúrgica causado pelas concentrações de SO<sub>2</sub> de curto prazo e longo prazo, tendo vista se tratarem de valores de pouca significância frente aos respectivos padrões.

➤ **Material Particulado**

A máxima concentração integrada das atividades industriais foi de 20,5 µg/m<sup>3</sup>, média de 24 horas, a qual representa 14% do padrão primário do CONAMA N°. 3/90 de 150 µg/m<sup>3</sup>, para partículas inaláveis (PI). O ponto de máxima é encontrado ao norte da gleba do site da CSPecém e a 0,6 km de distância da cerca limite desta fonte.

Com relação à média anual, a máxima concentração integrada foi de 9 µg/m<sup>3</sup>. Esse valor representa 18 % do padrão anual de 50 µg/m<sup>3</sup> CONAMA N°. 3/90, para partículas inaláveis, PM<sub>10</sub>. O ponto de máxima foi encontrado na parte norte das dependências da CSPecém. Além disso, calcularam-se também as vinte maiores concentrações de MP diárias e as dez maiores anuais, as quais são apresentadas no Quadro 8.22.

**Quadro 8.22 – Máxima Concentração Integrada de todas as Fontes de MP, Médias de 24h e de Anual, do CIP**

Poluente / Fontes	Concentrações máximas de MP (µg/m <sup>3</sup> )			
	média de 24h	localização	Média anual	Localização
Integração das 26 fontes (18 chaminés e 8 áreas)	20,5	A oeste e a 0,6km de distância da cerca da CSP.	9,0	A oeste e a 0,6km de distância da cerca da CSP.
Resolução CONAMA 3/90 Padrão primário de PM <sub>10</sub>	150 (média de 24h)		50 (média anual)	

Fonte: SECA, 2009.

➤ **Ozônio – O<sub>3</sub>**

Para se estimar as possíveis contribuições de concentrações de ozônio na área de influência do CIP recorreu-se à metodologia das reações fotoquímicas estratégicas a partir das concentrações de NO<sub>x</sub> emitidas pelas fontes da siderúrgica. Recorreu-se a essa metodologia face à falta de consenso em relação a um modelo matemático reativo consolidado e recomendado por instituições credenciadas na área de meio ambiente internacional.

As concentrações máximas de curto e longo prazo de ozônio na região da bacia aérea do CIP foram calculadas a partir das concentrações máximas do NO<sub>x</sub> (expresso como NO<sub>2</sub>) obtidos da simulação e das concentrações de NO<sub>x</sub> sobre os receptores discretos, que foram utilizadas como dados de entrada na equação fotoquímica (1), cujos resultados são apresentados nos Quadros 8.23 e 8.24. Observa-se no Quadro 8.23 que a concentração

máxima integrada horária de O<sub>3</sub> de 62,64 µg/m<sup>3</sup> (ou 0,32 ppm) é 2,6 vezes menor que o padrão horário de 160 µg/m<sub>3</sub> (ou 0,082 ppm).

**Quadro 8.23 – Máximas Concentrações Integradas de Ozônio, O<sub>3</sub>, na Região do CIP**

Poluentes Concentração máxima	Concentrações máximas					
	Dióxido de nitrogênio NO <sub>2</sub>		Ozônio, O <sub>3</sub>		Padrão CONAMA 3/90	
	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm
Integrada, média de 1h.	253	0,134	62,64	0,032	160	0,082
Integrada, média anual.	29,4	0,016	16,56	0,008	-	-

Fonte; SECA, 2009.

**Quadro 8.24 – Máxima concentração integrada de ozônio, O<sub>3</sub>, sobre os receptores discretos da região do CIP**

Poluentes / Receptores	Concentrações máximas de O <sub>3</sub> , médias de 1 hora.					
	Dióxido de nitrogênio NO <sub>2</sub>		Ozônio, O <sub>3</sub>		Padrão CONAMA 3/90	
	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm
S. G. Amarante	87,5	0,046	33,5	0,017	160	0,082
Pecém (centro urbano)	167,2	0,089	49,4	0,025		
Bolso	47,0	0,025	22,6	0,012		
Matões	24,7	0,013	14,7	0,007		
Siupé	134,7	0,071	43,5	0,022		
Parada	89,4	0,047	34,0	0,017		
Colônia	91,0	0,048	34,3	0,018		
Taíba	116,4	0,062	39,9	0,020		
Candeias	67,3	0,036	28,5	0,015		
Coité	45,6	0,024	22,2	0,011		
São Pedro	15,3	0,008	10,4	0,005		
Barra do Cauípe	40,1	0,021	20,4	0,010		

Fonte: SECA, 2009.

Com relação à média anual não existe padrão anual de qualidade do ar na legislação brasileira para o ozônio, entretanto pode-se verificar no Quadro 8.24, que a concentração média anual de 27,5 µg/m<sup>3</sup> (0,015) é de baixíssima magnitude se comparada com o padrão horário de 160 µg/m<sup>3</sup>.

Os resultados da modelagem mostram que as concentrações médias de todos os poluentes estão dentro dos seus respectivos padrões de qualidade do ar. Apesar disso, destaca-se nas concentrações de CO, o maior valor horário de 2534 µg/m<sup>3</sup> que ocorreu

sobre o receptor centro urbano de Pecém. Esse valor é 6,3% do padrão legal média de 1 hora de 40.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , com isso confirmando se tratar de impacto de baixa significância deste poluente sobre os receptores instalados nos limites do CIP.

O Quadro 8.25 apresenta a distribuição da concentração dos poluentes sobre os receptores discretos localizados na bacia aérea do CIP e no seu entorno.

**Quadro 8.25 - Distribuição da concentração dos poluentes sobre os receptores discretos localizados na bacia aérea do CIP e no seu entorno**

Poluentes / Receptores	Máximas Concentrações $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .				
	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	MP	CO
São Gonçalo do Amarante	87,5	33,5	11,5	1,8	1252
Pecém (centro urbano)	167,2	49,4	14,3	2,5	2534
Bolso	47,0	22,6	8,6	1,0	793
Matões	24,7	14,7	3,4	0,4	416
Siupé	134,7	43,5	10,5	2,6	2446
Parada	89,4	34,0	19,2	8,4	1982
Colônia	91,0	34,3	13,2	5,4	1697
Taíba	116,4	39,9	12,1	3,6	1691
Candeias	67,3	28,5	25,0	4,0	1057
Coité	45,6	22,2	3,4	0,4	432
São Pedro	15,3	10,4	2,0	0,2	223
Barra do Cauípe	40,1	20,4	3,3	1,5	813
Padrão Primário de CONAMA 3/90	320 (1h)	<b>160 (1h)</b>	365 (24h)	150 (24h)	40000 (1h)

Fonte: SECA, 2009.

Considerando que todas essas concentrações são de curto prazo e se referem ao máximo valor que cada receptor poderá eventualmente ser atingido, pode-se afirmar que não haverá impacto negativo sobre os principais receptores discretos instalados dentro da grade receptora do CIP, em decorrência da operação das três atividades industriais selecionadas para o presente estudo.

#### 8.5.1.6.3. Capacidade de Suporte Atmosférico da Bacia Aérea do CIP

Apesar de a bacia aérea ter sido definida geograficamente para uma área aproximada de 13.000 ha, os poluentes emitidos das chaminés das indústrias poderão ser transportados pelo vento e atingirem longas distâncias extrapolando em muito os limites geográficos definidos para o CIP. Portanto, enquanto o solo da área superficial de assentamento geográfico das indústrias se caracteriza com uma superfície estática a atmosfera adjacente e imediatamente acima da superfície é totalmente dinâmica e os efeitos das emissões locais poderão ser sentidos muito além da localização atual das futuras indústrias.

Para definir a capacidade de suporte atmosférico da bacia área do CIP, inicialmente estimou-se as emissões dos poluentes das atividades industriais utilizadas no presente estudo, cujos resultados são apresentados no Quadro 8.26 na unidade de mil toneladas por ano por poluente e por atividade industrial. Observa-se que a CSPecém apresenta a maior emissão de poluentes.

**Quadro 8.26 – Emissões de poluentes estimadas das fontes industriais do CIP**

Poluentes / Fontes	Emissão (1000 ton/ano)			
	MP	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
CSPecem	2,7	27,8	25,3	464,5
UTE MPX	1,1	11,5	9,0	2,3
Votorantim	0,0063	-	-	-
Total (1000 ton/ano)	3,9	39,3	34,3	466,7

Fonte: SECA, 2009.

A UTE MPX é a segunda fonte que mais contribui em termos de emissão de poluentes na bacia aérea do CIP, vindo a seguir a Votorantim Cimentos com baixa emissão de material particulado.

Conforme dito anteriormente não necessariamente essas emissões representam uma relação linear com as concentrações dos poluentes no nível do solo. Portanto, em que pese uma aparente elevada emissão não significa que a bacia já está ou estará saturada. A saturação é determinada pela concentração dos poluentes no nível do solo, regida pela meteorologia, em comparação com os padrões de qualidade do ar de curto e longo prazo.

Essas máximas concentrações integradas foram comparadas com os respectivos padrões de qualidade do ar, para se quantificar o grau de saturação da bacia, verificando se estão próximos ou não de atingir o respectivo padrão. Para tanto os resultados foram separados em duas situações de suporte atmosférico:

- uma situação que representa o quanto a concentração de cada poluente consumiu a capacidade de suporte atmosférico da bacia aérea; e,
- outra situação representa quanto a capacidade de suporte atmosférico estará disponível na bacia para outros empreendimentos futuros ou ampliação das que estão em fase de instalação.

O resultado desta avaliação é apresentado no Quadro 8.27, para meta de longo prazo, e no Quadro 8.28 para meta de curto prazo. Observa-se que no caso do NO<sub>x</sub> deverão ser consumidos 79% do padrão horário do NO<sub>2</sub>, restando apenas 29% para outros empreendimentos a se instalarem. Significa que no futuro próximo com a instalação de novas indústrias a bacia poderá ficar saturada por concentrações de NO<sub>x</sub>.

**Quadro 8.27 – Resultados da Avaliação da Capacidade de Suporte Atmosférico na Bacia Aérea no CIP, meta de Longo Curto Prazo**

Poluentes / Chaminés	Capacidade de suporte por poluente (%), curto prazo.				
	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	MP	CO	O <sub>3</sub>
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Ocupação</i> da capacidade de suporte atmosférico pelas indústrias atuais no CIP.	79,0	20,6	14	12,5	39,2
Padrão Q.A. CONAMA 3/90	1h 320	24h 365	24h 150	1h 40000	1h 160
<i>Disponibilidade</i> da capacidade de Suporte atmosférico no CIP.	21,0	79,4	86,0	87,5	60,8

Fonte: SECA, 2009.

**Quadro 8.28 – Resultados da Avaliação da Capacidade de Suporte Atmosférico na Bacia Aérea no CIP, meta de Longo Prazo**

Poluentes / Chaminés	Capacidade de suporte por poluente (%), longo prazo				
	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	MP	CO	O <sub>3</sub>
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Ocupação</i> da capacidade de suporte atmosférico pelas indústrias atuais no CIP.	29,4	43,3	18,0	42,7	-
Padrão Q.A. CONAMA 3/90	Anual 100	Anual 365	Anual 150	8h 10000	-
<i>Disponibilidade</i> da capacidade de Suporte atmosférico no CIP.	70,6	56,7	82,0	57,3	

Fonte: SECA, 2009.

A situação praticamente se inverte para meta de longo prazo. Nesse caso existirá um comprometimento do suporte atmosférico de 29,4% e uma disponibilidade de 70,6%. Ressalte-se que em ambas as situações a base de padrão para comparação é diferente. Lembrando que a situação de curto prazo tem maior peso.

Para o ozônio deverá haver um consumo do suporte atmosférico de quase 40% da bacia aérea restando apenas 60%.

Para o SO<sub>2</sub>, observa-se que para meta de curto prazo o consumo do suporte atmosférico é apenas de 20%, restando uma boa margem de 79,4%. Ao contrário para meta de longo prazo o consumo do suporte atmosférico é de 43% restando disponível apenas 57%, que dependendo do tipo de combustível a ser utilizado pelos empreendimentos futuros a bacia poderá vir a ficar saturada por SO.

Os poluentes MP e CO, ainda não apresentam motivos de preocupação conforme mostram as estimativas dos Quadros 8.27 e 8.28.

Conclui-se que a capacidade de dispersão de poluentes atmosféricos na área de influência dos empreendimentos do CIP, sobre o município de São Gonçalo do Amarante, indica que a atmosfera local possui capacidade de suporte compatível com as emissões dos poluentes produzidos pelas três atividades indústrias objeto do presente estudo e, que existe folga para instalação de outros empreendimentos programados sem saturar a bacia e o seu entorno com a emissão dos poluentes regulamentados pela Resolução CONAMA No3 de 28 de junho de 1990.

## **8.5.2. Caracterização Geomorfológica**

### **8.5.2.1. Área de Influência do Projeto**

A geomorfologia da área enfocada decorre de uma convergência de fatores onde se destacam as condições geológicas, paleoclimáticas, eustáticas e a morfodinâmica atual. De maneira evidente, uma parcela expressiva da área encerra um grau elevado de instabilidade, como na planície litorânea. Isto se manifesta pela preponderância de processos erosivos sobre as alterações e acréscimos de materiais sedimentares superficiais.

Os setores mais estáveis do ambiente são oriundos de uma evolução prolongada e duradoura e os processos degradacionais têm sua atividade sensivelmente atenuada, a exemplo do que se verifica nos tabuleiros pré-litorâneos, onde o CIP será implementado.

A análise a ser procedida é fundamentada na documentação geocartográfica disponível, na interpretação das imagens de sensoriamento remoto e no reconhecimento da verdade terrestre.

#### **8.5.2.1.1. As Unidades Geomorfológicas e as Feições do Modelado**

De acordo com a compartimentação do relevo estabelecido para o Estado do Ceará (SOUZA, 1983 e 1988), a área de influência do CIP integra parte do Domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozóicos com formas e feições muito variadas. Esta denominação é feita com base na ocorrência de sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados ao longo do Cenozóico. As feições morfológicas do Domínio refletem as influências dos processos de acumulação gerados por ações fluviais, marinhas, eólicas ou combinadas.

Estas ações trazem influências nas características das feições geomorfológicas e na capacidade de dissecação do relevo, compondo unidades distintas e diversas feições de modelado: a) planície litorânea; b) tabuleiros e; d) depressão sertaneja.

### - Planície Litorânea

Ocupa uma faixa relativamente estreita que se expande, preferencialmente, no sentido NW-SE ao longo do litoral. Elas se estreitam em determinados trechos onde os sedimentos da Formação Barreiras formam altos topográficos na faixa praial e que representam setores terminais das vertentes dos tabuleiros. Postos ao alcance da abrasão marinha, formam-se falésias vivas com taludes escarpados, como na praia da Taíba, em São Gonçalo do Amarante.

Via de regra, porém, a planície litorânea tem uma largura média em torno de 2 a 3km, superando esses valores quando penetra para o interior através das planícies estuarinas do Rio São Gonçalo e no Lagamar do Cauipe.

A planície litorânea é constituída por sedimentos quaternários que repousam em discordância sobre os depósitos da Formação Barreiras. As feições morfológicas são muito variadas, incluindo-se as planícies flúvio-marinhas, as feições praias e um expressivo campo de dunas.

A maioria das feições aludidas, e que serão a seguir caracterizadas, têm origem nos processos de acumulação. Esses processos são engendrados, em primazia, por agentes marinhos, eólicos e fluviais.

O limite setentrional da planície é a própria linha da costa que apresenta estado avançado de retificação. Exibem-se caracteres nítidos das costas de emersão. O aporte de sedimentos é feito pela densa rede de drenagem que demanda o oceano ou por transferências laterais de sedimentos marinhos ao largo do litoral.

Considerando a influência dos fatores morfodinâmicos e a evolução morfogenética plio-quaternária, são considerados os seguintes subconjuntos de feições morfológicas que compõem a planície litorânea:

- Faixa Praial
- Planície Flúvio-marinha
- Planícies Fluvial e Lacustre
- Campos de Dunas
- Feições Erosivas

## Faixa Praial

As feições morfológicas da faixa praial encerram a ocorrência da praia propriamente dita, da alta praia, das plataformas de abrasão e rochas de praia, além das falésias. Algumas dessas formas se incluem no grupo das feições erosivas.

A praia (estirâncio, foreshore) fica situada no trecho que é submetido às amplitudes de marés, ou seja, entre níveis de preamar e de baixamar onde há o fluxo e refluxo das ondas marinhas. Os sedimentos arenosos que recobrem toda a superfície são continuamente lavados, favorecendo a compactação do material e inviabilizando sua mobilização por processos eólicos. Ela fica numa posição de transição entre a antepraia (offshore) e a pós-praia (backshore ou berma).

A antepraia é geralmente submersa e no contato com a praia tem sua porção mais rasa correspondente ao setor de arrebentação das ondas.

A alta praia, berma ou pós-praia (backshore), se desenvolve através de um contorno pouco sinuoso de baixa altura, sendo formada por terraços desenvolvidos na zona superior, ao abrigo da influência das águas marinhas. Excepcionalmente, ela pode ser inundada por altas marés ou ressacas. Corresponde ao que pode ser considerada como planície de deflação.

Perpendicularmente, da linha de costa na direção do continente, o litoral da alta praia é assimétrico. A superfície frontal de contorno sinuoso e voltada para o mar é íngreme, embora de baixa altura. Daí até a base do campo de dunas, os aclives topográficos se orientam gradativamente com inclinações suaves.

Comumente, a planície praial tem largura variável entre 0,5 - 1,0km, alargando-se quando se estende até o campo de dunas e estreitando-se com a ocorrência dos altos topográficos das falésias. A praia apresenta uma largura média 80,0 – 100,0.

As plataformas de abrasão e as falésias serão consideradas dentro do grupo de feições erosivas. As rochas de praia (*beach rocks*) se expõem de maneira dispersa e em manchas restritas nas praias da Taíba e Iparana. Trata-se de arenitos com matriz areno-argilosa de cores cinzentas ou esverdeadas e cimento calcífero. Elas indicam um processo de desenvolvimento recente e são submersas durante a preamar.

### ➤ Planície Flúvio-marinha

O sistema hidrológico superficial é responsável pelos setores de planícies de acumulação que envolve porções territoriais restritas comparativamente às áreas de deposição eólica ou marinha.

As planícies flúvio-marinhas desenvolvidas nas proximidades das embocaduras fluviais constituem os principais tipos de feições que têm sua gênese associada à deposição de origem mista. Nos estuários, como no do rio São Gonçalo ou em pequenos cursos fluviais que têm seus fluxos hídricos no próprio litoral é nítida a penetração das águas do mar nos baixos vales, tal como o riacho Guaribas.

Durante a maré baixa, esse fato não é nítido, apesar da maior densidade das águas oceânicas. Na preamar, mesmo durante o período de escoamento normalizado pelas chuvas, a energia da maré dificulta o fluxo fluvial. A água doce é deslocada para a montante pela força mecânica da maré. Há então a difusão da água salgada na água doce que, aliada a uma sedimentação de clásticos finos com húmus e vasas, propiciam a criação de condições favoráveis ao desenvolvimento dos mangues. Eles representam a vegetação típica das planícies flúvio-marinhas.

Próximo às desembocaduras dos maiores cursos d'água, os sedimentos são seccionados por canais distributários antigos e por um único canal ativo que apresenta esparsos bancos emersos e ilhas inundáveis. Nas faixas parcialmente estáveis marginais, além das planícies de inundações, incluem-se setores de mangues, cordões arenosos e as porções basais dos campos de dunas.

Os baixos cursos dos rios exibem traços de evidências das flutuações eustáticas, ou seja, de regressões e transgressões ocorridas no Quaternário. Sendo as planícies flúvio-marinhas compartimentos embutidos nos tabuleiros da Formação Barreiras, formam-se lateralmente terraços nítidos entalhados pelos baixos cursos fluviais.

#### ➤ Campos de Dunas

Na área em estudo, os campos de dunas têm disposição praticamente contínua de acordo com as condições apresentadas pela linha de costa. Elas se esboçam a partir da porção terminal da alta praia. Os sedimentos holocênicos inconsolidados repousam discordantemente sobre a sequência da Formação Barreiras.

A tipologia dos campos de dunas é fundamentada nos aspectos estritamente morfológicos e no grau de estabilidade.

De acordo com o critério de feição morfológica identificam-se as dunas longitudinais (seif) e as dunas transversais (barkanas).

As longitudinais são comuns nas partes marginais dos campos móveis de dunas e têm alturas mais consideráveis. Elas se posicionam, geralmente, após as dunas embrionárias que se desenvolvem logo após a pós-praia. As dunas longitudinais ocorrem, comumente, em séries mais ou menos contínuas, dispendo-se em espigões paralelos e alinhados conforme as direções preferenciais dos ventos.

As dunas transversais têm forma em crescente e são ordinariamente assimétricas. Dispõem-se em posição perpendicular em relação ao deslocamento dos ventos dominantes. Em geral, a face convexa é voltada para barlavento e a face côncava para sotavento. Em corte, a face convexa tem declives suaves (3 a 8%) enquanto a face oposta é mais íngreme e com declives de até 30%.

Na face barlavento, o declive suave da vertente apresenta marca de ondas, fato não verificado na face de sotavento. Da inserção entre as duas faces, esboça-se uma crista que se exhibe na paisagem de modo arqueado ou sinuoso.

De acordo com o grau de estabilidade podem ser identificadas as dunas vivas ou móveis e as dunas fixas. Um tipo intermediário, semifixo, também pode ser constatado nos campos de dunas da área de influência do CIP (PCAlI).

As dunas móveis não têm cobertura vegetal e a mobilidade das areias é intensificada durante a estação seca, quando não há compactação dos sedimentos. O trânsito das areias é livre e se processa de modo quase ininterrupto. Entre os espigões das dunas móveis longitudinais, formam-se setores deprimidos, alongados, que representam típicos corredores de deflação eólica. Nesses locais, as dunas têm pequenas dimensões face ao contínuo processo de mobilização das areias.

As dunas semi-fixas têm cobertura vegetal esparsa e em tufo, prevalecendo a distribuição de um tapete herbáceo descontínuo de gramíneas resistentes às condições ambientais. Parte significativa da superfície arenosa fica exposta e favorece o trabalho de deflação.

As dunas fixas e paleodunas, já submetidas à ação dos processos pedogenéticos, foram colonizadas por espécies de porte arbustivo e/ou arbóreo. A alta densidade das plantas impede a manifestação dos processos eólicos. Quando desmatadas para as implantações humanas, as ações erosivas são retomadas, tornando-as móveis e provocando rupturas no frágil equilíbrio ambiental.

A distribuição espacial expõe as dunas embrionárias e as dunas longitudinais mais próximas das linhas da praia, desenvolvendo-se a partir da pós-praia. As dunas fixas e semi-fixas ficam mais à retaguarda e mais distantes da linha de costa.

## Planícies Fluvial e Lacustre

O sistema hidrológico superficial é responsável pelos setores de planícies de acumulação que envolvem porções territoriais restritas.

Em geral, os canais fluviais com o transporte e a deposição dos sedimentos finos, contribuem para o avanço das embocaduras ou das frentes estuarinas. Esse avanço se

verifica de modo lento, quase paralelo à linha da costa, assumindo formas de restingas ou de barras de embocaduras.

As restingas, como feições de acumulação, obstruem as embocaduras dos pequenos cursos d'água com baixa capacidade energética e das lagoas. Ocasionalmente, as restingas chegam a formar feixes complexos e intercruzados que são, eventualmente, penetrados pela maré.

As maiores planícies fluviais a serem consideradas dentro da área de estudo regional são as formadas pelo rio Cauípe, riachos das Guaribas, dos Matões, pelo lagamar do Cauípe e pela lagoa do Pecém.

O rio Cauípe teve o seu curso represado originando um lagamar com aproximadamente 13,0km de extensão norte-sul e uma largura de 5,0km. As águas que escoam até a sua extremidade norte, têm os seus cursos obstruídos desta vez pelo trânsito e acumulação de sedimentos eólicos gerando uma nova acumulação hídrica em forma de lagoa conhecida popularmente como lagamar do Cauípe.

A montante do lagamar, o rio Cauípe apresenta uma planície fluvial mais estreita e encaixada em forma de "U". A profundidade do canal varia de acordo com o substrato atravessado pelo fluxo hídrico. As mesmas características apresentam o canal de distribuição do riacho dos Matões.

As planícies lacustres e flúvio-lacustres são muito comuns no litoral, especialmente entre as desembocaduras dos rios São Gonçalo e Cauípe. Elas bordejam os setores marginais de lagoas que possuem alimentação fluvial ou que são oriundas do lençol freático.

As planícies flúvio-lacustres são mais comuns em posições à retaguarda dos campos de dunas. Elas representam uma barreira natural ao fluxo hídrico dos pequenos ou médios cursos d'água que têm limitações para se superimpor na superfície e são barrados. Nesses casos, as lagoas têm uma disposição longitudinal perpendicular à linha de costa como no Lagamar do Cauípe.

As planícies lacustres bordejam lagoas perenes e sazonais do litoral e tabuleiros pré-litorâneos ou correspondem a áreas aplainadas com ou sem cobertura arenosa, submetidas às inundações periódicas. São precariamente incorporadas à rede de drenagem. As planícies lacustres têm dimensões bem mais restritas e são oriundas da menor profundidade do lençol freático nas planícies de deflação das depressões interdunares.

## Tabuleiros Pré-Litorâneos

Apresentam-se dispostos à retaguarda da planície litorânea, contactando para o interior, praticamente sem ruptura topográfica, com a depressão sertaneja. A penetração dos tabuleiros para o interior atinge, em média, 20km. Em alguns locais, como nas praias de Iparana, Icaraí e Taíba, eles atingem o mar, com escarpas esculpidas em falésias.

São constituídos, basicamente, pelos sedimentos da Formação Barreiras e têm altitudes variáveis em torno de 10-40 metros, raramente ultrapassam o nível de 40m. A área dos sedimentos mencionados evidencia-se como uma rampa suavemente inclinada para o litoral com declives que não superam a classe de 5%. Representam, assim, um típico glacís de deposição, que, sulcado pela drenagem que demanda o litoral, isola interflúvios de feições tabuliformes. Daí o termo popular – tabuleiro – consagrado pela literatura geográfica brasileira.

A pequena capacidade de incisão linear, proporcionada por uma drenagem de fluxo hídrico lento, confere a inexpressiva amplitude altimétrica entre o topo dos interflúvios e os fundos de vales. Esta amplitude dificilmente supera a 10 metros, mesmo quando se considera os coletores principais de drenagem como no caso dos rios São Gonçalo e Cauípe.

As vertentes que se inclinam de modo gradativo para os fundos de vales têm, quase sempre, feições retilíneas, expondo, às vezes, um material concrecionário, cuja natureza ferralítica do cimento dificulta o trabalho erosivo. O que melhor identifica as feições do relevo em análise é a cobertura arenosa, cuja espessura chega a ser superior a 2,00 metros.

Apenas em porções muito restritas e pequena expressão territorial, a referida cobertura é substituída por material de textura argilosa, o que dá à superfície feições irregulares, contrastantes com a uniformidade dos relevos de topos horizontais com cobertura arenosa. As boas condições para percolação da água conferem aos solos uma drenagem excessiva, limitando a ação erosiva dos processos fluviais e acentuando os efeitos da lixiviação.

Assim, o trabalho de desgaste só chega a se tornar mais pronunciado, quando os sedimentos argilosos sotopostos à cobertura arenosa chegam a aflorar. Dificulta-se a ablação superficial à custa do escoamento difuso.

Nos Tabuleiros Pré-litorâneos, as classes de solos são variadas e a distribuição dos mesmos configura a distinção notada no tocante à fisionomia do recobrimento vegetal. Essas características justificam a não ocorrência, na área em estudo, de coberturas vegetais primárias, notando-se a evidente preponderância de ambientes em sucessão ecológica.

Os tabuleiros são sulcados por drenagem de padrão paralelo cujo poder de deposição dos rios é responsável pelo desenvolvimento das planícies aluviais que têm significativa importância para as atividades agrícolas. Essas planícies são parcialmente ocupadas pelas matas ciliares com grande frequência de *Copernicia prunifera* (carnaúba).

## Áreas de Transição entre Depressões Semi-Áridas e os Tabuleiros

Trata-se de áreas abrangendo os setores de contato entre o embasamento cristalino – onde se desenvolvem as depressões sertanejas – e os sedimentos da Formação Barreiras com tabuleiros. O contato não se manifesta na paisagem através de rupturas topográficas nítidas.

A espessura do manto arenoso superficial é maior próximo à linha de costa, tornando-se mais delgada para o interior no contato com o embasamento. Nos baixos vales dos rios, o entalhe de drenagem assume maiores proporções, permitindo a exumação de rochas cristalinas até próximo do mar. À medida que se penetra para o interior, as condições geoambientais assumem características típicas dos sertões. As superfícies degradacionais são submetidas aos efeitos da semi-aridez e acham-se revestidas por caatingas de padrões fisionômicos e florísticos variados.

## Maçços Residuais e Cristas

As áreas aqui consideradas como maciços residuais e cristas se distribuem de modo disperso pela depressão sertaneja e configuram verdadeiros subespaços de exceção. Correspondem às serras, cristas residuais e morros isolados (*inselbergs*). Tratam-se de superfícies topograficamente elevadas, de 300 a 450m, de relevos serranos com dimensões restritas, ondulado a forte ondulado (inclinação de 8 a 30%) e que são submetidos às influências da erosão diferencial.

Correspondem às Serras de Conceição, Juá, Gigante, Santo Antônio e Bico Fino, além de cristas residuais e morros isolados (*inselbergs*). Trata-se de superfícies topograficamente elevadas de relevos serranos com dimensões variadas. A baixa altitude desses relevos justifica a inexistência de mudanças expressivas nas características climáticas locais.

O modelado dos maciços (morros) residuais é constituído, predominantemente, por rochas de composição granítica, migmatíticas ou quartzíticas, formados a partir da erosão diferencial que rebaixou as áreas circundantes, de constituição litológica menos resistente. Desta forma, caracterizam-se como feições erosivas. Os topos são quase sempre nivelados. As classes de declives são mais pronunciadas e, comumente, superiores a 10 – 15%. Em alguns setores e nos diferentes enclaves, os declives assumem valores muito mais significativos e as classes variam de 30 a 45% ou mais,

configurando feições escarpadas onde as alterações superficiais e os solos se adelgaçam e as vertentes rochosas se expõem.

Os maciços ocorrem no contexto da área de influência do projeto, na forma de pequenos modelados com altimetrias variadas, onde se pode citar: o serrote Jacurutu (198,0 m), serrote do Tigre (132,0 m), das Ipueiras (320,0 m) e das Cajazeiras (328,0 m), além do serrote Olho D'água (120,0 m).

Estas feições morfológicas também se apresentam de forma restrita nas porções oriental e meridional da região estudada, tendo no sopé desses modelados, constituídos tanto por litologias granitóides quanto de origem vulcânica, a depressão sertaneja. Dentre eles, tem-se o serrote Japurá (200,0 m), serrote do Mineiro (358,0 m), Camará (380,0 m), serra da Conceição (524,0 m), serrote Deserto (230,0 m); os serrotes Cararu (316,0 m) e Salgadinho (394,0 m), constituídos por rochas de origem vulcânica; além dos serrotes das Pedreiras (343,0 m), Bico Fino (435,0 m), Preto (421,0 m), das Danças (440,0 m), Santa Luzia (352,0 m) e do Boticário (240,0 m).

Por fim, já no contexto do município de Palmácia, têm-se relevos de maior porte, tais como a Serra do Pocin (550,0 m), serra Santo Antônio (328,0 m) e a serra do Gigante (765,0 m), um conjunto de relevos que, grosso modo, constituem as vertentes setentrionais do Maciço de Baturité.

Os maciços são superfícies topograficamente elevadas de dimensões variadas e que são submetidos às influências de mesoclimas de altitude. Representam verdadeiras “ilhas verdes” no domínio morfoclimático das caatingas que recobrem as depressões interplanálticas e intermontanas semi-áridas.

Desse modo, se o relevo interfere nas mudanças locais de clima, condicionando suas características termo-pluviométricas e os demais parâmetros, esse clima tende a comandar os processos erosivos que operam sobre a superfície.

A abundância de chuva impõe maior permanência ao escoamento fluvial, intensificando o transporte e a deposição de sedimentos sucedem ao processo inicial de decomposição das rochas. Com a proteção feita pela cobertura vegetal densa, os efeitos do escoamento superficial (resultante das chuvas) são atenuados. O escoamento difuso só adquire competência para remover sedimentos finos e humus.

Há uma tendência de aceleração da remoção de materiais na medida em que os declives das vertentes são mais íngremes. Com o anteparo da vegetação, a água em fluxo mais lento ou moderado tende a contornar o estrato superior da vegetação. Por isso, desenvolvem-se sulcos, ranhuras de erosão ou ravinas. Nas áreas de suavização topográfica, há uma tendência para a deposição de detritos que recobrem os fundos de planícies alveolares e os cones de dejeção. Com os desmatamentos indiscriminados e

sem controle, em função do uso de uma tecnologia agrícola rudimentar, há tendência de aceleração generalizada dos processos de erosão.

Sob o ponto de vista hidrológico, considera-se que o escoamento fluvial depende da influência conjugada de fatores como o clima, a natureza dos terrenos, os condicionamentos geomorfológicos e a densidade da cobertura vegetal.

As condições climáticas tendem a interferir através do ritmo têmporo-espacial das chuvas. Elas impõem a renovação das reservas hídricas, e, como fonte fundamental de suprimento, tendem a modificar, de modo temporário, a água disponível em superfície e no sub-solo.

A natureza dos terrenos exerce seus efeitos por meio das condições geológicas e das formações superficiais. Nas áreas serranas, há um maior adensamento dos cursos d'água que tendem a uma acentuada ramificação, configurando padrões dendríticos e subdendríticos.

O desencadeamento do ciclo hidrológico nos enclaves úmidos faz com que a água, ao se precipitar, atinja a superfície e escoe ou infiltre. Quando escoar, como no caso dos terrenos cristalinos, amplia a capacidade do escoamento superficial de atingir os talwegues. Esse fato contribui para alimentar o escoamento fluvial e o seu poder energético.

A água que infiltra fica retida no solo, quando há condições físicas para isso. Outra tendência é a percolação para alimentar o lençol freático, fato que é intensificado nas superfícies sedimentares. Nos terrenos cristalinos, isso só é favorecido quando há ocorrência de uma rede de fraturas mais densa.

As condições geomorfológicas influenciam através dos perfis longitudinais e transversais dos rios. A velocidade do fluxo hídrico ou a retenção de água, assim como as condições de transporte ou de sedimentação nos setores de terrenos deprimidos, é função dos gradientes que direcionam o escoamento.

## Depressão Sertaneja

Abrange as porções meridionais dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, a partir do contato entre os depósitos da Formação Barreiras na superfície dos tabuleiros e os terrenos do embasamento cristalino e estendendo-se para o sul na Área de Influência do Projeto, sendo segmentada pelas ocorrências dos maciços residuais.

Evidencia-se como um vasto compartimento de relevo rebaixado com altitudes médias entre 40 e 60 metros. Compreende área de topografia esbatida, cuja superfície é pouco afetada pelos efeitos da dissecação. A tônica é a ocorrência de pedimentos (rampas de

erosão) bem conservados que decaem suavemente no sentido da costa ou dos fundos de vale. Apenas na direção dos maciços residuais a dissecação do relevo com superfície mais ondulada assume aspecto mais nítido.

A depressão apresenta uma grande variedade litológica, cujo material foi indistintamente truncado por superfície de erosão ou de aplainamento. Esse fato não invalida o trabalho de erosão diferencial, pondo em realce os setores de rochas mais resistentes e rabaixando ou dissecando as litologias tenras.

Dentre as características naturais que individualizam o compartimento em questão, podem ser assinaladas as seguintes: acentuadas variações litológicas; truncamento indistinto das litologias por processos de morfogênese mecânica; revestimento generalizado por caatingas que revestem solos e alterações superficiais de pequenas espessuras; ocorrência frequente de chãos pedregosos (pavimentos e paleopavimentos); deficiente capacidade de erosão linear em face da intermitência sazonal dos cursos d'água, justificando a pequena amplitude altimétrica entre os interflúvios e os fundos de vales; ocorrência dispersa de morros residuais e de cristas nos setores de rochas mais resistentes; ocorrência eventual de áreas sazonalmente inundáveis.

#### 8.5.2.1.2. A Análise Morfogenética e as Condições Atuais de Evolução

Os diferentes tipos de modelados na área do CIP são indicadores de diferentes estágios de evolução da área.

A análise morfogenética evidencia uma convergência de fatores complexos – de natureza geológica, climática e de ocupação antrópica. A importância de cada fator se exerceu de maneira desigual no decorrer da evolução morfogenética.

Os eventos precedentes ao Cenozóico se traduziram por meio das propriedades litológicas e das estruturas que balizaram as alterações e as ações erosivas. Os fatores paleoclimáticos influíram na diferenciação dos processos morfogenéticos e nas feições do modelado.

A evolução do Cenozóico Superior culminou no Plio-Quaternário com evidente primazia dos processos degradacionais por climas secos/semi-áridos. Eles foram responsáveis pela elaboração da superfície pediplanada sertaneja e pelo acúmulo de grande volume de sedimentos levados em direção ao litoral. Essa sedimentação de origem continental é responsável pelos depósitos da Formação Barreiras.

A maioria dos trabalhos que tratam de evolução morfogenética nordestina indica o início do Pleistoceno com condições morfogenéticas propícias à instalação de rede de drenagem. A então distribuição dessa rede apresentava-se já em condições similares às atuais. Começaram também a se configurar as condições do zoneamento climato-

botânico do litoral, bem como as unidades e feições geomorfológicas anteriormente esboçadas.

O Quaternário teve sua evolução também marcada por flutuações do nível marinho subordinadas às influências do glacioeustatismo. As alternâncias das transgressões e regressões marinhas estiveram sincronicamente ligadas às mudanças climáticas úmidas e secas.

Durante as fases secas do Quaternário, prevalecem as condições degradacionais com forte atuação eólica na faixa litorânea. As alternâncias climáticas tendentes para condições de maior umidade favoreciam as alterações das rochas, a dissecação dos relevos e os processos de morfogênese química. Os vales escavados nestas condições foram aos poucos barrados pelos cordões litorâneos subsequentes que tenderam a formar a densa rede de lagoas do litoral.

Sobre a planície litorânea, os campos de dunas dispostos paralelamente à linha de costa recobrem parcialmente as planícies flúvio-marinhas e os estuários. As dunas mais antigas, de coloração amarelo-avermelhada, são parcialmente fitoestabilizadas e tiveram sua origem subordinada ao retrabalhamento das areias de antigos setores de pós-praia ou de terraços marinhos antigos. As gerações de dunas mais recentes, de cores mais claras, foram acumuladas durante o último episódio de regressão que ocorreu subsequentemente à dissipação das paleodunas antes referidas.

A morfodinâmica atual, além das influências estritamente naturais, exhibe os reflexos de uma ocupação desordenada, que tem contribuído para a reativação de processos degradacionais.

De modo geral, os processos de acumulação têm evidente preponderância no litoral e são gerados pelas ações marinhas, eólicas e fluviais e, subsidiariamente, por processos localizados de pluviação.

Nas planícies flúvio-marinhas, a deposição de sedimentos argilosos que colmata as áreas de manguezais é intensificada pelas baixas amplitudes das marés e pela topografia plana. Os sedimentos arenosos de origem fluvial chegam à plataforma através do fluxo e refluxo das ondas. Sendo depositados em áreas onde as correntes marinhas não têm ação destacada, desenvolvem-se as feições da faixa de praia e os cordões arenosos. Na pós-praia ou berma, as areias, sem qualquer compactação, alimentam através dos ventos E – SE os campos de dunas móveis, expondo características das planícies de deflação.

O vento, ao contrário de outros agentes erosivos como a água, é muito pouco denso e praticamente não possui viscosidade. Isso justifica as limitações que esse agente tem para remover os sedimentos em solução. O transporte em solução é praticamente nulo.

Deve-se considerar, contudo, que, tratando-se de área dotada de um abundante estoque de sedimentos arenosos, em grande parte sem qualquer proteção de vegetação, as ações eólicas são fortalecidas. Elas tendem a comandar o modelamento da superfície, especialmente no que tange aos campos de dunas e parte da faixa praial.

Assim, o processo de evolução de dunas móveis dá-se à custa do estoque de areia disponível. Quando os ventos E – SE encontram qualquer obstáculo, a deflação eólica é minimizada e a areia é progressivamente retida. O volume das dunas e dos campos de dunas vai, por consequência, assumindo maiores proporções.

Nos setores de dunas semi-fixas, a atividade eólica é atenuada, tornando-se praticamente nula nas dunas fixas pela vegetação e nos setores mais restritos de paleodunas edafizadas.

A instabilidade das areias é particularmente sensível nas embocaduras fluviais. Como já se referiu no caso dos pequenos cursos d'água com capacidade energética deficiente, os estuários são bloqueados pela migração das dunas como no caso do Lagamar de Cauípe. Nos estuários maiores, as correntes de vazante tornam-se incapazes de arrastar as areias acumuladas pelos ventos e pelas correntes litorâneas, obstruindo parcialmente a entrada dos canais.

Da instabilidade dos sedimentos que vigora na estação seca, passa-se, durante a estação chuvosa, para uma maior estabilidade das areias. As dunas adquirem estabilidade pela coesão que a água imprime aos mantos arenosos expostos.

A superfície dos tabuleiros comparativamente à planície litorânea é dotada de maior estabilidade e não apresenta os problemas de vulnerabilidade ambiental apresentados pelas feições que compõem a planície litorânea. O mesmo se verifica nos setores espaciais abrangidos pelas áreas de transição entre as depressões sertanejas semi-áridas e os tabuleiros.

As unidades de conservação existente na área do CIP se localizam nas planícies flúvio-lacustres (APA's do Lagamar do Cauípe e da Lagoa do Pecém), flúvio-marinhas (APA do Lagamar do Cauípe) e nas dunas fixas (Estação Ecológica do Pecém).

Apresenta-se, a seguir, uma síntese a respeito das características naturais dominantes nas diversas unidades geomorfológicas, sua ecodinâmica e vulnerabilidade, além dos aspectos ligados às limitações ambientais e aos riscos de ocupação. (Quadros 8.29 a 8.38).

**Quadro 8.29 – Unidade Geomorfológica: Planície Litorânea; Faixa Praial**

<b>CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES</b>	<b>ECODINÂMICA E VULNERABILIDADE</b>	<b>LIMITAÇÕES AMBIENTAIS</b>	<b>RISCOS DE OCUPAÇÃO</b>
<p>Faixa de praias com larguras variadas e ocorrência pontual de rochas de praias e promontórios, como em Pecém. A faixa de praias arenosas tem largos estirâncios. A alta praia desenvolve-se a partir de uma faixa de terras com contornos pouco sinuosos e altura inferior a 2,0 m, ficando ao abrigo de altas marés. As restingas são frequentes ao longo da zona costeira apresentando-se como cordões litorâneos depositados subparalelamente à faixa de praia tendo algumas saliências como pontos de apoio.</p>	<p>Ambientes instáveis e com alta vulnerabilidade à erosão, sendo parcialmente submersos.</p>	<p>Implantação viária; Loteamentos; Baixo suporte para edificações; Mineração desordenada; e Restrições legais associadas aos terrenos de marinha.</p>	<p>Erosão marinha e recuo da linha de costa; e Processos erosivos muito ativos.</p>
<p>Obs.: FEIÇÕES DE RELEVO – Faixa Praial: Área plana ou de declive muito suave para o mar, resultante de acumulação marinha, localmente comportando existência de restinga. Há ocorrência de ressaltos formados em consequência de variações do nível do mar ou por influência da neotectônica.</p>			

**Quadro 8.30 – Unidade Geomorfológica Planície Litorânea: Campo de Dunas Móveis**

CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	ECODINÂMICA E VULNERABILIDADE	LIMITAÇÕES AMBIENTAIS	RISCOS DE OCUPAÇÃO
<p>A área de campo de dunas móveis se desenvolve a partir da alta praia em disposição quase contínua. Os sedimentos arenosos das dunas repousam em discordância sobre a Formação Barreiras. As dunas longitudinais bordejantes ocorrem em séries mais ou menos contínuas, dispostas em espigões paralelos, alinhados conforme os ventos de quadrante E-SE. As dunas transversais têm forma em crescente, são assimétricas e se dispõem em posição perpendicular em relação ao direcionamento dos ventos dominantes. A interseção das faces convexas e côncavas forma cristas nítidas que são arqueadas e sinuosas. Desprovidas de solos e de cobertura vegetal, têm boas condições de aquíferos e emprestam grande beleza ao litoral.</p>	<p>Ambientes fortemente instáveis e com alta vulnerabilidade à ocupação.</p>	<p>Implantação viária; Loteamentos; Baixo suporte para edificações; Susceptibilidade à poluição dos recursos hídricos subterrâneos.</p>	<p>Processos erosivos muito ativos; Desmonte ou interrupção do deslocamento de dunas por ocupação desordenada podem implicar em intensificação da erosão costeira (retrogradação), descaracterização paisagística e perda de atrativos para atividades ligadas à recreação e ao turismo, além de comprometer a hidrodinâmica costeira; e Desencadeamento de processos erosivos costeiros por ocupação inadequada e desvio do caminho das dunas.</p>
<p>Obs.: FEIÇÕES DE RELEVO – Campos de Dunas Móveis: Morros de areias de origem marinha e/ou continental retrabalhadas e modeladas pelo vento. Sem cobertura vegetal para anular a atividade eólica, as dunas são continuamente deslocadas, assumindo formas, alturas e posições muito variadas.</p>			

**Quadro 8.31 – Unidade Geomorfológica Planície Litorânea: Dunas Fixas e Paleodunas**

CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	ECODINÂMICA E VULNERABILIDADE	LIMITAÇÕES AMBIENTAIS	RISCOS DE OCUPAÇÃO
<p>As áreas do campo de dunas fixas e paleodunas ocorrem em proporções espaciais muito inferiores aos campos de dunas móveis. Não apresentam continuidade espacial ao longo da planície litorânea e se acham encravadas ou isoladas em meio ao cordão de dunas móveis. As paleodunas têm cores amareladas e desenvolvem solos do tipo Neossolos Quartzarênicos que são profundos, excessivamente drenados, ácidos e dotados de baixa e muito baixa condições de fertilidade natural. São mantidas por plantas de porte arbóreo-arbustivo e eventualmente pela vegetação pioneira psamófila que não tem a mesma função fixadora que a vegetação arbóreo-arbustiva.</p>	<p>Ambientes de transição com tendência à instabilidade e com alta vulnerabilidade à erosão.</p>	<p>Mineração; Implantação viária; Loteamentos; Baixo suporte para edificações; e Susceptibilidade à poluição dos recursos hídricos subterrâneos.</p>	<p>Desestabilização das dunas por desmatamento pode reativar as ações erosivas e intensificar o trânsito de sedimentos arenosos assoreando manguezais, áreas urbanas e espelhos d'água; e (Vide observações complementares sobre o campo de dunas móveis).</p>
<p>Obs.: FEIÇÕES DE RELEVO – Dunas Fixas e Paleodunas: Morros de areias pertencentes às gerações mais antigas de dunas, algumas eventualmente dissipadas, submetidas a processos de semi-edafização e com cobertura fitoestabilizadora que impede a mobilização.</p>			

**Quadro 8.32 - Unidade Geomorfológica Planície Litorânea: Planícies Flúvio-Lacustres**

CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	ECODINÂMICA E VULNERABILIDADE	LIMITAÇÕES AMBIENTAIS	RISCOS DE OCUPAÇÃO
<p>Corpos de águas calmas e com profundidades variadas, derivadas do barramento dos setores inferiores de cursos d'água sem energia suficiente para transpor obstáculos representados pelos campos de dunas. Em alguns casos são oriundas da pequena profundidade do lençol freático ocupando pequenas faixas de deflação inseridas nas depressões interdunares. As águas lacustres têm salinidade variada, comunicando-se eventualmente com o mar através de emissários estreitos, como no Lagamar do Cauípe. As áreas ribeirinhas formam planícies arenosas e com solos do tipo Planossolos e Neosolos Flúvicos que são revestidos por gramíneas e matas ciliares. Incluem-se nesse ecossistema as áreas de acumulação inundáveis, incipientemente incorporadas à rede de drenagem.</p>	<p>Ambientes de transição tendendo à estabilidade quando em equilíbrio ambiental e pouco impactado pelo antropismo; vulnerabilidade moderada à ocupação.</p>	<p>Restrições legais; Inundações periódicas; Poluição dos recursos hídricos; Loteamentos sem controle; Baixo suporte para edificações; e Mineração desordenada.</p>	<p>Despejo de efluentes e de resíduos sólidos; e Degradação da mata ciliar pode implicar no agravamento de cheias periódicas.</p>
<p>Obs.: FEIÇÕES DE RELEVO – Espelhos d'Água Lacustres e Planícies Ribeirinhas: lagoas e lagunas litorâneas de origem fluvial ou freática e planícies arenosas ribeirinhas de acumulação lacustres ou flúvio-lacustres, incluindo as lagoas freáticas.</p>			

**Quadro 8.33 - Unidade Geomorfológica Planície Litorânea: Planícies Flúvio-Marinhas**

CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	ECODINÂMICA E VULNERABILIDADE	LIMITAÇÕES AMBIENTAIS	RISCOS DE OCUPAÇÃO
<p>Superfícies planas derivadas de ações combinadas de processos de deposição fluvial e marinha, sujeitas a inundações periódicas ou permanentes, revestidas por mangues. A planície flúvio-marinha de maior expressão espacial se desenvolve próxima da embocadura do rio São Gonçalo que tem seu fluxo hídrico submetido à penetração das águas do mar no baixo vale. Os canais fluviais têm padrões anastomóticos e o escoamento das águas é feito de modo tortuoso, havendo mudanças bruscas de direção, de angulosidade com alargamento ou estreitamento dos canais. Em outros pontos onde a colmatagem dos sedimentos é maior, os pequenos setores de fluxos retilinizados se alternam com canais meândricos. O estuário, de modo indistinto, sofre as influências marinhas até onde se exerce o limite da preamar.</p>	<p>Ambientes estáveis quando em equilíbrio natural e com alta vulnerabilidade à ocupação; ambientes fortemente instáveis quando submetidos à degradação.</p>	<p>Restrições legais (Código Florestal); Inundações periódicas; Salinidade; e Implantação viária.</p>	<p>Degradação dos manguezais; Diminuição da produtividade biológica; Eliminação ou diminuição de espécies piscícolas; Despejo de efluentes, resíduos sólidos e detritos; e Aterramento.</p>
<p>Obs.: FEIÇÕES DE RELEVO – Planície Flúvio-marinha com Manguezais: Áreas planas em depósitos sedimentares de origem flúvio-marinha, sujeitas a inundações periódicas com solos indiscriminados de mangues por manguezais.</p>			

**Quadro 8.34 - Unidade Geomorfológica Planície Fluvial**

CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	ECODINÂMICA E VULNERABILIDADE	LIMITAÇÕES AMBIENTAIS	RISCOS DE OCUPAÇÃO
<p>Faixas de acumulação aluvial das planícies dos baixos rios São Gonçalo e Cauípe e dos pequenos canais fluviais litorâneos e pré-litorâneos. As aluviões são constituídas de areias finas a médias com inclusões de cascalhos inconsolidados e argilas com materiais orgânicos em decomposição. Tem bom potencial de recursos hídricos superficiais e subsuperficiais. As associações de solos têm predominância de Neossolos Flúvicos dotados de fertilidade natural média e alta, são solos normalmente profundos, com grande variação textural e de drenagem a qual se apresenta, em geral, imperfeita; os solos aluviais se associam a solos halomórficos e Planossolos Solódicos, geralmente submetidos a uma baixa saturação com sódio, nos horizontes subsuperficiais onde a drenagem é imperfeita. Têm características distróficas ou baixa saturação de bases trocáveis. Eventualmente, e em pequenas manchas, ocorrem Vertissolos que possuem elevados teores de argilas.</p>	<p>Ambientes de transição tendendo à estabilidade em condições de equilíbrio natural; vulnerabilidade moderada à ocupação.</p>	<p>Restrições legais visando à preservação das matas ciliares; Drenagem imperfeita dos solos; Inundações sazonais; Salinização; Mineração descontrolada; e Expansão urbana nos baixos níveis de terraços fluviais.</p>	<p>Degradação da mata ciliar desencadeando processos erosivos e assoreamento dos leitos fluviais; Poluição dos recursos hídricos; Salinização os solos; e Inundações e cheias.</p>
<p>Obs.: FEIÇÕES DE RELEVO – Planície Fluvial: Áreas planas em depósitos sedimentares aluviais e outros sedimentos finos bordejando calhas fluviais sujeitas a inundações periódicas com Neossolos Fluviais revestidos por matas ciliares.</p>			

**Quadro 8.35 - Unidade Geomorfológica Planície Litorânea: Glacis Pré-Litorâneos – Tabuleiro Inumado**

CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	ECODINÂMICA E VULNERABILIDADE	LIMITAÇÕES AMBIENTAIS	RISCOS DE OCUPAÇÃO
<p>Os tabuleiros são compostos por sedimentos mais antigos da Formação Barreiras e se dispõem de modo paralelo à linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos, marinhos e flúvio-marinhos que constituem a planície litorânea. A largura média desses terrenos é em torno de 25 – 30 km, contactando para o interior com rochas do embasamento cristalino. O sistema deposicional da Formação Barreiras é variado e inclui desde leques aluviais coalescentes até planícies de marés. As fácies sedimentares superficiais têm, igualmente, variações que dependem de condições diversas tais como: da área fonte dos sedimentos, dos mecanismos de mobilização e das condições de deposição. Sob o aspecto litológico, há predominância de sedimentos areno-argilosos de cores esbranquiçadas, vermelho-amareladas e cremes. O material é mal selecionado e tem variação textural de fina a média e estratificação indistinta. Os sedimentos da Formação Barreiras compõem o “glacis” de acumulação que é entalhado pela rede de drenagem que demanda o oceano. As áreas interfluviais constituem os tabuleiros pré-litorâneos. Trata-se de terrenos firmes, estáveis, com topografias planas e solos espessos, constituindo áreas muito propícias à expansão urbana e à instalação industrial e onde as condições de estabilidade ambiental não oferecem maiores empecilhos ao uso e ocupação.</p>	<p>Ambientes medianamente estáveis em condições de equilíbrio natural. Vulnerabilidade baixa à ocupação.</p>	<p>Baixa fertilidade dos solos; Deficiência hídrica durante a estiagem; e Carência de locais favoráveis para represamento de água.</p>	<p>Desencadeamento de processos erosivos em áreas fortemente degradadas; Riscos de poluição dos recursos hídricos; Mineração descontrolada; e Impermeabilização do solo por expansão urbana pode comprometer a recarga dos aquíferos.</p>
<p>Obs.: FEIÇÕES DE RELEVO – Tabuleiros: Superfície com caimento topográfico suave para o litoral com interflúvios tabuliformes, fraco entalhamento de drenagem de padrão paralelo que demanda a linha da costa</p>			

**Quadro 8.36 - Unidade Geomorfológica Planície Litorânea: Glacis Pré-Litorâneos – Tabuleiro Areno-argiloso**

CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	ECODINÂMICA E VULNERABILIDADE	LIMITAÇÕES AMBIENTAIS	RISCOS DE OCUPAÇÃO
<p>Os tabuleiros são compostos por sedimentos mais antigos à Formação Barreiras e se dispõem de modo paralelo à linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos, marinhos e flúvio-marinhos que constituem a planície litorânea. A largura média desses terrenos é em torno de 25 – 30 km, contactando para o interior com rochas do embasamento cristalino. O sistema deposicional da Formação Barreiras é variado e inclui desde leques aluviais coalescentes até planícies de marés. As fácies sedimentares superficiais têm, igualmente, variações que dependem de condições diversas tais como: da área fonte dos sedimentos, dos mecanismos de mobilização e das condições de deposição. Sob o aspecto litológico, há predominância de sedimentos areno-argilosos de cores esbranquiçadas, vermelho-amareladas e cremes. O material é mal selecionado e tem variação textural de fina a média e estratificação indistinta. Os sedimentos da Formação Barreiras compõem o “glacis” de acumulação que é entalhado pela rede de drenagem que demanda o oceano. As áreas interfluviais constituem os tabuleiros pré-litorâneos. Trata-se de terrenos firmes, estáveis, com topografias planas e solos espessos, constituindo áreas muito propícias à expansão urbana e à instalação industrial e onde as condições de estabilidade ambiental não oferecem maiores empecilhos ao uso e ocupação.</p>	<p>Ambientes estáveis em condições de equilíbrio natural. Vulnerabilidade baixa à ocupação.</p>	<p>Baixa fertilidade dos solos; Deficiência hídrica durante a estiagem; e Carência de locais favoráveis para represamento de água.</p>	<p>Desencadeamento de processos erosivos em áreas fortemente degradadas; Riscos de poluição dos recursos hídricos; Mineração descontrolada; e Impermeabilização do solo por expansão urbana pode comprometer a recarga dos aquíferos.</p>
<p>Obs.: FEIÇÕES DE RELEVO – Tabuleiros: Superfície com caimento topográfico suave para o litoral com interflúvios tabuliformes, fraco entalhamento de drenagem de padrão paralelo que demanda a linha da costa.</p>			

**Quadro 8.37 - Unidade Geomorfológica: Maciços Residuais E Cristas – Áreas Serranas e Cristas (Formas Aguçadas) Residuais Dispersas Pela Depressão Sertaneja**

CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	ECODINÂMICA E VULNERABILIDADE	LIMITAÇÕES AMBIENTAIS	RISCOS DE OCUPAÇÃO
<p>Áreas serranas da Conceição e Juá, contrafortes terminais do Maciço de Baturité e residuais elevados em formas de cristas e de <i>inselbergs</i>. Distribuem-se de modo disperso pela depressão sertaneja. As feições de relevo são dissecadas em face do aprofundamento da drenagem que escava vales em forma de V.</p>	<p>Ambientes de transição com tendência à instabilidade em face de desequilíbrios provocados por desmatamentos. Vulnerabilidade moderada a alta aos processos de ocupação.</p>	<p>Declividade das vertentes; Alta susceptibilidade à erosão; Impedimentos à mecanização agrícola; e Áreas protegidas pela legislação nas encostas e topos de elevações.</p>	<p>Erosão acelerada nas vertentes em função dos desmatamentos desordenados e do uso de técnicas agrícolas rudimentares; Empobrecimento da biodiversidade; Assoreamento dos fundos de vales; Processos erosivos ativos; e Descaracterização da paisagem serrana.</p>
<p>Obs.: FEIÇÕES DE RELEVO – Formas dissecadas em feições dos topos convexos (colinas) e aguçadas (cristas) exibindo fortes declives nas vertentes.</p>			

**Quadro 8.38 - Unidade Geomorfológica: Depressão Sertaneja – Superfície Plana ou Ligeiramente Ondulada Elaborada por Processos de Pediplanação (Superfície de Erosão) Truncando Variados Tipos de Rochas do Embasamento Cristalino**

CARACTERÍSTICAS NATURAIS DOMINANTES	ECODINÂMICA E VULNERABILIDADE	LIMITAÇÕES AMBIENTAIS	RISCOS DE OCUPAÇÃO
Superfície pediplanada nas depressões sertanejas semi-áridas e subúmidas truncando rochas variadas do embasamento cristalino, com rampas de erosão que têm caimento suave (inferior a 5% de declividade) na direção dos fundos de vales. A superfície pode se apresentar, eventualmente dissecada em colinas rasas que intercalam com planícies fluviais. Solos rasos revestidos por caatingas parcialmente degradadas.	Ambientes de transição tendente à estabilidade ou instabilidade em função do estado de conservação da vegetação. Vulnerabilidade baixa à ocupação.	Pluviosidade escassa e irregular; Baixo potencial de águas superficiais e subterrâneas; e Biodiversidade degradada.	Desencadeamento de processos erosivos em áreas fortemente degradadas; Empobrecimento progressivo da biodiversidade; e Degradação dos solos e assoreamento dos fundos de vales.
Obs.: FEIÇÕES DE RELEVO – Rampas de erosão (pedimentos) com caimento topográfico para os fundos de vales.			

### 8.5.2.2. Área Potencialmente Afetada

De acordo com a compartimentação do relevo estabelecido para o Estado do Ceará (SOUZA, 1983 e 1988), a área do CIP integra parte do Domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozóicos com formas e feições muito variadas. Esta denominação é feita com base na ocorrência de sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados ao longo do Cenozóico.

As feições morfológicas do Domínio refletem as influências dos processos de acumulação gerados por ações fluviais, marinhas, eólicas ou combinadas. Estas ações trazem influências nas características das feições geomorfológicas e na capacidade de dissecação do relevo, compondo unidades distintas e diversas feições de modelado: tabuleiros pré-litorâneos, planícies de naturezas variadas, morros e cristas residuais, áreas ou faixas transicionais e depressão sertaneja.

Para a caracterização do relevo local foi utilizada a base cartográfica fornecida pelo Consórcio Sondotécnica/Ram/Natrontec, junho de 2006, escala 1:2.000 com curvas de nível de 5,00 m em 5,00 m. As apreciações das variações altimétricas identificadas na área objeto do estudo ambiental serão apresentadas quando da contextualização das unidades geomorfológicas identificadas na área do CIP.

A área afetada pelo CIP compreende feições morfológicas de acumulação eólica - Dunas Fixas e Paleodunas, de Tabuleiro Pré-litorâneo e Planícies Flúvio-lacustre, dividida em Planície de Vazante, Área de Acumulação Sazonal e Planície de Inundação, Cristas e Morros Residuais e Depressão Sertaneja.

#### 8.5.2.2.1. Dunas Fixas e Paleodunas

A faixa de ocorrência das Dunas Fixas e Paleodunas restringe-se ao extremo nordeste da área do CIP. Correspondem os depósitos eólicos fixados por uma densa vegetação que impede a remobilização da areia pela atividade eólica. Segundo Rodrigues (1999) as dunas fixas da região ocorrem principalmente sob a forma de dunas parabólicas fixadas por uma vegetação do tipo arbórea bastante intensa. Estas se apresentam de forma composta, neste caso referente à junção lateral das parabólicas.

O corpos de dunas fixas/paleodunas ocorrente na área do CIP correspondem a uma zona de transição com os Tabuleiros Pré-litorâneos, apresentando altimetria de 10,00 metros acima da média dos terrenos de Tabuleiros.

Observa-se pelas altimetrias apresentadas no levantamento topográfico que as dunas fixas em apreço são representativas do sopé ou base dos corpos principais representativos da unidade morfológica, as quais apresentam altimetrias em torno de 70,0

metros. No setor meridional se verifica alturas máximas de cerca de 45,0 metros, com caimento suave de sul para norte até a base dos corpos mais elevados situados fora dos limites do CIP.

#### 8.5.2.2.2. Tabuleiros Pré-litorâneos

O Tabuleiro Pré-litorâneo representa a feição geomorfológica de maior abrangência espacial no setor norte da área em análise.

O Tabuleiro Pré-litorâneo é diferenciado em Tabuleiro Inumado, dominante no setor setentrional do CIP, e Tabuleiro Areno-argiloso, circundando a unidade anterior e predominando no setor centro-norte e central do segmento norte da área do Complexo Industrial do Pecém.

De maneira geral, no Tabuleiro Inumado apresenta um gradiente altimétrico de cerca de 30,0 metros, apresentando cotas médias de 25,0m a 30,0m, considerando a maior frequência. Nesta zona ocorrem algumas áreas que foram planejadas para a implantação das indústrias Ceará Steel (não implantada), Tortuga e MPX, e as comunidades de Parada e Matões. Caracteriza-se basicamente por representar uma superfície tabular recoberta por depósitos arenosos coluviais.

As cotas mais rebaixadas (20,0m) são encontradas em vários setores, notadamente no nordeste e noroeste da faixa de ocorrência e as maiores (50,0m) no setor sul e sudeste. Via de regra apresenta um relevo suavemente ondulado. As diferenças de cotas são baixas, contudo, apresenta setores onde as feições alternam entre planas a suavemente onduladas. As diferenças de cotas mais acentuadas se dão em função de elementos morfológicos, como calhas de drenagens ou ocorrência de depósitos residuais da Formação Barreiras.

Devido às características faciológicas predominantes da Formação Barreiras (substrato geológico dos tabuleiros pré-litorâneos), associada à morfologia do terreno, esta feição morfológica garante boas condições para percolação da água, conferindo aos solos uma drenagem excessiva, limitando a ação erosiva dos processos pluviais e acentuando os efeitos da lixiviação, o que, por sua vez, permite a pedogênese da cobertura arenosa que capeia os tabuleiros por quase toda a área.

Já a zona do Tabuleiro Areno-argiloso apresenta um relevo com caimento suave para o litoral e com interflúvios com fraco entalhamento da drenagem. A variação altimétrica apresenta um gradiente de 30,0m, tendo as cotas mais baixas (15,0m) localizadas no extremo leste, e cotas de 45,0m no setor central da faixa de dominância da unidade em apreço. Destacam-se dentro do contexto do Tabuleiro Areno-argiloso a comunidade de Bolso.

### 8.5.2.2.3. Planícies Flúvio-lacustres

Correspondem as áreas marginais aos espelhos d'água Lacustres e Planícies Ribeirinhas: lagoas de origem fluvial ou freática e planícies arenosas ribeirinhas de acumulação lacustres ou flúvio-lacustres, incluindo as lagoas freáticas. São constituídas de corpos de águas calmas e com profundidades variadas, derivadas do barramento dos setores inferiores de cursos d'água sem energia suficiente para transpor obstáculos representados pelos campos de dunas. Em alguns casos são oriundas da pequena profundidade do lençol freático ocupando pequenas faixas de deflação inseridas nas depressões interdunares.

Considerando-se as particularidades identificadas na área do CIP, a Planície Flúvio-lacustre foi seguímentada em três subunidades, discriminadas a seguir.

#### Planície de Vazante

Corresponde aos terrenos baixios e planos que se encontram junto as margens dos cursos d'água ou corpos lacustres.

O corpo mais representativo de planície de vazante corresponde aquele associado a Lagoa do Gereraú, secundariamente a planície associada ao rio Cauipe. Esta planície representa a faixa marginal ao espelho d'água das referidas lagoas, faixa esta que é inundada nos períodos de inverno. No caso específico da Lagoa do Gereraú, observa-se duas faixas de planície de vazante, a primeira contígua ao espelho d'água perene e que é inundada nos invernos de intensidade média, e a segunda que é inundada por ocasião dos invernos de maior intensidade como o ocorrente nos anos de 2008 e 2009.

#### Área de Acumulação Sazonal

Áreas planas sujeitas a inundações periódicas e precariamente incorporadas à rede fluvial. As áreas de acumulação sazonal ocorrem em todos os setores da área de influência direta, área do CIP, com menor frequência no setor SE e com maior recorrência no setor norte. Estas áreas apresentam espelho d'água somente no período correlato à concentração das precipitações (1º semestre do ano), caracterizando as áreas sujeitas a alagamentos, de acordo com o rigor da quadra invernos. Nestas áreas de acumulação sazonal, com o declínio dos índices pluviométricos, o espelho d'água se retrai e o solo outrora imerso, apresenta-se recoberto por uma vegetação herbácea.

As áreas de acumulação são encontradas dentro dos domínios espaciais de quase todas as unidades geomorfológicas encontradas na área estudada, a exceção das planícies de várzea, dos maciços (morros) residuais e das cristas, além da faixa de ocorrência da duna fixa. Observa-se que as ocorrências na zona da depressão sertaneja, setor sudoeste,

encontram-se na cota de 35-40m, e as localizadas nos tabuleiros arenosos se encontram nas cotas abaixo de 30,0 metros.

## Planície de Inundação

Áreas planas limitadas por acíves, oriundas das acumulações aluviais e sujeitas a inundações periódicas que extravasam os diques marginais. As planícies de inundação ocorrem associadas aos canais de drenagem ocorrentes na área estudada, riachos e rios.

Observando-se o mapa dos Sistemas Ambientais, apresentado nos anexos do EIA/RIMA, verifica-se que na zona de dominância da depressão sertaneja, setor sul da área estudada, estas ocupam grandes áreas, como as que são identificadas margeando os riachos Cauipe, Manoel Fernandes e os riachos que vão alimentar a Lagoa do Gereraú.

A abrangência desta superfície neste setor se justifica pela impermeabilização dos solos marginais, tendo em vista que neste setor as rochas cristalinas encontram-se a pouca profundidade ou aflorando, ou ainda formando solos argilosos de baixa permoporosidade, de tal modo que as águas pluviais escoam para os canais de drenagem aumentando as suas vazões e favorecendo o extravasamento dos diques marginais.

Por outro lado, no setor norte, as áreas da planície de inundação são bastante restritas, vale ressaltar que a maior parte das drenagens verificadas, com exceção do riacho Gregório, é de pequeno porte, onde o leito não ultrapassa 3,0 m de largura, cuja planície associada se limita basicamente às suas margens. Justificam-se tais limitações da planície de inundação pelas características geológicas das áreas adjacentes aos canais de drenagem.

Um dos fatores mais importantes refere-se a permo-porosidade das coberturas sedimentares da Formação Barreiras, que constituem as superfícies de tabuleiro, a qual permite que as águas pluviais adentrem ao solo e assim não escoam para os canais de drenagem, não aumentando-lhes a vazão. Outro aspecto a se considerar é que os terrenos marginais aos canais são também arenosos e assim absorvem para o lençol freático parte das águas de extravasamento da rede de drenagem por ocasião dos períodos de inverno.

Merece destaque a planície de inundação lacustre referente à Lagoa do Bolso, a qual, segundo relato dos moradores locais, sustenta relativamente o nível das águas e seu espelho d'água ao longo do ano, inclusive, durante o período de estiagem.

### 8.5.2.2.4. Cristas

Correspondem às formas assimétricas residuais aguçadas, em rochas quartzíticas, oriundas da interseção do plano das vertentes que têm declives topográficos similares.

Na área do CIP corresponde desta unidade geomorfológica é o Serrote Olho d'Água, situado no setor leste. Esta feição morfológica residual das rochas do embasamento cristalino se caracteriza por apresentar um lineamento SW – NE e pela elevação morfológica até a altitude de 125 metros. O Serrote Olho d'Água representa um divisor de águas tendo em vista que as drenagens situadas a leste do mesmo convergem para o riacho Cauipe e aquelas localizadas a oeste têm um escoamento difuso.

#### 8.5.2.2.5. Morro Residual

Formas residuais de topo convexo, em rochas do embasamento cristalino, que se ressaltam sobre uma superfície tabular com cobertura sedimentar dentrítica.

Os morros residuais ocorrem no setor sul da área do CIP, próximo ao eixo N-S. Observando-se o Mapa dos Sistemas Ambientais, Prancha 01B<sup>03</sup> apresentada no volume dos Anexos, constata-se que se destacam 4 (quatro) áreas principais, considerando a superfície destas áreas.

As duas principais apresentam altimetrias variando de 35 a 25m, sendo estas formadoras de dois afluentes, pela margem esquerda, do riacho Cauipe, e outras duas secundárias que apresentam um relevo com caimento suave de 40 para 35m que não apresentam correlação com a hidrologia regional tendo estas um caimento topográfico radial.

#### 8.5.2.2.6. Depressão Sertaneja

Correspondem às rampas de erosão (pedimentos) moderadamente dissecadas em colinas rasas com caimento topográfico suave para os fundos de vales e para o litoral.

A Depressão Sertaneja é a principal unidade geomorfológica, em termos espaciais, encontrada na Área Potencialmente Afetada. Conforme vê-se nos Mapas dos Sistemas Ambientais (Pranchas 01A<sup>03</sup> e 01B<sup>03</sup>) apresentadas nos anexos deste estudo ambiental, esta unidade é predominante no setor sul e em parte dos setores leste e oeste do segmento setentrional. Observa-se nos referidos mapas que esta unidade do relevo apresenta grande variação altimétrica, com cotas variando de 15,0 a 40,0 metros indistintamente.

As drenagens que recortam a Depressão Sertaneja apresentam baixa capacidade de incisão, contudo verifica-se a formação de áreas de acumulação sazonal nas áreas mais rebaixadas Depressão Sertaneja.

### **8.5.3. Caracterização Geológica e da Dinâmica Costeira Sedimentar**

#### **8.5.3.1. Área de Influência do Projeto**

Entre os principais trabalhos anteriores de caracterização litoestratigráfica e mapeamento geológico das unidades ocorrentes na área de influência do CIP, considerando as bacias hidráulicas dos rios São Gonçalo e Cauípe, além da sub-bacia do Gereraú, devem ser destacados os mapeamentos geológicos realizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais nas escalas de 1:500.000 e 1:100.000.

O primeiro refere-se ao Mapa Geológico do Estado do Ceará publicado no ano de 1972, revisado em 1983 e re-editado, mais recentemente, por Cavalcante et al (2003) (CPRM/REFO-MME). O segundo, corresponde ao Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza – Texto Explicativo, publicado por Brandão (1994), a partir de dados e informações da CPRM-REFO.

##### **8.5.3.1.1. Litoestratigrafia**

Na área de estudo são observados diferentes tipos litológicos, incluindo sedimentos litorâneos e aluvionares quaternários, sedimentos terciário-quaternários da Formação Barreiras e a ocorrência de rochas cristalinas representadas por gnaisses, migmatitos, quartzitos, fonólitos e granitos, conforme apresentado na coluna litoestratigráfica representadas no Quadro 8.39.

#### **Embasamento Cristalino**

##### **➤ Complexo Ceará**

O Complexo Ceará ocorre na porção sul da Área de Influência e, em termos litoestratigráficos, comporta-se como embasamento dos sedimentos clásticos cenozóicos e encaixante dos granitos neoproterozóicos e da Suíte Magmática Messejana. Corresponde a unidade litológica mais antiga da região, e está localizada tectonicamente no Domínio Ceará Central (DCC), representando a mais extensa unidade litoestrutural da região central da Província Borborema.

O Complexo Ceará está inserido no DCC como coberturas neoproterozóicas, subdivididas recentemente na área, por Cavalcante et al (2003), em duas grandes unidades: (1) a Unidade Independência constituída por paragnaisses e micaxistos aluminosos com ou sem granada, incluindo quartzitos, metacalcários e mais raramente anfíbolitos; e (2) a Unidade Canindé representada por paragnaisses grande parte migmatizados, incluindo ortognaisses ácidos, rochas metabásicas e lentes de quartzitos, metacalcários, rochas calssilicáticas, formações ferríferas e metaultramáficas.

Quadro 8.39 – Apresentação da Coluna Litoestratigráfica da Área

ERA	PERÍODO	UNIDADE GEOLÓGICA	LITOLOGIA
Cenozóico	Quaternário	Depósitos aluviais (localmente colúviais) Q2a	Argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas incluindo sedimentos fluviais, lacustres, em parte com influência marinha.
		Depósitos eólicos litorâneos 2 Q2e	Praias atuais, <i>beach rocks</i> , dunas móveis; inclui localmente sedimentos flúvio-marinhos: areias esbranquiçadas quartzosas de granulometria variável, bem selecionadas em corpos maciços ou em parte exibindo arranjos estratiformes, onde ocorrem leitos mais escuros com concentração de minerais pesados. Ambiente marinho, eólico e/ou flúvio-marinho.
		Depósitos eólicos litorâneos (dunas fixas/paleodunas) Qd	Areias de granulação fina a média, raramente siltosas, quartzosas ou quartzofeldspáticas, bem selecionadas de tonalidades cinza-clara e alaranjada no topo e avermelhada na base. Insere-se os eolianitos.
	Terciário	Grupo (Formação) Barreiras ENb	Sedimentos areno-argilosos de tonalidade variegada (amarelada, avermelhada e esverdeada) matriz argilo-caulinítica, com cimento argiloso, ferruginoso e às vezes silicoso, granulação fina a média com leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base.
		Suíte Magmática Messejana Eλm	Vulcânicas peralcalinas: tefritos, fonolitos, traquitos, tufo alcalinos, ocorrendo associados ou isoladamente, correlatas ao vulcanismo de Fernando de Noronha.
Proterozóico	Neoproterozóico	Granitóides Diversos Npy	Granitóides diversos incluindo: biotita-granitos, monzogranitos, sienitos, quartzomonzonitos e granitos porfíricos.
		Complexo Ceará PP	Unidade Independência: Paragnaisses e micaxistos aluminosos em parte migmatíticos, incluindo quartzitos, metacalcários e mais raramente anfíbolitos (Unidade Independência - PPci). Unidade Canindé: Paragnaisses metamorfizados e migmatizados incluindo ortognaisses ácidos, rochas metabásicas, lentes de quartzitos, metacalcários, calssilicáticas, formações ferríferas e ferromanganesíferas, além de metaultramáficas (Unidade Canindé - PPcc). PP(NP)cc – ocorrência comum de jazimentos estratóides e diqueforme de granitóides neoproterozóico, cinzentos e rosados, gnaissificados ou não

Os quartzitos encontram-se próximos aos gnaisses e seus limites são determinados por falhamentos, sendo representados por tipos micáceos e tipos mais puros, com o primeiro tipo, muscovítico, ocorrendo em pequenos morrotes, a exemplo do serrote Olho d'Água, onde as cotas oscilam entre 70 a 125m. Os quartzitos puros possuem uma mineralogia predominante de quartzo (98%) e raras palhetas de muscovita (BARROS, 1986).

A localização destas rochas distribui-se fisiograficamente em zonas emersa e submersa e é bem representado na Ponta do Pecém, que forma o promontório mais conspícuo da região em estudo. São compostas essencialmente por quartzitos e gnaisses distribuídas principalmente em duas sequências contínuas que se iniciam na pós-praia continuam em toda zona intertidal e se estendem em porções isoladas até a profundidade de 20m. Ocorre ainda um pequeno afloramento na praia do Cumbuco na linha intertidal perto da foz do rio da Barra Nova.

A análise petrográfica dos quartzitos revelou predominância de quartzo e feldspato do tipo microclina com geminação albita/karlsbad, apresentando textura geral granomatoblástica. O quartzo se apresenta com extinção ondulante com formas euhedral a subedral. Nos acessórios distinguem-se os opacos, zircão e turmalina.

Os estudos geocronológicos recentemente realizados por Arthaud et al. (2006) no Complexo Ceará indicaram uma idade máxima de sedimentação Toniana (750 Ma) e posterior deformação das rochas durante o Ciclo Brasileiro (600 Ma) sob condições metamórficas que variam do fácies anfíbolito superior a anatexia com produção de fundidos (migmatitos, granitos e pegmatitos).

Estruturalmente, as rochas deste complexo caracterizam-se por uma tectônica tangencial de baixo ângulo, resultando em ocorrências de estruturas em "nappes", envolvendo um embasamento gnáissico policíclico e uma cobertura alóctone (CABY e ARTHAUD, 1986). Possuem foliação e bandamento metamórfico penetrativos com direção preferencial NE-SW e mergulhos variando para S-SE e NW em ângulos de 45° a 90°. Em muitos casos são observadas rampas de cavalgamentos (sistema de nappes), como no caso das Serras do Juá e Camará, situadas à sudeste da Área de Influência Indireta.

Segundo BRANDÃO (1994), a análise globalizada das rochas do Complexo Ceará mostra que ocorreu a atuação de processos metamórficos e deformacionais compatíveis com o fácies anfíbolito, e uma anisotropia estrutural representada por uma foliação resultante de deformação plástica em regime de cisalhamento simples.

A Unidade Independência ocorre a oeste do setor central das Áreas de Influência Direta e Indireta. Identifica-se as litologias constituintes da unidade em um lineamento situado desde o setor sul da lagoa do Gereraú até a nascente do rio São Gonçalo. Compreende paragnais granadíferos, K-feldspato intercalados com silimanita-granada-quartzo-

muscovita xistos e quartzo-muscovita xistos, quartzitos puros ou com muscovitas e, mais raramente mármore (Silva da Cunha, 2007).

Os litotipos da Unidade Independência mostram-se de uma forma geral com cores marrom-avermelhadas a marrom escuras, indicativas de um aumento de teores de íons de ferro, provavelmente devido a maior concentração de minerais como magnetita e limonita. Nas áreas onde prevalecem os paragnaisses e mica-xistos sobressaem-se cores alaranjadas e amareladas demonstrando uma resposta combinada à ocorrência de argilas, carbonatos e óxidos de ferro.

As ocorrências dos jazimentos estratóides e diqueforme de granitóides neoproterozóico, cinzentos e rosados, gnaissificados ou não, restringem-se ao extremo sul da área de influência do projeto, sendo esta intercalada por um corpo granitóide, sendo a maior área localizada próximo da localidade de Amanari.

#### ➤ Granitos Intrusivos

Correspondem a intrusões graníticas neoproterozóicas na forma de plutons ou sheet's cálcio-alcalinos, peraluminosos a metaluminosos truncando o trend regional da foliação ou, alojados em zonas de cisalhamento, transcorrentes (destrais ou sinistrais) de idade Neoproterozóica paralelos a foliação dos gnaisses do Complexo Ceará.

Os granitos destacam-se na topografia devido a erosão diferenciada entre os sedimentos e os terrenos cristalinos do proterozóico. Os Serrotes de Juá e Conceição são as duas principais ocorrências da área, secundadas as Serra de Camará, Ipueiras, Arara e a borda oeste da Serra de Baturité, próximo à cidade de Palmácia. Na porção leste da área de influência indireta, em direção a Caucaia estes litotipos, encontram-se em atividade de exploração e extração de brita para construção civil.

A Serra do Camará caracteriza-se litologicamente por um granito cinza com veios de dioritos, foliado, sin-tectônico, composto por feldspatos, quartzo, biotita, anfibólio, apatita e epidoto. Possui textura fina a média, homogênea, formando uma estrutura granoblástica.

#### ➤ Suite Magmática Messejana

Inclui um conjunto de rochas magmáticas alcalinas que ocorrem sob forma de necks e diques, algumas com características de cones vulcânicos, sobressaindo-se topograficamente em elevações semicirculares a elipsoidais limitadas à porção centro-leste da área de influência indireta. Correspondem a tefritos, fonolitos, traquitos, tufos alcalinos e essexitos porfiríticos, geneticamente relacionadas ao vulcanismo terciário do arquipélago Fernando de Noronha. Os litotipos mostram cor cinza-esverdeada, com pórfiros milimétricos a centimétricos de feldspato imersos em matriz afanítica.

Na Área de Influência do Projeto, estes litotipos são correlacionáveis com os serrotes Cararu, Salgadinho e Preto.

## Terciário

### ➤ Formação Barreiras

BRANNER (1902) usou pela primeira vez o termo Barreiras para sedimentos variegados e inconsolidados que ocorrem, de forma contínua, por toda faixa costeira, desde o Rio de Janeiro até o Amazonas. A unidade geológica sedimentar Barreiras se depositou no Paleogeno-neogeno (entre 65 e 23,5 Ma). Estratigraficamente, pertence ao Tércio-Quaternário (Plio/Pleistoceno) e ocorre em forma de rampas com caimento topográfico suave em direção ao mar e em falésias.

Os sedimentos plio-pleistocênicos da Formação Barreiras formam tabuleiros ao longo do litoral, apresentando suaves inclinações para o mar, configurando localmente falésias. Distribuem-se por uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa, situada entre os gnaisses do embasamento (Complexo Ceará) ao sul e os sedimentos arenosos (Paleodunas e Dunas) ao norte. A largura desta faixa pode chegar até 12km continente a dentro, como observado a noroeste de São Gonçalo do Amarante.

A Formação Barreiras é composta litologicamente por sedimentos areno-argilosos, de colorações cinza clara, avermelhadas e de granulação que varia de média a grosseira e um acamamento indistinto. Considerados sedimentos afossilíferos, já houve, no entanto, registros de ocorrência de pólen (ARAI et al, 1989, in: MAIA, 1993). O contato dos tabuleiros com as rochas mais antigas é discordante e pode formar nítidas escarpas. Por vezes, há ocorrências de faixas esbranquiçadas devido à maior concentração de caulim. São depósitos continentais que tiveram sua formação a partir de retrabalhamento de extensas capas lateríticas tropicais, desenvolvidas em ciclos sucessivos de relativa estabilidade tectônica e climática em épocas cenozóicas, assim como de rochas metamórficas de alto grau, sob altas temperaturas e pressões extremamente elevadas, possivelmente rochas de metamorfismo dinamotermal e rochas ígneas alcalinas. Em resumo, o relevo do embasamento seria a principal fonte de materiais.

Os trabalhos sobre a Formação Barreiras basearam-se principalmente num empilhamento de diversas unidades, como consequência das superfícies de erosão, dos movimentos tectônicos e dos paleoclimas. Os trabalhos mais recentes levam em consideração estudos palinológicos indicando que o Barreiras começou a ser depositado no Mioceno. Entretanto, a maioria dos autores aceita a idade como Pliocênica a Pleistocênica. O sistema deposicional destes sedimentos tem se mostrado variado ao longo da costa brasileira, com fácies variando desde leques aluviais às planícies de maré.

MAIA (1998) subdividiu esta unidade na zona costeira de Fortaleza, em duas camadas bem diferenciadas. Uma primeira, basal, constituída de lama e grãos angulosos a subangulosos de quartzo e blocos de argila, intercalados por horizontes conglomeráticos imersos em matriz de silte e areias imaturas contendo quartzo, feldspato e concreções de ferro. E outra, no topo, onde predominam os sedimentos arenosos médios a finos, de cor avermelhada, contendo intercalações de níveis conglomeráticos pobre a moderadamente selecionados, variando de subarredondados a angulosos.

Esta se distribui em uma faixa variável e contínua ao longo da costa sobrepondo-se discordantemente sobre a superfície de erosão das rochas pré-cambrianas e sotopondo-se às coberturas sedimentares recentes, excepcionalmente aos campos de dunas móveis e aos sedimentos da zona de deflação de pós-praia. As exposições mais significativas desta unidade ocorrem no canal do rio Cauípe e nos barreiros explorados as margens da CE-421 além dos taludes encontrados as margens da CE-422. Outras ocorrências podem ser vislumbradas a retaguarda dos campos de dunas ou nos pontos de maior erosão hídrica dos canais que recortam a faixa litorânea.

Litologicamente esta unidade geológica é constituída de arenitos argilosos de tonalidade variegada (amarelada, avermelhada e esverdeada), afossilíferos, matriz argilo-caulinítica, com cimento argiloso, ferruginoso e, às vezes silicoso, de granulação fina a média com leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base e areias silticas bem classificadas no topo, e com acamamento indistinto, notando-se apenas um leve paralelismo. As estruturas sedimentares observadas nos afloramentos típicos regionais são: (1) estratificações plano-paralelas; (2) acamamento normal e inverso e (3) estratificações cruzadas acanaladas.

Os horizontes conglomeráticos apresentam uma significativa variação no arredondamento, onde os grãos são distribuídos entre arredondados e angulosos, sendo o primeiro tipo mais comum entre os fragmentos de tamanho seixo e calhau, enquanto os grãos menores são predominantemente angulosos.

Por vezes, há ocorrências de faixas esbranquiçadas devido a maior concentração de caulim, estes compreendidos como depósitos continentais que tiveram sua formação a partir do retrabalhamento de capas lateríticas tropicais, desenvolvidas em ciclos sucessivos de relativa estabilidade tectônica e climática em épocas cenozóicas, assim como de rochas metamórficas de alto grau, sob altas temperaturas e pressões extremamente elevadas, possivelmente rochas de metamorfismo dinamotermal e rochas ígneas alcalinas.

As camadas de topo da Formação Barreiras estiveram, e ainda estão, sujeitas aos processos intempéricos. As alterações ocasionadas por estes processos, notadamente nos períodos de transgressão e regressão marinha, infligiram mudanças significativas aos

sedimentos Barreiras sem remobilizá-los, de modo que em algumas ocorrências este material passou a ser identificado como Cobertura Residual do Barreiras.

Entre os materiais componentes desta formação, o quartzo destaca-se como o elemento detrítico principal, correspondendo em média a 87,60%, seguido por feldspatos (8,01%). O quartzo é representado por grãos mono e poli-cristalinos, predominando o último tipo, sendo compostos por dois ou mais indivíduos unidos por contatos intragranulares suturados, demonstrando o predomínio de fonte de materiais composta por rochas metamórficas em relação às ígneas. Os feldspatos são distribuídos entre K-feldspatos e plagioclásio, sendo os primeiros mais abundantes. Ambos apresentam variadas condições de preservação, no entanto, a microclina apresenta-se com melhor grau de preservação.

Os acessórios são representados por fragmentos líticos (quartzo-feldspáticos), muscovita, biotita, cianita, zircão, epidoto, minerais opacos, turmalina e hornblenda. Na forma de microinclusões em cristais de quartzo, ocorrem apatita e rutilo. Por vezes, há ocorrências de faixas esbranquiçadas devido à maior concentração de caulim. O conteúdo de matriz/cimento é elevado (mais de 40% do conteúdo total das lâminas) (CARVALHO, 2003).

Sob a ação dos processos diagenéticos este material desenvolve lateritas, nódulos e capas silicosas bastante endurecidas ou litificadas, os quais atuam de forma a gerar heterogeneidades litológicas nos materiais expostos ao longo da linha de costa. Este processo influencia a erosão diferencial e conseqüente modelamento da linha de costa.

O caráter ambiental da unidade é predominantemente continental, conforme demonstra o tipo subanguloso e subarredondado dos grãos de quartzo da matriz e pela falta de orientação destes constituintes, o que também sugere deposições por correntes fluviais (sistema fluvial com esporádicas corridas de lama).

Regionalmente esta unidade distribui-se como uma faixa contínua de largura variável acompanhando a linha de costa, a retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais. Por vezes afloram na linha de praia, formando falésias vivas. Com relação ao seu posicionamento em direção ao continente esses, muitas vezes, chegam a penetrar até cerca de 30,0 km para o interior. Sua espessura também é bastante variável, em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre o qual repousa em discordância erosiva angular (Projeto SINFOR, 1995).

## Quaternário

As variações paleoclimáticas e as mudanças do nível do mar delas decorrentes, durante o Quaternário, desempenharam um papel importante na distribuição dos sedimentos e conseqüentemente na formação e evolução das planícies litorâneas brasileiras.

Enquadrados cronologicamente dentro do período Quaternário, são representados na região por sedimentos litorâneos, constituídos de arenitos de praias e cordões litorâneos de idade recente, formados pelos arenitos flúvio-marinhos e os sedimentos inconsolidados de origem eólica.

O Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará (DNPM, 2003) agrupa às dunas fixas, ou paleodunas, Depósitos Eólicos Litorâneos 1 e os sedimentos litorâneos recentes, representados pelos sedimentos de praia (incluindo os beach rocks), pós-praia, flúvio-marinhos e dunas móveis, como Depósitos Eólicos Litorâneos 2. Em termos de representação cartográfica de grande escala a divisão apresentada no Atlas justifica a unificação das unidades geológicas sedimentares recentes identificadas na faixa litorânea

### ➤ Depósitos Eólicos Litorâneos 1 - Dunas Fixas e Paleodunas

O primeiro trabalho tratando da sedimentação e transporte de sedimentos eólicos na costa do Ceará foi realizado por MORAIS e SOUZA (1971), seguido por outros como MORAIS e PITOMBEIRA (1974), MORAIS et al (1979), e SMITH e MORAIS (1984), tratando sobre dunas, aspectos geomorfológicos e geológicos dos sedimentos.

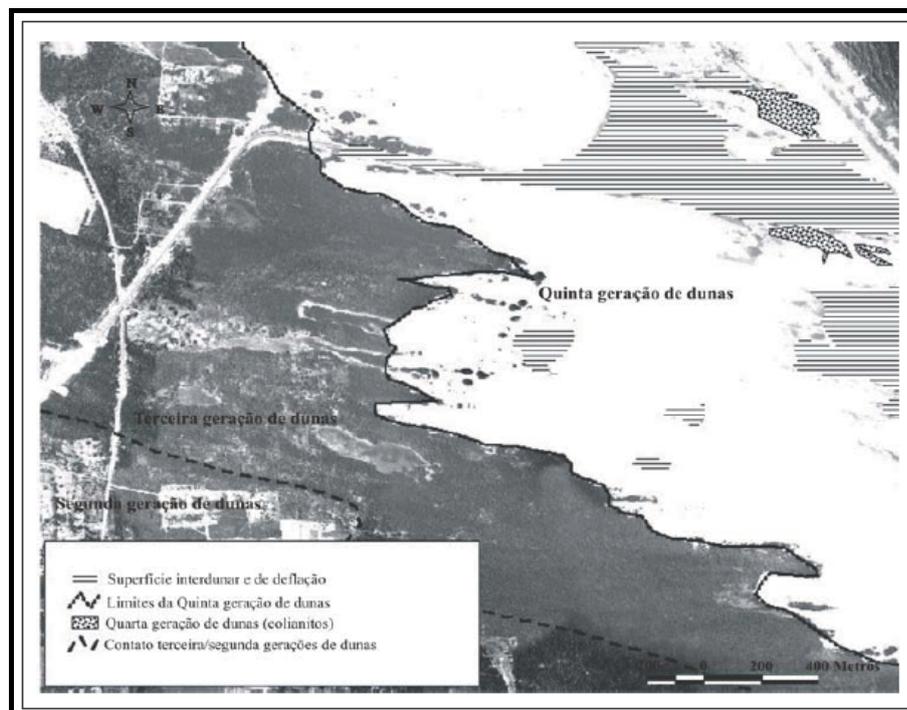
Os Depósitos Eólicos Litorâneos 1 (Qd) compreendem os sedimentos formadores das dunas fixas ou paleodunas. Recobrem discordantemente os sedimentos da Formação Barreiras e, localmente, as rochas do embasamento cristalino, e estão sotopostos as dunas móveis e recentes.

Distribuem-se de modo praticamente contínuo ao longo da faixa costeira, a retaguarda das dunas recentes, com larguras variando entre 2 a 4 km e espessuras pequenas, no geral inferiores a 20m. São sedimentos eólicos litorâneos de granulometria fina a localmente média, apresentando extensas estratificações plano-paralelas métricas e estratificações cruzadas, raramente com níveis siltosos.

Trata-se de uma geração mais antiga de dunas que apresentam o desenvolvimento de processos pedogenéticos, certo grau de compactação e fixação de cobertura vegetal. Mineralogicamente possuem composição quartzo-feldspática, com muito pouca contribuição de bioclóstos, e a coloração varia de creme-acinzentada nas porções superiores a avermelhada na base.

Carvalho (2003) classificou estas dunas segundo uma relação estratigráfica baseada na geomorfologia das mesmas e suas relações de superposição, complementados por outros critérios tais como cor, teor de carbonato e/ou matéria orgânica, grau de litificação, aspectos texturais e estratigráficos. Segundo Carvalho, op. cit. na área do Pecém ocorrem dunas de segunda, terceira, quarta e quinta gerações, como mostra a Figura 8.9. Observa-se na imagem que as dunas fixas ou paleodunas correspondem na classificação do autor a dunas de segunda e terceira geração.

**Figura 8.9 - Imagem Mostrando as Relações de Contato Entre as Gerações de Dunas na Região do Pecém – CE**



Fonte: Carvalho, 2003.

Os depósitos da segunda geração correspondem a uma sequência de maior distribuição próximo a localidade de Pecém, sendo compostos por formas de leito que muitas vezes experimentaram processos de deflação. Caracterizam-se pela exposição em pequenas elevações onduladas e pela coloração amarelo-avermelhada dos sedimentos. Estes sedimentos apresentam um bom grau de selecionamento o que ressalta a uniformidade do pacote sedimentar.

As dunas de terceira geração, por sua vez, caracterizam-se pelo aspecto transgressivo que desenvolvem sobre os depósitos anteriores, além de apresentarem-se melhor preservados. O contato em perfil entre estas duas gerações, em algumas situações, a exemplo da região do Pecém, expressa claramente um hiato deposicional bem marcado pelas concentrações ferruginosas, pelo solo húmico e restos vegetais.

As duas gerações são classicamente representadas por formas parabólicas, com cristas retilíneas distribuídas entre os tipos aberta e fechada (“hairpin”). As dunas de ambas as gerações, apresentam, de uma forma geral, o eixo maior orientado segundo uma direção em torno de N270°.

As dunas mais altas, de terceira geração, chegam a alcançar mais de 30,0m de altura. Os limites internos das dunas de segunda geração são caracterizados por formas rebaixadas que apresentam uma geometria de arco achatado em corte transversal, enquanto as dunas de terceira geração, caracteristicamente do tipo “hairpin”, exibem uma geometria em corte transversal mais abaulada.

Os sedimentos destas gerações são constituídos por areias médias a finas, variando de bem a moderadamente selecionadas, com índice de clasticidade de 1,5mm (-0,5 phi). Possuem uma composição basicamente quartzosa, com turmalinas, ilmenita, monazita e zircão como acessórios mais comuns. Também se observou, em algumas amostras, a presença de raros e variados fragmentos carbonáticos, a exemplo de carapaças de foraminíferos e micro-gastrópodes, além de fragmentos de algas.

O conteúdo carbonático na maioria das amostras apresentou proporções inferiores a 2,0%. A presença de matéria orgânica também é expressiva, dentro dos limites de finos, que são inferiores a 5,0%, uma vez que o desenvolvimento pedogenético, em virtude da ocupação das mesmas pela vegetação, é considerável. A coloração dos sedimentos das dunas de segunda e terceira gerações é variada. A coloração amarelada, chegando à avermelhada pálida, e vermelho, onde ocorre o desenvolvimento de concreções ferruginosas, é mais característica das dunas de segunda geração.

Os depósitos da segunda geração alcançaram um deslocamento máximo de 10,0km no sentido do interior do continente, enquanto que aquelas de terceira geração alcançaram apenas 6,0km.

No topo dos depósitos de dunas da terceira geração os processos pedogenéticos formaram um solo com horizonte A de até 30,0cm de espessura com uma coloração cinza esbranquiçada. Abaixo deste horizonte os sedimentos gradam para uma cor amarelada.

As estruturas sedimentares internas são praticamente ausentes ou imperceptíveis. Apenas em raras situações foram observadas estratificações cruzadas tabulares de alto ângulo e grande porte. Isto ocorre notadamente nos sedimentos da terceira geração de dunas, naqueles trechos onde se desenvolvem níveis lateríticos, os quais são responsáveis pela preservação das estruturas sedimentares. As atitudes destas estratificações apresentam valores médios das atitudes que variaram em torno de S05°E/20°SW para os flancos e S35°E/35°SW para a face de sotavento das dunas.

➤ Depósitos Eólicos Litorâneos 2 – Dunas Móveis e Praias Atuais

Os Depósitos Eólicos Litorâneos 2 compreendem os sedimentos inconsolidados e consolidados que ocorrem na faixa de atuação dos agentes geodinâmicos costeiros, destacando-se as marés, correntes costeiras e o vento. Neste grupo estão incluídos as dunas móveis, os sedimentos praias, os arenitos de praia ou “*beach rocks*”, e os sedimentos flúvio-marinhos. Localmente pode-se incluir no contexto os eolianitos e os depósitos da planície de deflação.

As dunas móveis, dunas de quinta geração segundo a classificação de Carvalho (op. cit.), representam os depósitos eólicos atuais e aqueles formados durante o Holoceno recente, e que podem ser encontrados em pleno desenvolvimento nos dias atuais.

Formam cordões paralelos a linha de costa, possuindo larguras variáveis, com média de 2km e espessuras geralmente inferiores a 30m. Distribuem-se segundo um cordão contínuo ao longo da linha de costa, sobrepondo-se, na maioria das vezes, aos sedimentos Barreiras e as paleodunas. Sua continuidade é, por vezes, interrompida pela presença de planícies flúvio-marinhas ou, mais raramente, pela continuidade em superfície dos sedimentos da Formação Barreiras.

Quanto à morfologia, apresentam feições de barcanas (meia-lua) com suaves declives a barlavento, contrastando com declives bem mais acentuados das encostas protegidas da ação eólica. Entre as formas desta geração, ocorrem dunas frontais, pequenos lençóis de areia da ordem de dezenas a centenas de metros quadrados e dunas barcanas, além das formas de cordão de sapato “string” e parabólicas móveis. As mais expressivas, por suas dimensões, são as dunas compostas e complexas.

As primeiras são constituídas por grandes dunas barcanas e barcanóides cavalgantes. As complexas correspondem a uma combinação de dunas barcanas e barcanóides coalescentes da ordem de dezenas de quilômetros quadrados, eventualmente associadas a “*blow outs*”. Nestas dunas, é comum a presença de sedimentos provindos do retrabalhamento de dunas de outras gerações.

São sedimentos eólicos litorâneos, possuindo localmente lentes de sedimentos flúvio-marinhos, compostos por areias brancas a cremes, bem selecionadas, de granulometria fina e níveis grosseiros milimétricos com presença de minerais pesados. São observadas estratificações cruzadas acanaladas e plano-paralelas, normalmente, apresentando ângulos, em média, de 30°. As dunas jovens mostram que os estratos próximos ao topo alcançam 22 a 29°, provavelmente porque as superfícies preservadas não representam as porções superiores das dunas, pois as mesmas foram erodidas antes da deposição dos estratos seguintes.

À sudeste da Vila do Pecém, próximo da linha de costa ocorrem dunas fixadas por carbonato de cálcio, as quais correspondem as dunas de quarta geração de acordo com a estratigrafia de Carvalho, op. cit. Estas estruturas dunares, peculiares, são conhecidas regionalmente como “Casquados”, também podem ser identificadas como eolianitos, os quais podem ser definidos como depósitos eólicos formados por areias quartzosas biotriticas cimentados por carbonato de cálcio. Esta unidade é formada por corpos tabulares, invariavelmente estratificados e que apresentam variado grau de litificação, desde friáveis a fortemente litificados ou cimentados.

As estruturas sedimentares internas são comuns em todos os afloramentos, sendo normalmente observadas estratificações plano-paralelas, tangenciais e eventualmente do tipo acanalada ou festonada. Este último tipo de estrutura, nas dunas atuais, é formado mais comumente quando as formas de leito dos tipos barcana e principalmente barcanóide migram cavalgando umas sobre as outras.

Estas estruturas nas dunas atuais estão presentes basicamente nos campos de dunas compostas e complexas, aspecto característico de um estágio mais avançado de evolução dos depósitos eólicos da região. Estágio este que antecede ao desenvolvimento de dunas parabólicas.

A análise granulométrica destes eolianitos revelou sedimentos de granulometria variada, distribuída entre areia fina a grossa, bem a moderadamente selecionada. O estudo dos sedimentos destes depósitos, com auxílio de lupa, revela que sua composição é predominantemente quartzosa com proporções subordinadas de minerais pesados, turmalinas (verde e afrisita), feldspatos e uma variedade de grãos carbonáticos de origem orgânica marinha. Entre as carapaças carbonáticas, aquelas constituídas por foraminíferos, comumente dos gêneros Quinqueloculina e Globigerina são normalmente observadas, bem como fragmentos e conchas de moluscos, de algas e de briozoários, além de pequena proporção de partículas de halimeda.

Em lâminas delgadas, o cimento/matriz observado, corresponde a aproximadamente 55% da rocha, sendo composto principalmente por calcita espática, distribuída entre primária (precipitação) variando em tamanho de 50 a 100 $\mu$  e neomórfica (300 $\mu$ ), esta última mais rara. A porosidade é predominantemente intergranular distribuída entre primária e secundária por dissolução do carbonato de cálcio.

Entre a linha de costa atual e as dunas, formam-se depósitos sedimentares eólicos denominados de Planície de Deflação. As planícies de deflação são superfícies planas ou ligeiramente onduladas, onde os processos eólicos mobilizam as partículas de areia. O transporte é feito comumente dentro de um fluxo de ar turbulento, tendo como principais características, as ondas de velocidade (*streaking*), rajadas (*bursting*) e cinemáticas, de tal modo que o movimento varia tanto no espaço, quanto no tempo (Allen, 1985 in CEARÁ, 2005).

Nestes depósitos, os sedimentos são descritos como essencialmente quartzosos, de granulometria fina a média, coloração esbranquiçada, mas sendo comum a ocorrência de outros minerais como zircão, ilmenita, rutilo (dentre outros) além de restos de carapaças de animais marinhos e matéria orgânica depositada durante as marés de sizígia. Não possuem planos estruturais, mas níveis alternados de sedimentação, muitas vezes definidos pelas lentes de minerais pesados.

Os sedimentos de praia são constituídos por materiais originados das formações geológicas próximas à zona de atuação das ondas e marés na linha de costa, de fragmentos de organismos marinhos, de materiais continentais transportados pelos rios que chegam a costa e por areias vindas da plataforma rasa. Os depósitos praias recentes, especialmente próximo à foz dos rios São Gonçalo e Cauípe, são constituídos por areias de granulação média a grossa e cascalhos, restos de conchas, minerais pesados. Formam um depósito contínuo, entre a base das dunas móveis e linha de maré baixa.

Litologicamente, os sedimentos que compõem esta unidade são predominantemente quartzosos, com proporções subordinadas de biodetritos, feldspatos, micas e minerais pesados representados por associações de opacos, turmalinas, zircão, hornblenda, cianita, ilmenita e epidoto. A presença em maior ou menor quantidade de determinados minerais, a exemplo de muscovita, parece estar associada à distância e características das rochas fonte que contribuem para o fornecimento destes minerais.

Em termos de padrões sedimentológicos estes são geralmente bem selecionados, de coloração creme a branca. A distribuição granulométrica apresenta valores que variam de 0,177 mm (tamanho areia fina) a 1,00 mm (tamanho areia grossa) podendo ainda apresentar sedimentos inclusive na categoria dos seixos. A classificação destes sedimentos pela média da sua análise textural o qualifica como areia. Em virtude de modificações espaciais e temporais as características granulométricas tendem a variar em função do estágio evolutivo da costa (areia grossa a fina), podendo ocorrer ocasionalmente à presença de cascalhos próximos a desembocaduras de rios, e restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados.

As rochas de praia ou *beach rock*, ocorrentes na faixa de praia, são rochas sedimentares representativas de antigos níveis praias emersos durante as transgressões plio-pleistocênicas e que foram litificadas por carbonato de cálcio depositado da água do mar através do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

São arenitos de coloração cinza a creme, de granulometria variada, mal selecionados, subarredondados e de baixa a média esfericidade. Com relação ao aspecto textural estes variam entre grossa a média com um considerável grau de litificação.

Em termos de estruturas sedimentares dominantes são representadas pelas estratificações dos tipos plano-paralela, espinha-de-peixe, cruzadas acanaladas e cruzadas tangenciais que servem de testemunho das modificações da direção de aporte de sedimentos durante a deposição. De acordo com estudos petrográficos os *beach rocks* apresentam uma composição predominantemente quartzo-feldspática com presença subordinada de muscovita, biotita, minerais opacos, anfibólio, epidoto, zircão, fragmentos de rocha, além de conchas e fragmentos carbonáticos de organismos marinhos representados mais comumente por algas coralinas, braquiópodes, moluscos e briozoários.

Devido ao seu alto grau de cimentação, estas rochas, muitas vezes, funcionam como proteção a determinados setores da costa, diminuindo a energia das ondas que se aproximam da face de praia e evitando a ação erosiva das mesmas.

Os *beach rocks* encontram-se distribuídos ao longo da faixa de praia compreendida entre a foz do rio Cauípe, a leste do Porto do Pecém e a praia da Taíba. As exposições mais significativas são encontradas na praia da Taíba.

Na área de influência do estudo ambiental, os sedimentos flúvio-marinhos são identificados na foz do riacho Guaribas, a oeste da zona urbana da localidade de Pecém. Tendo em vista que o riacho Guaribas é um canal fluvial de pequeno porte, a contribuição das águas oceânicas são mais significativas do que o aporte de água doce. Assim o desenvolvimento do depósito sedimentar flúvio-marinho se dá de modo localizado. Considera-se ainda o aporte de sedimentos por meio eólico.

Diante desta dinâmica, o depósito flúvio-marinho do riacho Guaribas apresenta uma constituição areno-argilosa, de granulometria fina, com grãos de quartzo, e enriquecimento de matéria orgânica. De uma maneira geral, a coloração do sedimento superficial apresenta-se em tons de marrom claro, e em subsuperfície esta coloração passa a ser mais enegrecida.

Sendo bastante restrito o aporte de sedimentos pelíticos ao depósito, tem-se que o mesmo é bastante enriquecido em material arenoso chegando até mesmo a se ter faixas unicamente com sedimentos arenosos. A variação dos aspectos sedimentológicos tem relação direta com a deposição de material proveniente da flora e da fauna típicas deste ambiente, a qual é responsável pela deposição de matéria orgânica.

#### ➤ Depósitos Aluviais

Sob a denominação de aluviões (Qa) foram englobados os depósitos inconsolidados recentes encontrados nas margens das drenagens da região, nos baixos cursos dos rios Cauípe e Gereraú e seus afluentes (riachos Conceição, Davi, do Sítio, Salgadinho, Barriga, Coité e dos Matões). As características dos depósitos aluvionares, em termos de

granulometria, extensão e espessura, ficam condicionadas à capacidade de transporte das drenagens, da topografia e da fonte geradora do material transportado.

A sedimentologia dos depósitos destes ambientes, conseqüentemente, reflete um caráter misto de sedimentos fluviais, eólicos e lacustres, onde a presença de depósitos de carapaças de algas diatomáceas é uma característica marcante. São sedimentos compostos de areias, seixos e níveis argilosos associados à fase úmida do sistema de drenagem, possuindo pequenas espessuras, quando ocorrem em áreas cristalinas, aumentando na medida em que estão localizadas em áreas de litotipos sedimentares. Próximo à foz dos rios São Gonçalo, Cauípe e dos riachos Juá e das Guaribas, possuem influência de sedimentação marinha com contribuição de bioclastos e água salina.

Em termos litológicos, os aluviões são representados por areias com granulometrias variando de finas a grossas, de coloração cinza-claro ou amarelo-claro, gradando para tonalidades escuras, podendo ainda ocorrer, localmente, cascalhos grosseiros, matacões de rochas, como ainda argila com matéria orgânica em decomposição.

Na área do CIP ocorrem diversos lagos e lagoas, alguns interdunares. Os lagos que ocorrem na região acumulam sedimentos de composição textural na faixa de areia e constituição mineralógica predominante de grãos de quartzo com esfericidade e arredondamento elevados. Em alguns destes lagos, ocorre uma sedimentação argilosa associada com matéria orgânica em forma de pequenas lentes intercaladas e sem continuidade.

### **8.5.3.2. Área Potencialmente Afetada**

A geologia da Área do CIP compreende ocorrências de rochas representativas do embasamento cristalino, especificamente do Complexo Ceará, sedimentos terciário-quaternários da Formação Barreiras e sedimentos inconsolidados recentes formando depósitos dunares, depósitos de sedimentos aluviais fluviais e lacustres.

#### **8.5.3.2.1. Litoestratigrafia**

##### **Complexo Ceará**

Na área do Complexo Industrial do Pecém, as exposições mais significativas das rochas do Complexo Ceará – Unidade Canindé predominam os setores central e sul. As exposições mais significativas são vistas nos cortes das faixas de domínio das rodovias CE-422 e 085 e no leito das drenagens, principalmente do rio Cauípe e do riacho Matões, os quais exibem fragmentos residuais das litologias gnáissicas e migmatíticas. Nestes cortes, são identificáveis a primeira vista os veios quartzíticos concordantemente com os

planos de acamamento da rocha principal. Quanto a esta, o grau de intemperismo dificulta a identificação dos minerais primários constituintes da rocha.

No leito seco do rio Cauipe é possível identificar rochas quartzíticas, migmatíticas e gnáissicas são facilitando assim a correlação litológica da unidade. Destacam-se nestas ocorrências as rochas paragnaissicas que exibem uma xistosidade elevada na qual se pode distinguir a elevada concentração de minerais do grupo das micas, e minerais enriquecidos com ferro. Estas rochas apresentam um aspecto maciço, em afloramentos de pequena monta, porém em algumas ocorrências é possível identificar-se os planos de acamamento das rochas.

O corte do serrote Olho D'água, localizado as margens da CE-085 expõe o padrão estrutural que caracteriza as unidades do Complexo Ceará ocorrentes na área, tais como pares ortogonais de fraturas, variação composicional (gnaisse-migmatito-xisto) recortado por veios quartzíticos. Tem-se neste afloramento a ocorrência de anfibolito-biotita gnaisse migmatizado.

O anfibolito-biotita gnaisse apresenta coloração cinza, granulação média, com bandamento fino marcado pela alternância de níveis máficos e félsicos, de espessura milimétrica e centimétrica. Os níveis máficos são compostos por anfibólio e biotita, enquanto os níveis félsicos são constituídos por quartzo e feldspatos. Uma forte foliação foi identificada com direção 150Az/30°NE, além de uma lineação mineral medindo 120Az/15°NE, e forte fraturamento paralelo à foliação, favorecido pelo bandamento composicional (NOGUEIRA e AUGUSTO, 2004).

Os autores supracitados caracterizaram o afloramento da rocha anfibolítica na CE-085, na AID, que exhibe xistosidade de espessura centimétrica a métrica, extremamente alteradas, intercalando-se com níveis de muscovita-quartzitos e quartzitos. Segundo os mesmos, o pacote rochoso apresenta dobras intrafoliais e veios de quartzo de espessura entre 10,0 e 20,0 cm e discordantes com a foliação. O corte exhibe rochas com fraturamento de direção preferencial 30Az/30°SE, foliação de direção 225Az/60°SW e lineação mineral na direção 115Az/8°NE.

Os quartzitos que ocorrem em lentes formando cristas residuais aguçadas aflorando em blocos angulosos apresentando um aspecto maciço, ou seja, sem a exposição de estratificações, uma coloração variando de tons esbranquiçados (leitosos), acinzentados ou róseos. O quartzito foi descrito microscopicamente por MAGALHÃES (2000), como apresentando uma textura granolepidoblástica, granulação grosseira, uma mineralogia essencial de quartzo e feldspato. O quartzo apresenta ausência de foliação marcante, com extinção ondulante com formas euhedral a subedral. Nos acessórios distinguem-se os opacos, zircão e turmalina. Em algumas ocorrências os quartzitos se mostram aluminosos.

Os quartzitos apresentam-se fraturados internamente e sempre num nível pouco superior ao do terreno, denotando sua maior resistência ao intemperismo. Apresenta uma foliação marcadamente de direção 105Az/15°NE e famílias de direção 25Az/subvertical e 140Az/subvertical na forma de pares conjugados.

A Unidade Independência ocorre a oeste do setor central da área de influência do estudo ambiental. Identifica-se as litologias constituintes da unidade em um lineamento situado desde o setor sul da lagoa do Gereraú até a nascente do rio São Gonçalo. Compreende paragnaisse granadíferos, K-feldspato intercalados com silimanita-granada-quartzo-muscovita xistos e quartzo-muscovita xistos, quartzitos puros ou com muscovitas e, mais raramente mármore (Silva da Cunha, 2007).

Os litotipos da Unidade Independência mostram-se de uma forma geral com cores marrom-avermelhadas a marrom escuras, indicativas de um aumento de teores de íons de ferro, provavelmente devido a maior concentração de minerais como magnetita e limonita. Nas áreas onde prevalecem os paragnaisse e mica-xistos sobressaem-se cores alaranjadas e amareladas demonstrando uma resposta combinada à ocorrência de argilas, carbonatos e óxidos de ferro.

## Formação Barreiras

A Unidade Formação Barreiras ocorrem no setor norte da Área de Influência Direta do estudo, sendo segmentado em Barreiras com predomínio de sedimentos areno-argilosos (setor centro-norte com intercalações do embasamento cristalino) e Cobertura Residual do Barreiras, predominante no extremo norte da área.

A Formação Barreiras é constituída de sedimentos areno-argilosos, com granulometria variando de fina a média e cores creme, amarelada ou avermelhada, na maioria das vezes de aspecto mosqueado. São frequentes as intercalações de níveis conglomeráticos e horizontes lateríticos. Estes últimos apresentam estrutura nodular a concrecional constituída de hematita e goethita, normalmente associados às zonas de oscilação do freático e percolação de água. Ocorre em discordância angular e erosiva sobre as rochas cristalinas pré-cambrianas do Complexo Ceará e sotoposta as paleodunas e dunas cenozóicas.

Os arenitos apresentam estratificações plano-paralelas e cruzadas, evidenciando o ambiente fluvial continental na sua deposição em regime climático semi-árido com chuvas esporádicas de fluxo torrencial, fato observado em função da ocorrência dos conglomerados contendo seixos de diâmetros que variam do milímetro até 5 cm.

A caracterização das fácies constituintes da unidade geológica Barreiras foi possível a partir da observação das trincheiras escavadas, das áreas de lavras ativas e/ou abandonadas. Além destas, observou-se as paredes das cacimbas encontradas na área.

Uma das melhores exposições do depósito sedimentar Barreiras é encontrada na cava abandonada, atualmente identificada como lagoa Azul. Nos taludes que definem a antiga área de lavra, é possível se identificar dois níveis. O nível inferior apresenta uma composição argilosa e evidências de percolação de óxido de ferro o que ocasiona ao nível sedimentar uma coloração com faixas esbranquiçadas e avermelhadas intercaladas. Sotoposta à camada descrita, constata-se a ocorrência de uma camada com maior grau de concentração argilosa, coloração cinza clara, sem estratificação.

A percolação do óxido de ferro nos sedimentos da Formação Barreiras por vezes proporciona a formação de laterizações nas camadas de base da unidade. A concentração desta laterização é variável dentro do próprio pacote. Em alguns pontos a concentração é bastante evidente.

O pacote sedimentar da Cobertura Residual do Barreiras se caracteriza pela constituição sedimentológica essencialmente arenosa, de coloração avermelhada, granulometria média com grãos angulosos de até 0,5cm disseminados em uma matriz essencialmente fina. A caracterização mais aprofundada dos sedimentos constituintes do mesmo mostra que o depósito se constitui de sedimentos com um bom grau de selecionamento, uma composição mineralógica essencialmente quartzosa, coloração em tons amarelados sob uma camada com coloração cinza claro na qual se tem um desenvolvimento pedogenético.

## Depósitos Aluviais

As aluviões são representadas por todos os depósitos fluviais ou lagunares recentes, recobrimo rochas pré-cambrianas.

A área estudada apresenta uma considerável potencialidade para armazenamento de recursos hídricos, tendo em vista a elevada pluviosidade e o nível do aquífero ser pouco profundo. Contudo, constata-se “in situ” que os recursos hídricos existentes têm em geral um caráter intermitente.

Na área do Complexo Industrial do Pecém, os depósitos aluviais mais representativos encontram-se associados ao canal do rio Cauípe, a Lagoa do Gereraú e a planície lacustre da lagoa do Bolso. Apesar de apresentar uma grande quantidade de acumulações hídricas, muitas das quais sazonais, verifica-se que a dinâmica hidrológica não resulta em acumulação de sedimentos aluviais, preservando as características do depósito drenado.

Litologicamente os depósitos aluviais do CIP são representados por areias escuras, cascalhos de cores variadas e argilas com material em decomposição. Texturalmente, os sedimentos encontrados são arenosos, silto-arenosos a argilosos, têm granulometria fina a média e o quartzo como elemento mineral essencial.

Tendo em vista a compartimentação geológica do CIP, na qual se tem o setor sul dominado por rochas metamórficas e o setor norte por sedimentos inconsolidados, constata-se assim variações composicionais dos sedimentos aluviais.

Nos riachos do setor setentrional, os sedimentos aluviais se caracterizam pela constituição quartzosa, textura arenosa, coloração esbranquiçada e granulometria média. Estes sedimentos têm correlação direta com os sedimentos da Formação Barreiras. Nos canais sob a interferência das práticas agrícolas, constata-se que os sedimentos têm uma mudança de coloração (em tons de cinza), e mudança da textura para areno-siltoso, pela acumulação de sedimentos finos e enriquecimento de matéria orgânica.

Em algumas áreas rebaixadas, estas acumulações superficiais de água implicam em modificações nas características dos sedimentos. De uma maneira geral, os sedimentos destes baixios de acumulação são referentes aos sedimentos representativos da Formação Barreiras, porém, devido à retenção de sedimentos finos, e ao enriquecimento de matéria orgânica decorrente da vegetação destes ambientes, os sedimentos encontrados nestas zonas passam a apresentar uma coloração mais escura e uma textura areno-argilosa e/ou argilo-arenosa.

Nas drenagens localizadas no setor meridional, os sedimentos aluviais são constituídos de areias de granulometria grossa, seixos e calhaus. Os seixos e calhaus são de diversos tamanhos e de várias constituições litológicas, essencialmente de quartzitos. Os seixos apresentam um bom grau de arredondamento e um baixo grau de esfericidade.

É possível encontrar-se nas áreas de maior espraiamento, notadamente nas margens do rio Cauipe, barrancos de material argiloso, de coloração cinza, textura areno-argilosa. A ocorrência deste tipo de depósito reflete a ocorrência de rochas gnáissicas na região de entorno do canal de drenagem e a pouca profundidade do embasamento, aspectos estes importantes para decomposição de argilo-minerais e formação dos citados depósitos.

## Dunas Fixas ou Paleodunas

As dunas fixas que ocorrem no extremo norte da área do CIP são constituídas por grãos de quartzo, subarredondados, bem selecionados, inconsolidados, de coloração cinza clara, foscas. O desenvolvimento de uma pedogênese dá aos sedimentos uma coloração mais escurecida em consequência da decomposição da matéria orgânica oriunda da vegetação que fixa os sedimentos.

Apresenta um capeamento de solo orgânico o que altera a coloração do material sedimentar original para tons de cinza até a profundidade de 0,30m. Logo abaixo, o pacote sedimentar apresenta uma coloração creme escura, granulometria fina a média, bom grau de selecionamento, grãos de brilho fosco. Destacam-se pela altura do pacote sedimentar que gira em torno de 30,0m e pela densidade da cobertura vegetal sobrejacente.

### 8.5.3.3. Geologia Estrutural

Em termos de compartimentação tectônica, a área em estudo engloba áreas da Província Costeira, subdomínio Ceará Central (da Província Borborema). O comportamento estrutural do conjunto é reportado principalmente aos eventos brasileiros, segundo Nascimento et al., (BRASIL, 1981), e aos megafalamentos direcionais, também de orientação SW-NE.

Na área de influência do estudo ambiental são encontradas dobras dos tipos sinforme, sinforme mergulhante, antifforme e antifforme mergulhante. Os sistemas de falhas estão associados a Zonas de Cisalhamentos, sendo estas dos tipos: Transcorrente Destral; Transcorrente Indiscriminada. São muito comuns as faixas de fraturamento. O caráter estrutural é marcado por uma foliação principal de direção predominantemente NNE-SSW e fraturamento WNW-ESSE.

O corte do serrote Olho D'água localizado as margens da CE-085, já na Área de Influência Direta – AID expõe o padrão estrutural que caracteriza as unidades do Complexo Ceará ocorrentes na área, tais como pares ortogonais de fraturas, variação composicional (gnaisse-migmatito-xisto) recortado por veios quartzíticos.

### Sismologia

A principal característica dos sismos ocorrentes no estado diz respeito à ausência de áreas preferenciais considerando-se baixas incidências de abalos sísmicos, mais existem áreas em que estes ocorrem como mais frequência, como em Pacajús, Cascavel e Baturité, para citar apenas as que estão mais próximas da área em apreço.

Os sismos registrados são comprovadamente de origem tectônica e não representam acomodação de camadas, esta situação de sismicidade deve perdurar por longos tempos, podendo evoluir progressivamente para uma atenuação, ou pelo contrário, para um aumento de sua intensidade.

Ressalta-se que na área em foco não há registro de atividade neotectônica, indicando que os terrenos geológicos ali encontrados são considerados estáveis. Todavia é recomendável um monitoramento sistemático da atividade sísmica na área, considerando-se que essa é o único meio de prever de maneira mais aproximada o risco em potencial.

### 8.5.3.4. Recursos Minerais

Na área de influência do estudo ambiental, os recursos minerais com maior potencialidade de aproveitamento são as rochas calcárias representativas do Complexo Ceará, nas duas unidades (Canindé e Independência), e as ocorrências de diatomita nas lagoas encontradas nas áreas de domínio da Formação Barreiras. As ocorrências de diatomita representam outra grande potencialidade mineral da área em estudo em termos de número de ocorrências na área estudada. Além destes, nas áreas de influência do empreendimento são aproveitadas as ocorrências de areia, saibro, traquito e granito, tendo-se ainda ocorrências de água mineral, cobre e manganês.

Em levantamento feito junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) constatou-se 82 (oitenta e dois) processos abertos no órgão entre requerimentos de pesquisa e registro de licença, a maioria destes em aproveitamento de areia, granito e argila. O Quadro 8.40 apresenta a identificação destes processos junto ao DNPM.

**Quadro 8.40 – Identificação dos Processos de Pesquisa Mineral e Registro de Licença dos Recursos Minerais Encontrados na Área de Influência Funcional do Projeto**

Processo	Situação	Substância	Uso Previsto
800005/1982	Licenciamento	Granito	Não Informado
800133/1983	Licenciamento	Granito	Não Informado
800446/1985	Licenciamento	Granito	Não Informado
800648/1995	Requerimento de Lavra	Gnaisse	Não Informado
800113/1996	Requerimento de Lavra	Granito	Não Informado
800155/1997	Licenciamento	Gnaisse	Não Informado
800210/1997	Licenciamento	Quartzito	Não Informado
800041/2000	Requerimento de Pesquisa	Granito	Revestimento
800232/2000	Requerimento de Lavra	Granito	Industrial
800192/2001	Requerimento de Pesquisa	Granito	Industrial
800110/2002	Licenciamento	Areia	Construção Civil
800084/2002	Requerimento de Pesquisa	Granito	Industrial
800325/2002	Concessão de Lavra	Água Mineral	Industrial
800159/2003	Requerimento de Licenciamento	Areia	Construção Civil
800220/2004	Requerimento de Licenciamento	Saibro	Construção Civil
800227/2004	Licenciamento	Argila	Cerâmica Vermelha
800203/2004	Licenciamento	Argila	Cerâmica Vermelha
800338/2004	Requerimento de Licenciamento	Areia	Construção Civil
800395/2004	Licenciamento	Areia	Construção Civil
800148/2005	Autorização de Pesquisa	Calcário	Industrial
800294/2005	Autorização de Pesquisa	Granito	Industrial
800383/2005	Autorização de Pesquisa	Granito	Revestimento

Fonte: DNPM, relatório interno

Continuação do Quadro 8.40

<b>Processo</b>	<b>Situação</b>	<b>Substância</b>	<b>Uso Previsto</b>
800407/2005	Disponibilidade	Areia	Construção Civil
800408/2005	Autorização de Pesquisa	Areia	Construção Civil
800383/2006	Autorização de Pesquisa	Granito	Revestimento
800004/2006	Disponibilidade	Areia	Construção Civil
800053/2006	Licenciamento	Areia	Construção Civil
800317/2006	Licenciamento	Areia	Construção Civil
800402/2006	Licenciamento	Areia	Construção Civil
800406/2006	Autorização de Pesquisa	Água Mineral	Engarrafamento
800472/2006	Licenciamento	Areia	Construção Civil
800494/2006	Licenciamento	Areia	Construção Civil
800501/2006	Autorização de Pesquisa	Quartzito	Revestimento
800106/2007	Requerimento de Pesquisa	Quartzito	Revestimento
800132/2007	Autorização de Pesquisa	Granito	Brita
800173/2007	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
800174/2007	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
800175/2007	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
800176/2007	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
800177/2007	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
800178/2007	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
800179/2007	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
800180/2007	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
800181/2007	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
800204/2007	Autorização de Pesquisa	Talco	Industrial
800213/2007	Autorização de Pesquisa	Água Mineral	Engarrafamento
800236/2007	Licenciamento	Areia	Construção Civil
800367/2007	Licenciamento	Areia	Construção Civil
800391/2007	Autorização de Pesquisa	Areia	Industrial
800395/2007	Autorização de Pesquisa	Areia	Industrial
800396/2007	Autorização de Pesquisa	Areia	Industrial
800399/2007	Autorização de Pesquisa	Areia	Industrial
800400/2007	Autorização de Pesquisa	Areia	Industrial
800401/2007	Autorização de Pesquisa	Areia	Industrial
800402/2007	Autorização de Pesquisa	Areia	Industrial
800403/2007	Autorização de Pesquisa	Areia	Industrial
800468/2007	Autorização de Pesquisa	Areia	Construção Civil
800497/2007	Autorização de Pesquisa	Quartzito	Revestimento
800668/2007	Autorização de Pesquisa	Granito	Revestimento
800753/2007	Autorização de Pesquisa	Saibro	Construção Civil
800778/2007	Autorização de Pesquisa	Granito	Revestimento
800012/2008	Licenciamento	Areia	Construção Civil

Fonte: DNPM, relatório interno

Continuação do Quadro 8.40

<b>Processo</b>	<b>Situação</b>	<b>Substância</b>	<b>Uso Previsto</b>
800055/2008	Autorização de Pesquisa	Granito	Revestimento
800056/2008	Autorização de Pesquisa	Granito	Revestimento
800057/2008	Autorização de Pesquisa	Granito	Revestimento
800058/2008	Autorização de Pesquisa	Granito	Revestimento
800126/2008	Requerimento de Pesquisa	Granito	Revestimento
800197/2008	Autorização de Pesquisa	Granito	Revestimento
800660/2008	Requerimento de Pesquisa	Minério De Ferro	Industrial
800661/2008	Requerimento de Pesquisa	Minério De Ferro	Industrial
800690/2008	Licenciamento	Areia	Construção Civil
800695/2008	Requerimento de Pesquisa	Areia	Construção Civil
800739/2008	Autorização de Pesquisa	Areia	Construção Civil
800740/2008	Requerimento de Pesquisa	Areia	Construção Civil
800761/2008	Licenciamento	Saibro	Construção Civil
800806/2008	Licenciamento	Argila	Cerâmica Vermelha
800807/2008	Licenciamento	Argila	Cerâmica Vermelha
800837/2008	Autorização de Pesquisa	Quartzito	Industrial
800838/2008	Autorização de Pesquisa	Quartzito	Industrial
800864/2008	Autorização de Pesquisa	Areia	Construção Civil
800883/2008	Autorização de Pesquisa	Areia	Construção Civil
800912/2008	Autorização de Pesquisa	Minério de Cobre	Industrial
800975/2008	Autorização de Pesquisa	Calcário	Fabricação de Cal
800985/2008	Requerimento de Pesquisa	Areia	Construção Civil
801004/2008	Requerimento de Licenciamento	Areia	Construção Civil
801058/2008	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
801059/2008	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
801072/2008	Requerimento de Pesquisa	Areia	Construção Civil
801074/2008	Autorização de Pesquisa	Areia	Construção Civil
801089/2008	Requerimento de Licenciamento	Areia	Construção Civil
801098/2008	Autorização de Pesquisa	Traquito	Revestimento
801099/2008	Autorização de Pesquisa	Traquito	Revestimento
801100/2008	Autorização de Pesquisa	Traquito	Revestimento
801101/2008	Autorização de Pesquisa	Traquito	Revestimento
801112/2008	Autorização de Pesquisa	Areia	Construção Civil
800012/2009	Autorização de Pesquisa	Gnaisse	Revestimento
800013/2009	Autorização de Pesquisa	Gnaisse	Revestimento
800020/2009	Autorização de Pesquisa	Argila	Industrial
800021/2009	Autorização de Pesquisa	Traquito	Revestimento
800107/2009	Autorização de Pesquisa	Granito	Brita
800109/2009	Requerimento de Licenciamento	Argila	Cerâmica Vermelha
800122/2009	Requerimento de Pesquisa	Argila	Industrial

Fonte: DNPM, relatório interno

Continuação do Quadro 8.40

Processo	Situação	Substância	Uso Previsto
800176/2009	Requerimento de Pesquisa	Argila	Industrial
800208/2009	Requerimento de Licenciamento	Areia	Construção Civil
800209/2009	Requerimento de Pesquisa	Areia	Construção Civil
800214/2009	Requerimento de Pesquisa	Granito	Revestimento

Fonte: DNPM, relatório interno

A área potencialmente afetada apresenta 14 (quatorze) faixas oneradas por pedidos minerários, junto ao DNPM: areia (10); saibro (1); argila (1); gnaisse (gnaisse) e granito (1).

### 8.5.3.5. Geotécnica

No domínio das rochas do Complexo Ceará predomina as baixas altitudes e amplitudes do relevo, configurado por colinas e áreas relativamente planas que constituem a Depressão Sertaneja de SOUZA (1988).

Neste domínio os solos são via de regra pouco espessos, sendo comum o afloramentos de rocha em superfície constituindo áreas favoráveis a implantação de rodovias, ferrovias, obras de engenharia, bem como atividade agrícola, esta última em porções onde os solos são pouco mais espessos e férteis.

As maiores altitudes são observadas no extremo sul da Área de Influência, próximo a cidade de Palmácia, no setor oriental da Serra de Baturité, onde localizam-se as nascentes do rio São Gonçalo. Neste setor do relevo a declividade elevada das encostas propicia o desenvolvimento do escoamento concentrado de água e movimentos coletivos de solo e rocha em períodos chuvosos. Em função destas características geotécnicas alguns locais desta porção sul, apresentam limitações para estruturas de engenharia e requerem projetos especiais para ocupação das encostas.

Os corpos graníticos neoproterozóicos e rochas vulcânicas alojados nas rochas mais antigas do Complexo Ceará, podem apresentar características geotécnicas distintas do contexto regional da Depressão Sertaneja, em função da expressão topográfica dos relevos residuais formados, pela sua maior resistência ao intemperismo e erosão. Portanto, as áreas mais íngremes apresentam problemas de estabilidade de taludes, incluindo movimentos de massa, tipo rastejo, deslizamento e desmoronamento, especialmente nos períodos de alta pluviosidade.

Parte destas rochas é utilizada para mineração de pedra tosca e agregados para construção civil. Em função da tectônica rúptil atuante na região, o grande número de fraturas presentes, o elevado grau de alteração e de outros aspectos estéticos característicos destes litotipos, não são aproveitados como rochas ornamentais.

O Domínio representado pela ocorrência de rochas sedimentares da Formação Barreiras caracterizam-se pelo relevo tabuliforme, com altitudes entre 30 e 40m, topos horizontais e superfície suavemente inclinada do interior para o oceano com declividade inferior a 5%. Os tabuleiros são desenvolvidos sob material de origem detrítica, decorrente da erosão tércio-quaternária das rochas mais antigas provenientes das áreas pré-cambrianas continentais.

Em função de suas características morfológicas e físicas constituem áreas de uso e ocupação mais adensadas e zonas de acúmulo de água, aproveitadas para captações localizadas, especialmente onde predomina a fácies arenosa. Nestas áreas deve-se evitar a perfuração de poços sem critérios técnicos evitando contaminação e poluição dos recursos hídricos.

Outro aspecto geotécnico importante relacionado ao domínio dos tabuleiros é a estabilidade das escarpas mais íngremes nos locais de maior amplitude de relevo, especialmente próximo ao litoral, onde são comuns as quedas e solapamento de blocos relacionada a instabilidade mecânica, onde a ação erosiva do mar, associada aos agentes de erosão hídrica pluvial e eólica podem provocar, também, o desenvolvimento de sulcos e ravinas, mobilizando grande quantidade de sedimentos em direção aos vales adjacentes, corpos de água e faixa de praia.

A zona costeira é formada quase que exclusivamente por dunas móveis que ocorrem tanto a leste como a oeste da vila do Pecém. As dunas móveis formam duas áreas distintas: na porção leste da vila encontram-se grandes cristas móveis formando barcanas de centenas de metros de largura e altitudes que podem chegar a 50m. Apresenta-se como estável não exibindo áreas de invasão devido a alterações na fisiografia local.

Na porção oeste da vila ocorre um cordão de dunas costeiras que se estende até a ponta da Taíba. São dunas mais baixas que as de leste, porém em processo de invasão nas edificações costeiras, mostrando-se muito mais ativas e revelando áreas de risco geológico por assoreamento eólico.

Em geral as dunas fixas/paleodunas e dunas móveis, em função de sua composição mineralógica e granulométrica (fração areia fina/silte) representam áreas instáveis a erosão hídrica e eólica, especialmente quando desprovidas de cobertura vegetal.

A remoção da cobertura vegetal acarreta na exposição da areia fina aos agentes erosivos provocando a rápida remoção das partículas. Este processo pode ser observado na porção oeste da vila do Pecém e na região da Taíba.

Na região do Pecém as paleodunas repousam ora sob sedimentos do Grupo Barreiras e ora diretamente sobre as rochas cristalinas (gnaiesses) do Complexo Ceará. Formam uma faixa contínua de direção leste/sudeste-oeste/noroeste ocorrendo em toda a parte norte

da área afetada pelo empreendimento. Entre as cristas desenvolvem-se pequenas lagoas, que permitem o desenvolvimento de vegetação de maior porte e perene-folia.

Com respeito a área do CIP, a apreciação geotécnica baseada nas informações contidas em estudos desenvolvidos por empresas já instaladas, e outras que concluíram apenas os estudos preliminares, aponta para as particularidades apresentadas a seguir.

A empresa Engesoft (Estudo de Impacto Ambiental do Complexo Industrial do Pecém, 1997) executou trinta furos na área do CIPP nos quais se identificou a predominância de areias siltosas de cores cinza-claras, a partir de 20cm de profundidade, sendo esta cobertura superior, relativa aos solos de desagregação vegetal.

Na área reservada para a implantação da siderúrgica Ceará Steel, foram realizadas sondagens percussivas as quais identificaram que o subsolo se qualifica como medianamente compacto a compacto, com um SPT variável entre 10 e 16 golpes. O impenetrável do equipamento de percussão ocorre entre 12,0 e 18,0 metros, ficando a média em 17,0 metros. O substrato arenoso com pequena fração de silte, de cor amarelada, que ocorre abaixo do material de duna fixa, apresenta elevada capacidade de absorção, tendo sido obtidos índices de infiltração acima de 140 l/m<sup>2</sup>/dia.

As sondagens realizadas na área do projeto mostram que no setor norte os níveis de areia fina e média ocorrem em profundidades variadas, desde 2,0 metros até 17,90 metros de profundidade, sendo estas medianamente compactas a compactas, de coloração variando de cinza a amarela. Este material se depositou entre 65 e 23 Ma e apresenta um elevado grau de compactação de tal forma que apresenta uma grande capacidade de carga, contudo as intervenções, nas camadas superficiais potencializam a possibilidade de geração de processos erosivos neste material.

Na faixa de domínio das rochas correlativas ao Complexo Ceará, a camada de solo tem uma espessura muito reduzida atingindo-se a rocha a pouca profundidade. O material de subsuperfície sobrejacente às rochas do embasamento apresentam características geotécnicas destacáveis em termos de capacidade de carga e estabilidade, sendo os mesmos bastante resistentes aos desgastes erosivo decorrente do fluxo pluvial.

Do ponto de vista geotécnico, as características geológicas da área do Complexo Industrial do Pecém evidenciam a natureza estável do terreno como um todo.

#### **8.5.3.6. Dinâmica Costeira e Sedimentar**

Na área de influência do estudo procurou-se abordar os principais processos que ocorrem na região e que podem ser correlacionáveis a dados obtidos em outras estações (marés, vento, pluviosidade). A dinâmica costeira e sua sedimentação são dependentes de fatores como:

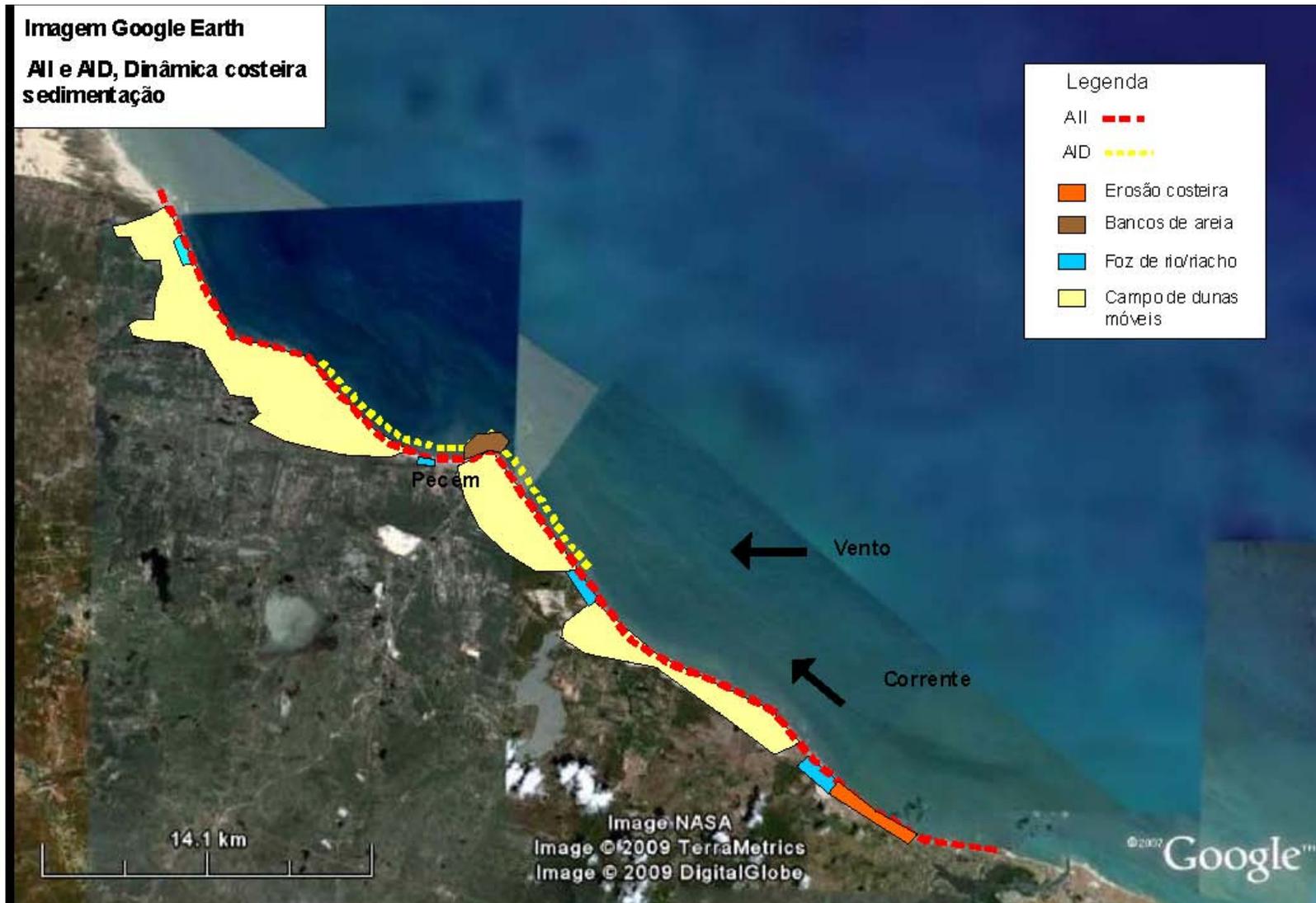
- morfoestruturas;
- soerguimento e rebatimento de blocos;
- disponibilidade de sedimentos transportados pelas microbacias adjacentes;
- disponibilidade de sedimentos na zona de praia;
- regime eólico e climático (ZCIT – Zona de Convergência Intertropical);
- regime de marés, correntes e ondas; e,
- ações antrópicas.

Os fatores interagem de forma diferenciada produzindo diferentes processos em cada parte da zona costeira da região do Pecém.

O setor norte da área de influência do estudo ambiental representa a região litorânea, que vai desde a foz do riacho do Juá a leste da área, até a foz do rio São Gonçalo na parte mais oeste (Figura 8.10). Neste trecho destacam-se os seguintes aspectos associados a dinâmica costeira e sedimentação:

- trecho costeiro de Iparana, erosão da costa com diminuição da falésia e áreas construídas na orla;
- campo de dunas móveis da barra do lagamar do Cauípe, área de sedimentação eólica;
- foz do Rio Cauípe, aporte de sedimentos pelo transporte fluvial sazonal do lagamar adjacente;
- campo de dunas móveis da região da Taíba, área de sedimentação eólica;
- erosão do promontório arenoso (“beach rocks” e Fm. Barreiras) da Taíba com formação de pequenas grutas;
- foz do Rio São Gonçalo, aporte de sedimentos pelo transporte fluvial do lagamar adjacente; e,
- praias: de uma forma geral, as praias são planas (variando em média de 50 a 100m de largura) caracterizadas pelo desenvolvimento de cúspides e barras de areia distribuídas entre formas oblíquas e paralelas à linha de costa. Estas praias são enquadradas, basicamente, nas categorias dissipativa e intermediária, segundo o esquema de Wright & Short (1983), onde os tipos D e C de praias intermediárias são mais comuns.

Figura 8.10 – Principais Processos Construtivos e Destrutivos na Zona Costeira da Área de Influência do CIP



Segundo o tamanho médio dos grãos, as praias são constituídas predominantemente por areias finas as médias em proporções equivalentes. As areias grossas são raras, ocorrendo sob a forma de pequenas faixas onde sua concentração está associada a trechos em erosão ou adjacentes a canais associados a correntes de retorno, ou ainda aprisionadas por barreiras naturais formadas por “*beach rocks*” posicionadas na faixa de praias paralelamente à linha de costa. Estas ocorrências estão na região do promontório da Taíba e no Pecém.

A influência das marés, outro fator que contribui para o transporte de sedimentos costeiros, foi avaliada a partir de medições da estação maregráfica do Porto do Mucuripe, Fortaleza-CE. Determinou-se então que as amplitudes das marés, para o ano de 1996, apresentou máxima de 326cm e mínima de -29cm. O regime de marés na região, portanto, pode ser caracterizado como de meso-marés e periodicidade semi-diurna.

O clima é outro aspecto de relevância. A área sofre influência da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), onde ventos alísios possuem uma variação anual, controlando, em parte, a direção de ondas e correntes. Estas características são responsáveis pelo prolongamento da estação chuvosa, configurando um panorama considerado como um ano chuvoso, enquanto padrões opostos são observados durante anos de seca. Este aspecto exerce uma forte influência na climatologia do Estado do Ceará, marcada pela movimentação da ZCIT, que obedecendo a um cronograma de deslocamento de sentido norte-sul, provoca as mudanças das estações climáticas.

Considerando a marcha anual para este sistema, o seu deslocamento no sentido norte-sul, segundo Ledru (1993), faz com que no verão-outono, que se inicia a partir de janeiro, a ZCIT se desloque para sul mantendo-se na latitude do platô central, onde a convergência dos ventos induz a grandes precipitações, enquanto que no inverno-primavera, a partir de julho, a ZCIT retorna para norte, distanciando-se da costa e reduzindo paulatinamente as precipitações até configurar a estação seca. Martin et al. (1998, 1999) propuseram um esquema (Figura 8.11), que mostra a relação entre a movimentação sazonal da ZCIT e a ZD (zona de divergência) com o comportamento dos ventos alísios na faixa leste-norte do país.

O regime eólico na área é de extrema importância, pois suas médias são altas em relação à ocorrência e intensidade (Gráfico 8.8). Importantes feições costeiras como dunas móveis e assoreamentos na região da Vila de Pecém dependem deste fator diretamente relacionado à disponibilidade de sedimentos aportados pelas correntes marinhas. A análise da distribuição das médias de velocidade dos ventos em Fortaleza, durante o período de um ano revela uma variação sazonal. A velocidade varia de 3,6 m/s até 6,6 m/s tendo seu pico entre agosto e dezembro e os menores valores entre janeiro e junho.

Figura 8.11 - Relação entre a Movimentação Sazonal da ZCIT e a ZD (Zona de Divergência) com o Comportamento dos Ventos Alísios na Faixa leste-norte do País. (Martin et al, 1998, 1999).

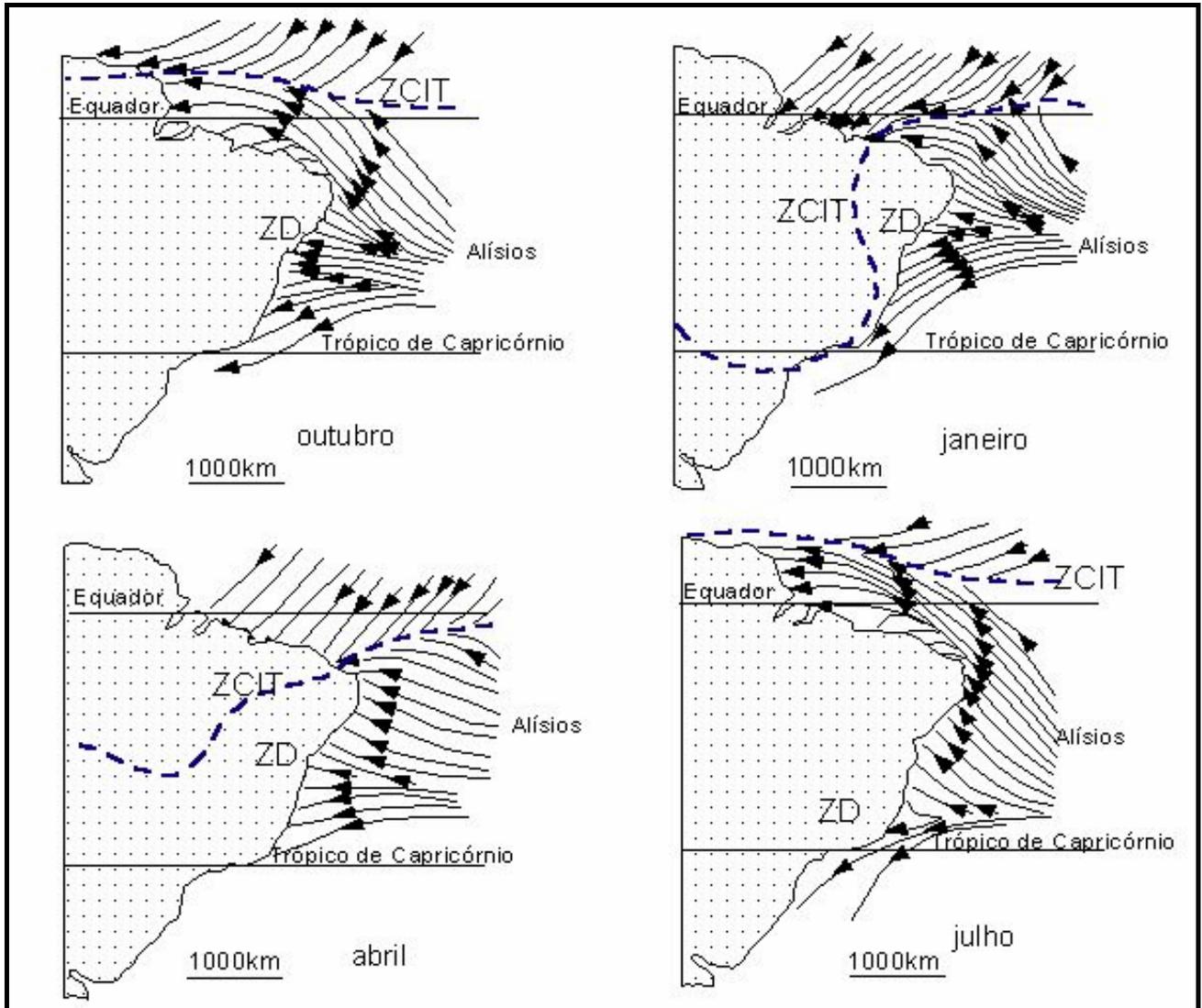
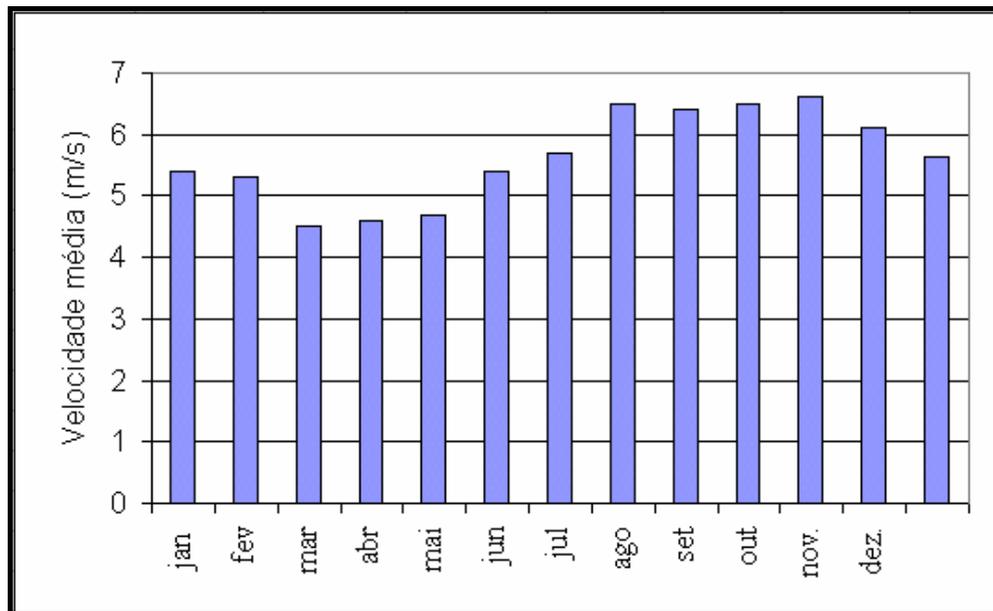


Gráfico 8.8 – Regime eólico para a região, estação do Pecém em 1999



A migração das dunas na localidade do Pecém tem representado um problema ambiental na região, tal como tem sido registrado no município de Paracuru, a oeste da All. Primeiramente porque esta migração ameaça assorear o reservatório hídrico de onde se capta água para o abastecimento da localidade, a lagoa do Pecém. Em segundo lugar, a falta de espaço para o crescimento da localidade tem induzido a ocupação de áreas de dunas móveis. Verifica-se em alguns pontos que imóveis recentemente construídos têm sido soterrados pelo fluxo de sedimentos em meio ao fluido eólico.

As chuvas têm um papel importante na estabilização dos sedimentos, eólicos principalmente, e no transporte dos sedimentos aluviais e do Barreiras. Contudo a elevada porosidade das coberturas arenosas diminui a tenacidade dos efeitos da percolação das águas pluviais. Os excedentes da precipitação pluvial podem vir a gerar efeitos geodinâmicos localizados. Nas coberturas arenosas, o excedente pluvial induz a percolação dos grãos quartzosos nos canais de drenagem e riachos.

Sendo os canais de drenagem bem encaixados, durante o período de excedente hídrico não se tem espraiamento para as margens, a exceção das áreas onde foram escavados sulcos as margens do mesmo para a irrigação das plantações.

A concentração pluviométrica favorece o soerguimento do lençol freático, o qual já é significativamente pouco profundo nas áreas de baixo. Tal soerguimento favorece a formação de espelhos d'água, lagoas e áreas de acumulação sazonal. O tempo de existência dos espelhos d'água favorece ao acúmulo de sedimentos finos, além da deposição de matéria orgânica proveniente da decomposição da vegetação e dos microorganismos que se acumulam nestes ambientes.

As ações antrópicas têm gerado uma nova geodinâmica aos depósitos das Coberturas Residuais do Barreiras. As escavações e exposição do material arenoso tem contribuído para a ação dos mecanismos de transporte e sedimentação eólica. Ressalta-se que nestas zonas, a exposição direta dos depósitos sedimentares inconsolidados deixa os mesmos sujeitos a processos de erosão pluvial.

#### 8.5.3.6.1. Hidrodinâmica Marinha

Regionalmente, segundo levantamento realizado pelo gerenciamento costeiro do Estado do Ceará, o porto está situado no Setor II – Fortaleza e Região Metropolitana (Gerco/SEMACE, 2004) (Figura 8.12). Esta zona costeira possui interação com as seguintes Microbacias Hidrográficas (Rio Cauípe, Sistema Gereraú e Rio São Gonçalo) as quais possuem sistemas fluviais e lagunares interagindo, responsáveis pelo transporte de sedimentos continentais até as respectivas fozes afetando a área de influência do projeto na disponibilidade de sedimentos costeiros.

Figura 8.12 – Setorização da Zona Costeira do Estado do Ceará.



Fonte GERCO/SEMACE, 2004

O Porto do Pecém situa-se na zona costeira e plataforma continental, ocupando parte do promontório da Vila de Pecém até a isóbata de -15 metros. A plataforma continental do Estado do Ceará tem uma largura máxima na altura de Camocim, com 101km de extensão e a mínima em Tremembé com 41km. Medindo-se a largura da plataforma em vários locais e observando-se a maior frequência, pode-se dizer que na plataforma continental do Ceará a largura média é de 63km, ligeiramente inferior a largura média segundo SHEPARD (1963).

Em quase toda a sua extensão, junto à linha de costa, encontra-se um pequeno declive, que é característico e constante. Esse declive é o gradiente de passagem da parte emersa para a plataforma propriamente dita. É normalmente estreito, e próximo a Fortaleza e ao Pecém a largura é mínima. Este primeiro declive abrange a cota batimétrica de 0 a -15 metros, tendo uma maior frequência na isóbata de -10 metros, com declividade variando em torno de 1:670. A cobertura sedimentar é basicamente areia quartzosa, classificada como plataforma interna.

As feições estruturais não apresentam reflexos notáveis no fundo dos oceanos rumo aos altos de Fortaleza, Ceará e o platô do Rio Grande do Norte, evidenciando que o controle morfotectônico desta plataforma é delineado pela convivência dos lineamentos estruturais e morfológicos permanentes de idade pré-cambriana com a modelagem erosiva/deposicional desde a abertura do Oceano Atlântico.

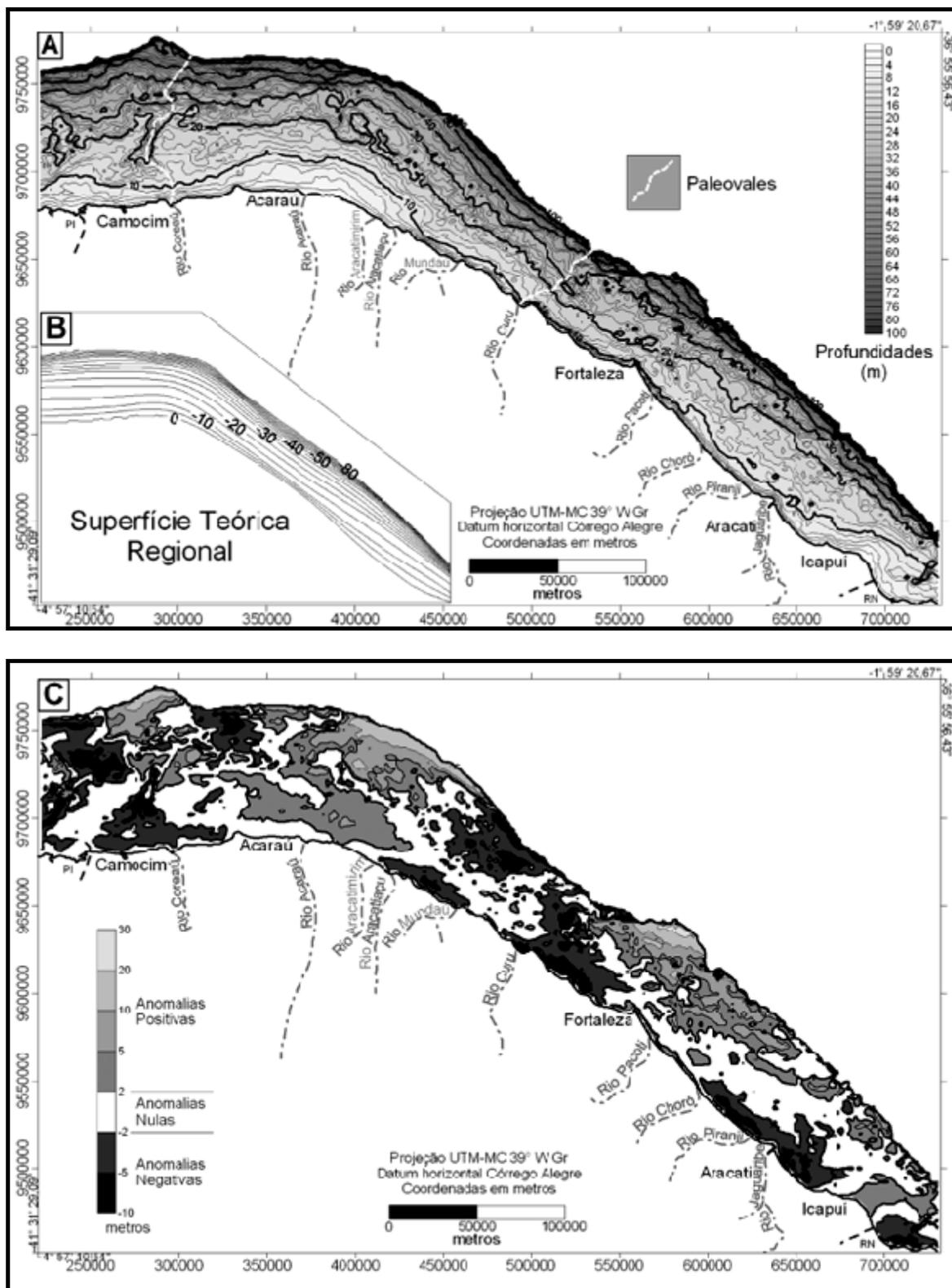
Vários bancos de areias são encontrados na plataforma interna do Estado do Ceará, e estão muito próximos ao litoral. Os mais notáveis são: o banco de Cajuás e do Retiro, entre a barra dos rios Mossoró e Jaguaribe, e o banco do Acaraú, que é o mais importante e se estende da Barra da Almofala à ponta de Jericoacoara.

As formações bioconstruídas predominam na plataforma externa, nas proximidades do Pecém, ocorrendo também em manchas esparsas na plataforma interna. O desenvolvimento de biohermas é favorecido em vista do pobre suprimento sólido em suspensão em consequência do semi-árido da região costeira adjacente, que favorece a sedimentação carbonática.

Em muitas regiões da terra, vários autores têm descrito uma série de terraços sobre a plataforma submarina. Estes interpretaram como níveis de erosão marinha (superfície de abrasão), relacionada às diversas oscilações do nível do mar no Quaternário. O relevo submarino atual da área abordada (Figuras 13A, 13B, 13C) corresponde, em escala regional, a formas superficiais geradas durante a última exposição subaérea da plataforma (entre 22.000 e 14.000anos A.P.), modeladas em material predominantemente isotrópico (areias siliciclásticas) e recobertas localmente por material carbonático algálico. Há uma incerteza com relação às taxas de sedimentação desse material carbonático, sendo que razões mínimas da ordem de 300 mm/ka parecem ser realistas (Kowsmann e Costa, 1979).

Segundo Silva Filho et al (2007) as anomalias de relevo obtidas para a área em questão refletem, predominantemente, processos de ajuste da superfície aos movimentos dos blocos crustais que têm ocorrido desde o final do Pleistoceno, mesmo depois do afogamento da plataforma continental. Para tanto, os movimentos verticais devem ser de tal monta que permitam a sobrevivência das estruturas, mesmo levando-se em consideração a possibilidade de recobrimento pela sedimentação e de destruição por erosão.

Figura 8.13 – A – Modelo batimétrico ao longo da costa do estado do Ceará, B – superfície regional teórica, C – Mapa de anomalia residual da plataforma continental ao largo do estado do Ceará.



A taxa de movimentação de alguns falhamentos no litoral do Rio Grande do Norte, do Pleistoceno ao Holoceno, é da ordem de 1000 a 6000 mm/ka (Riccomini e Assumpção, 1999; Bezerra & Vita-Finzi, 2000; Bezerra et al., 2003). Como existem fortes indícios de controle da rede de paleodrenagem por estruturas neotectônicas na área plataformal (Silva Filho, 2004), deve-se esperar que os movimentos verticais estejam atuando desde antes do início do afogamento da plataforma (cerca de 14.000 anos A.P).

Levando-se em conta que a taxa de sedimentação é muito possivelmente inferior à taxa de movimentação vertical, há uma grande probabilidade de se detectar, através das particularidades das anomalias de relevo da área em foco, feições de origem tectônica resultantes de movimentações verticais que vêm ocorrendo desde, no mínimo, 14.000 anos no passado. Destacam-se na área de influência do empreendimento a foz do rio Cauípe, as edificações do porto no promontório da Vila de Pecém, bancos de areia na zona costeira a oeste do porto e a pequena foz sazonal do riacho das Guaribas.

A edificação do porto é, sem dúvida, a principal alteração física dentro da área de influência considerada no estudo ambiental. Uma área onde não existiam barreiras, agora passa a formar ondas de refração devido à presença do *pier*. Esta variação pode ser notada pelas cristas das ondas (Figura 8.13) e pelo aporte de sedimentos na Vila de Pecém.

A vila anteriormente sofria com a erosão costeira sendo necessário a proteção por meio de blocos de concreto dispostos na praia de toda a vila. Atualmente esta área sofre ação de sedimentação eólica, provavelmente pela maior disponibilidade de areia que passou a sedimentar no lado oeste do promontório da vila, possibilitando uma engorda de praia e assoreamento da zona costeira.

Observa-se também a deriva de sedimentos costeiros no sentido leste para oeste (Figura 8.14). A área que sofre refração das ondas devido à proteção do *pier* do porto tem provocado uma maior sedimentação defronte ao promontório da vila do Pecém. Esta área protegida das ondas e parcialmente do vento, passa a ter uma maior taxa de sedimentação contribuindo para a engorda da praia da vila. Um maior aporte de sedimentos na praia favorece a uma maior disponibilidade de sedimentos a serem transportados pelo vento, contribuindo com o assoreamento costeiro de calçadas e casas.

As principais direções de onda com as respectivas alturas e períodos que afetam a área de estudo, segundo dados estatísticos publicados por Hogben e Lamb (1967), são as seguintes: N25°, com alturas de 1,0 a 1,5m e período de 5,0 a 6,5s, representando 10% das ocorrências; N60°, com alturas de 1,0 a 1,5m e período de 5,0 a 6,5s, representando 30% de ocorrências e, N90° com alturas de 1,0 a 1,5m e período de 5,0 a 6,5s, representando 60% das ocorrências.

Figura 8.14 – Distribuição das Ondas Reais e Ondas Refratadas Devido ao Pier do Porto de Pecém.  
Notar Transporte de Sedimentos de Leste para Oeste.



Os dados referentes aos trabalhos executados pelo INPH na região, tendo em vista a construção do Porto do Pecém, abrangem o período de março de 1997 a março de 1998. Corresponde a uma avaliação estatística da altura máxima ( $H_{max}$ ), altura significativa ( $H_s$ ), principais direções de incidência e períodos das ondas. A avaliação das incidências de ondas máximas e significativas foi baseada no percentual de ocorrência por intervalos de alturas.

Segundo análise qualitativa e quantitativa realizada por Carvalho (2003), as ondas na região de Pecém possuem: distribuição das alturas máximas com uma maior concentração entre 1,4 e 2,9m, possuindo maior proporção entre 1,9 e 2,3m. As ondas desse intervalo de altura estão distribuídas homogêneas ao longo de todos os meses no período de um ano de monitoramento.

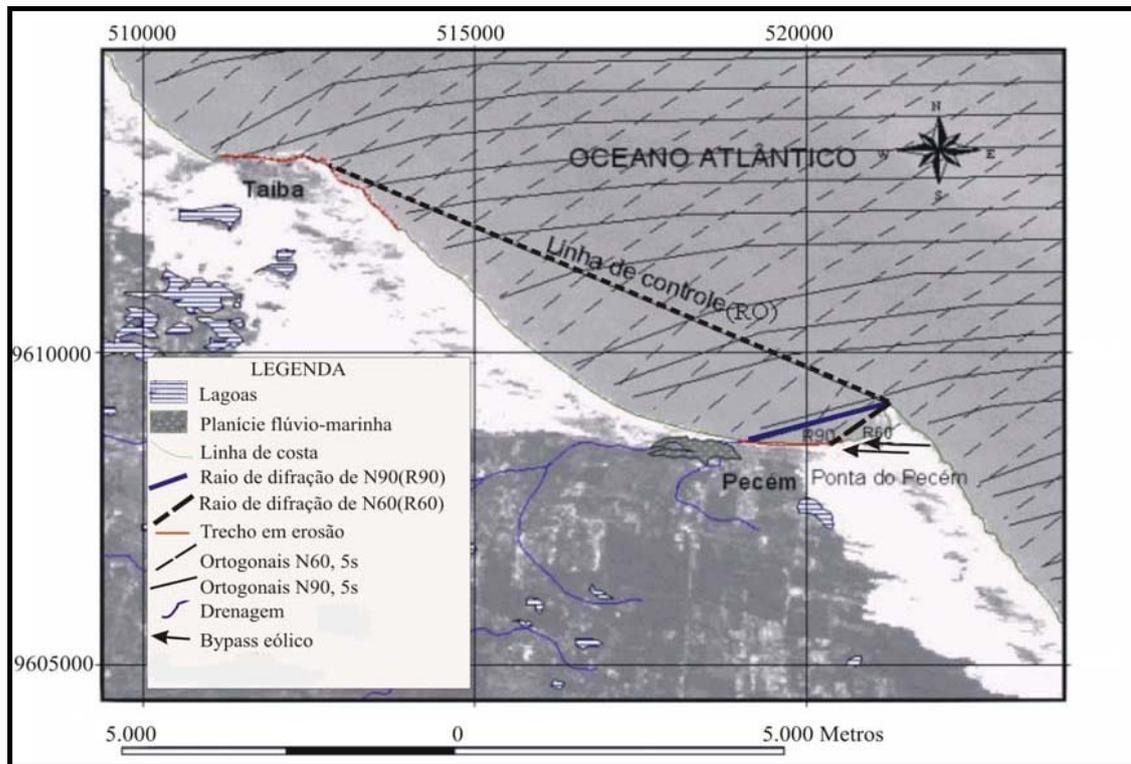
Entretanto, verificou-se uma pequena concentração de ondas de altura máxima entre 1,8 e 3,0 m nos meses de julho a agosto. As ondas consideradas do tipo “*swell*” (período de 10 a 20s) compreenderam 28%, enquanto as do tipo “*sea*” (período de 1 a 9s) chegam a 72% das ocorrências, dos quais 58% dos períodos foram concentradas no intervalo de 4 a 7s.

Segundo Carvalho (2003) em avaliação de campo na localidade do Pecém, os processos erosivos têm sido observados com frequência no trecho inicial do segundo segmento da espiral, e dissipam-se nas proximidades do rio Gereraú, que delimita, aproximadamente, o ponto de fuga deste trecho, só retomando o processo erosivo nas proximidades do promontório seguinte (Figura 8.15).

Neste trecho, observam-se processos severos de erosão, materializados no tombamento de equipamentos urbanos públicos e privados. Estes processos ocorrem principalmente no trecho onde se espera ocorrer o domínio de processos de difração das ondas de N90 e N60 (Figura 8.15).

A realimentação da faixa de praia próxima à porção de sotamar da Ponta do Pecém, é certamente responsável pela minoração dos processos erosivos nesta faixa. Devido ao atual processo de fixação das dunas e conseqüente interrupção da alimentação da praia pelo sistema tipo “*headland dune bypass*”, aspecto este atribuído à implantação do Porto do Pecém a barlar da Ponta do Pecém, é possível que haja um agravamento da ação erosiva marinha neste trecho.

**Figura 8.15 – Processos Costeiros no Trecho em Espiral entre Pecém e Taíba.**



## 8.5.4. Caracterização dos Solos

### 8.5.4.1. Área de Influência do Projeto

#### 8.5.4.1.1. Classificação dos Solos e Avaliação das suas Características

As áreas de influência do Complexo Industrial do Pecém, comportam uma variedade de solos, conferida por doze classes principais, conforme relação constante no Quadro 8.41, distribuídos por segmentos distintos da paisagem que os insere.

A organização espacial dessas classes de solos figura no mapa, conforme legenda, sob a forma de unidade simples e de associações constantes de dois e três componentes.

As formas diferenciadas de composição e interação dos elementos naturais da paisagem, condicionam a existência de sistemas geoambientais distintos, porém interrelacionados. A configuração desses sistemas ambientais se dá a partir da compartimentação de seis unidades naturais básicas, apoiadas nas unidades morfológicas: Planície Litorânea/Flúvio-marinha; Planícies Fluviais; Tabuleiro Pré-litorâneo; Depressão Sertaneja; Maciços Residuais. Nesses compartimentos naturais os solos se formam produzidos por processos pedogenéticos de diferentes tipos e intensidades, característicos de cada uma das unidades geoambientais que integram as áreas.

**Quadro 8.41 - Legenda Simótica dos Solos Identificados**

<b>Símbolo</b>	<b>Unidades de mapeamento (associações de solos)</b>
PVAd	Argissolo vermelho-amarelo distrófico textura arenosa/argilosa fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado + Planossolo háplico textura arenosa/média e argilosa fase caatinga hipoxerófila e floresta ciliar de carnaúba relevo plano.
PVAd 1	Argissolo vermelho-amarelo eutrófico textura arenosa/argilosa fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado – Planossolo háplico textura arenosa/média e argilosa fase caatinga hipoxerófila e floresta ciliar de carnaúba relevo plano + Argissolo vermelho-amarelo distrófico plíntico textura arenosa/argilosa e média fase caatinga hipoxerófila relevo plano
PVAd 2	Argissolo vermelho-amarelo eutrófico textura arenosa/argilosa fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado + Plintossolo Argilúvico eutrófico textura argilosa cascalhenta fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado + Planossolo háplico textura arenosa/média e argilosa fase floresta ciliar de carnaúba e caatinga hipoxerófila relevo plano.
PVAe 3	Argissolo vermelho-amarelo eutrófico textura média/argilosa fase caatinga hipoxerófila relevo ondulado e forte ondulado + Neossolos litóficis eutróficis textura média e argilosa fase pedregosa e rochosa caatinga hipoxerófila relevo ondulado forte ondulado e montanhoso.
SXe	Planossolo háplico textura arenosa/média e argilosa fase floresta ciliar de carnaúba e caatinga hipoxerófila relevo plano + Planossolo nátrico textura arenosa/média e argila fase floresta ciliar de carnaúba relevo plano + Neossolos hitóficis eutróficis textura arenosa e média fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado.
TC	Luvissoles crônicos e vérticos fase pedregosa relevo suave ondulado e ondulado + Neossolos litóficis eutróficis textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa substrato gnaisse e granito caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado e ondulado.
RLe	Neossolos litóficis eutróficis textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo forte ondulado e montanhoso substrato granito e gnaisse + Argissolos vermelho-amarelo eutróficis textura arenosa e média/argilosa cascalhenta fase pedregosa caatinga hipoxerófila relevo ondulado e forte ondulado + Afloramento de rocha.
VE	Vertissolo ebânico fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado.
RHe	Neossolos flúvicos eutróficis textura indiscriminada fase floresta ciliar de carnaúba e caatinga hipoxerófila.
RQ1	Neossolos quartzarênicos fase vegetação de dunas e caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.
RQ2	Neossolos quartzarênicos fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado + Argissolo vermelho-amarelo distrófico textura arenosa/média fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.
G2	Gleissolos sálicos textura indiscriminada fase campo halófilo de várzea e floresta ciliar de carnaúba + Gleissolos tiomórficos textura indiscriminada fase formações halófilas relevo plano.

A diversidade de categorias de solos e de unidades que compõem os sistemas geoambientais, dá-se assim, em razão dos diversos tipos de materiais de origem dos solos nelas existentes, produzidos a partir de alterações de litologias distintas além das influências determinadas pelas variações do relevo e as condições hidrológicas de superfície.

O Quadro 8.42 apresenta a classificação e localização geoambiental dos solos.

**Quadro 8.42 – Classificação e localização geoambiental dos solos**

Classificação		Material de Origem	Localização Geoambiental
Atual (EMBRAPA, 1999)	Anterior (EMBRAPA, 1998)		
Neossolos Quartzarênicos	Areias Quartzosas Marinhas Distróficas	Sedimentos quartzosas não consolidadas do Holoceno	Faixa Praial, Campo de Dunas Móveis e Fixas
	Areias Quartzosas Distróficas	Sedimentos arenosos tércio-quadernários (Formação Barreiras)	Tabuleiro arenoso pré- litorâneo
Argissolos Vermelho- amarelos distróficos	Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos	Sedimentos argilo- arenosos tércio- quadernários (Formação Barreiras)	Tabuleiro areno-argiloso pré- litorâneo
Argissolos Vermelhos- amarelos eutróficos	Podzólicos Vermelho-Amarelos Eutróficos	Produtos de alteração de rochas cristalinas do Pré- Cambriano (gnaisses e migmatitos)	Relevos residuais.
Plintossolo Argilúvico Eutrófico	Laterita Hidromórfica	Material argilo-arenoso da Formação Barreiras influenciado pelo Pré- Cambriano	Contatos Tabuleiro pré- litorâneo/Superfícies Interiores
Planossolo Háplico eutrófico solódico	Planossolo solódico	Produtos de alteração de gnaisses, micaxisto e migmatito com influência superficial de material pedimentar	Planícies Fluviais / áreas de espraçamento fluvial
Planossolo Nátrico	Solonetz Solodizado	Produtos de decomposição de rochas cristalinas (gnaisses) influenciado superficialmente por sedimentos aluviais	Planícies Fluviais / margens imediatas dos cursos d'água favoráveis à deposição de sais (sódio)
Luvissolos Crômicos órticos típicos e vérticos	Brunos Não- Cálcicos Indiscriminados	Materiais de decomposição de gnaisse, micaxisto anfíbolito, com ligeira influência em superfície de material retrabalhado	Depressões Pedimentadas interiores
Neossolos Litólicos eutróficos	Solos Litólicos Eutróficos	Materiais de rochas cristalinas (gnaisses, migmatitos, granito, micaxisto)	Serras cristalinas baixas, depressões pedimentadas
Gleissolos Sálcos	Solonchak Solonézico	Sedimentos fluviais holocênicos de natureza e granulometria variada	Planícies Fluviomarinhas
Gleissolos Tiomórficos	Solos Glei Tiomórficos	Sedimentos holocênicos de natureza e granulometria variada com adições locais de materiais orgânicos	Planícies Fluviomarinhas / Manguezais

Continuação do Quadro 8.42

Classificação		Material de Origem	Localização Geoambiental
Atual (EMBRAPA, 1999)	Anterior (EMBRAPA, 1998)		
Neossolos Flúvicos eutróficos	Solos Aluviais Eutróficos	Sedimentos de deposição fluvial quaternários não consolidados, de natureza e granulometria variada	Planícies de acumulação fluvial
Vertissolo Ebânico	Vertissolo	Oriundo de calcário metamórfico, sedimentos holocênicos de várzea ou ainda de gnaisses	Várzeas ou próximo a estas

Dos solos identificados distinguem-se, como os de maior expressão espacial na área afetada pelo empreendimento, as classes referidas aos Neossolos Quartzarênicos, Argissolos Vermelho-amarelos Distróficos e Planossolos. As primeiras estão relacionadas às unidades geoambientais dos campos de dunas e tabuleiro arenoso, enquanto os Planossolos distribuem-se ao longo das margens dos cursos d'água, várzeas e planícies fluviolacustres, como as do Lagamar, do Cauípe e do Gereraú. As demais classes de solos ocorrem em maiores ou menores proporções distribuídas nas demais unidades geoambientais existente na área das bacias hidrográficas estudadas.

#### 8.5.4.1.2. Conceitos e Características Gerais das Classes de Solos

##### ➤ Neossolos Quartzarênicos

Os Neossolos Quartzarênicos ocupam as paisagens litorâneas e pré-litorâneas nelas distribuindo-se em formas de faixas e campo de dunas, ou ocupando porções do tabuleiro pré-litorâneo.

Constituem solos pouco desenvolvidos, profundos, originários de sedimentos areno-quartzosos não consolidados. A sequência de horizontes é A e C, muito profundos, com elevada permeabilidade. A areia representa pelo menos 80% e a argila é inferior a 15%.

São solos pouco ou quase não afetados por processos pedogenéticos, sendo que, na área distinguem-se dois tipos de formações quanto as suas condições de gênese: os Neossolos formados pelos sedimentos holocênicos marinhos, e os que encontram-se mais relacionados ao Tabuleiro pré-litorâneo.

Os trechos da área litorânea que abrangem a faixa praial e as dunas compreendem tipos de terrenos arenosos, com ou sem desenvolvimento de vegetação. Nas posições mais próximas ao mar, sob a ação mais direta dos ventos e ausência de cobertura vegetal,

verifica-se a permanente mobilização de partículas, implicando numa ineficiente evolução pedogenética e ocorrência de forte instabilidade. Nas partes em que a vegetação se estabeleceu, permitindo a fixação dos depósitos arenosos, já se manifesta um processo pedogenético incipiente propiciando a formação de um horizonte A do tipo fraco, como acontece nas dunas fixas, formando-se então perfis do tipo A-C.

O horizonte A, exhibe normalmente, além da textura arenosa característica, coloração acinzentada ou cinza escuro. O horizonte C apresenta coloração mais clara, notadamente cinza claro e bruno avermelhado, sem formação de agregados estruturais.

A porção desses solos que ocupa Tabuleiro pré-litorâneo, associados com Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, são originalmente relacionados aos depósitos arenosos terciário-quaternários da Formação Barreiras. Constituem, igualmente, solos arenosos muito profundos, de coloração entre branca a avermelhada e excessivamente drenados.

O horizonte A, fracamente desenvolvido, possui cores bruno acinzentada e estrutura fraca granular ou em grãos simples. O horizonte C, geralmente muito espesso, pode compreender vários subhorizontes (C1, C2, C3, ...) de cores variando de vermelho-amareladas a cores mais claras ou esbranquiçadas, normalmente sem desenvolvimento de unidades estruturais, constando sempre de grãos simples, ou ainda maciça fracamente coesa.

Ambas as formações constituem solos muito ácidos, distróficos, de baixa a muito baixa fertilidade natural e praticamente destituídos de reservas de minerais primários intemperizáveis, que constituam fontes de nutrientes para as plantas. Quanto ao uso agrícola apresentam fortes limitações, basicamente em razão das suas próprias características químicas e mineralógicas, podendo, entretanto, suportar culturas como o côco da Bahia e o cajueiro.

#### ➤ Argissolos Vermelho-Amarelados distróficos

Ocorrem na unidade geoambiental do tabuleiro pré-litorâneo, em relevo plano e suave ondulado, onde são derivados dos sedimentos terciário-quaternários da Formação Barreiras.

São solos profundos a muito profundos com sequência de horizontes A, Bt, C nitidamente diferenciados, tendo assim, horizontes subsuperficiais mais argilosos que os superficiais, implicando na presença de horizontes B textural. Possuem coloração variada com tonalidades vermelho-amareladas prevalecendo. Em alguns trechos podem ocorrer também com o caráter plíntico, quando exibem cores vermelhas e intensa individualização do ferro.

Os tipos de horizonte A variam de fraco a moderado, comumente, textura arenosa ou média e estrutura fraca moderadamente desenvolvida. Os horizontes B são, geralmente,

de textura argilosa ou média e coloração ora mais ou menos vermelha-amarelada, sendo que nos solos com plintita, as cores tornam-se variegadas, exibindo intensa mosqueado.

A diferença textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, torna propício, nestes solos, riscos maiores de suscetibilidade a erosão, embora o relevo, nesta unidade geoambiental, não seja um fator agravante.

O potencial químico revela baixa fertilidade natural (saturação por bases inferior a 50%), e forte acidez, que constituem limitações para o uso agrícola, somadas à deficiência de água que se registra durante o período seco.

#### ➤ Argissolos Vermelho-Amarelados eutróficos

Ocupam preferencialmente porções dos relevos residuais cristalinos existentes na área – como o conjunto de serras de Conceição-Juá, além de porções das superfícies aplainadas interiores, associados com Neossolos Litólicos, Plintossolos e Planossolos.

São solos comumente profundos, ou rasos em alguns trechos das áreas das serras, possuindo perfis bem diferenciados do tipo A, Bt, C, textura arenosa ou média no A e média ou argilosa no B, as vezes com cascalho ou concreções devido a oxidação do ferro. Como variantes a essas características ocorrem também solos apresentando mudanças textural abrupta do A para o B, além da presença de plintita nos horizontes B, o que lhe confere, nesses casos, os caracteres abruptos e plíntico. Isso ocorre sobretudo nos trechos das superfícies aplainadas interiores, para sudoeste da área.

São solos que possuem média a alta saturação por bases (V%), moderadamente ácidos a ácidos e frequentemente apresentando na sua composição, minerais primários intemperizáveis.

Suas principais limitações decorrem da dificuldade e mecanização nas áreas de serras ou presença de pedregosidade, deficiência de água e suscetibilidade à erosão.

#### ➤ Planossolo Háptico

Ocorrem nas áreas de várzeas ou de influência das planícies fluviais, nas planícies fluviolacustres e nas depressões pedimentadas mais interiores, originados de materiais constituídos de produtos de alteração de rochas cristalinas, com influências superficiais de materiais resultantes de transporte fluvial.

São solos rasos e pouco profundos, com perfis do tipo A, Bt, C, mudança textural abrupta do A para B, sendo frequente observar-se nos horizontes subsuperficiais B e, ou C, evidências de drenagem imperfeita que se revela pelo excesso de água durante os períodos de chuvas, resultando no surgimento de manchas e cores de redução nesses horizontes.

O horizonte A é quase sempre fraco ou moderado, de cores claras, textura arenosa e estruturas em grãos simples ou maciça. O horizonte Bt distingue-se bem por suas cores acinzentadas com ou sem mosqueado, textura argilosa ou média, adensado, pouco permeável e estrutura prismática moderada a forte, de consistência muito dura quando seco.

Apresentam alta saturação por bases, entretanto possuem também, caráter solódico, ou seja, saturação por sódio trocável ( $100. Na/T$ ) entre 6 e 15%, no horizonte B e, ou C. São comumente ácidos a praticamente neutros. As limitações mais fortes ao uso agrícola destes solos, são devidas as suas propriedades físicas, sobretudo do horizonte B, a considerável saturação por sódio neste horizonte, e o excesso de água na estação chuvosa, tornando ressecados nos períodos secos.

#### ➤ Planossolo Nátrico

São encontrados em associação com o Planossolo Háptico nas áreas das planícies fluviais, em posições adjacentes as planícies fluviomarinhas, ou bordejando diretamente trechos longitudinais dos cursos d'água da área.

Compõem solos halomórficos rasos a pouco profundos, com sequência de horizontes bem diferenciados dos tipos A, E, Btn ou A, Btn, Cn, mal drenados a imperfeitamente drenados e de permeabilidade lenta a muito lenta subsuperficialmente.

O horizonte A é predominantemente fraco, podendo as vezes estar ausente, de cores geralmente claras. O horizonte Btn se apresenta entre bruno acinzentado até amarelo claro, as vezes apresentando mosqueado ou mesmo coloração variegada, textura média ou argilosa, estrutura colunar e consistência muito dura, quando secos.

São solos ácidos na parte superficial e praticamente neutros a alcalinos nos horizontes subjacentes, apresentam alta saturação por bases (V%) nos horizontes Btn e C, entretanto possuem saturação por sódio trocável elevada, ou seja, relação  $100.Na+/T$  acima de 15%, em ambos ou algum desses horizontes, o que determina o seu caráter sódico.

#### ➤ Luvisolos Crômicos típicos e vérticos

Ocorrem em áreas de relevo suave ondulado e ondulado das superfícies aplainadas interiores localizadas mais para a parte sul da área, originados de rochas cristalinas do Pré-Cambriano como gnaisses e micaxistos.

Constituem solos pouco profundos e profundos, de drenagem livre, tendo perfis bem diferenciados com sequência de horizontes A, Bt, C e mudança textural abrupta do A para o B. O horizonte do A é normalmente de cores bruno acinzentado, textura arenosa

ou média ou argilosa. Sua ocorrência está em muito associada com a presença de um revestimento pedregoso composto de calhaus que podem também ser encontrados dentro do horizonte A.

São solos que além de possuírem argila de atividade alta na sua composição, apresentam alta saturação por bases, alta fertilidade natural e são dotados de altos conteúdos de minerais primários intemperizáveis na sua constituição.

Suas principais limitações são devidas à deficiência de água, dificuldade de mecanização em razão de pedregosidade e suscetibilidade à erosão.

Nas áreas de ocorrência, estes solos se apresentam tanto com suas características típicas como com o caráter vértico. Em função deste caráter os solos passam a apresentar, durante a estação seca, acentuado fendilhamento no horizonte B, além da presença de “Slikenside”, resultante da presença de elevado conteúdo de argila de atividade alta (grupo 2/1). Encontram-se ainda em associação com Planossolos, Neossolos Litólicos e Argissolos Vermelho-Amarelados eutróficos.

#### ➤ Neossolos Litólicos eutróficos

São solos que ocupam preferencialmente os relevos residuais e interiores como o serrote do Camará e as serras do Conceição-Juá, derivados de materiais de rochas cristalinas como gnaisses, migmatitos e granitos.

Constituem solos de fraca evolução pedológica, com perfis rasos caracterizados apenas pela presença de um horizonte A diretamente assente sobre a rocha R – ou sobre a camada de alteração desta – Cr, geralmente de pequena espessura.

O horizonte A possui cores muito variadas, desde claras a escuras e textura quase sempre média. Abaixo deste horizonte surge a rocha R ou o horizonte C com elevados conteúdos de minerais primários e blocos de rochas semi-intemperizados sobre a rocha – R.

Em geral possuem pedregosidade e, ou rochosidade na superfície, podendo normalmente serem encontrados associados com afloramento de rochas, além de Argissolos. Apresentam boa drenagem e quimicamente são indicados com elevada saturação por bases (eutróficos), e reação moderadamente ácida a praticamente neutra.

Possuem fortes limitações ao uso agrícola pela pedregosidade, rochosidade, deficiência de água e pequena profundidade.

#### ➤ Gleissolos Sálcos

Ocorrem na área de abrangência da planície fluvio-marinha, às vezes em associação complexa com Gleissolos Tiomórficos, onde são originados de sedimentos fluviais

recentes, de natureza e granulometria variados. Sob essas condições encontram-se constante ou periodicamente, submetidos a excesso de água causado principalmente, pelas penetrações da água do mar.

São solos hidromórficos com altas concentrações de sais solúveis, possuindo saturação por sódio superior a 15%, perfis pouco diferenciados do tipo A – Cg<sub>z</sub> ou Az – Cg<sub>z</sub>, portanto, gleizado e com presença de um ou mais horizonte sálico. Em grande parte são moderadamente alcalinos e, sob certas condições, tornam-se fortemente ácidos.

O horizonte A é pouco espesso, de coloração escura, sendo que, durante as épocas secas, frequentemente apresentam-se na parte superficial, o fenômeno da cristalização de sais (eflorescências esbranquiçadas). Isso ocorre em razão da forte presença dos sais, que nesse período seco migram por ascensão capilar e se precipitam em superfície, por efeito da evaporação. O horizonte C exibe, em geral, cores escuras, acinzentadas ou azuladas, com ou sem presença de mosqueado, evidenciando o intenso processo de gleização, que frequentemente estão submetidos.

Considerando a alta salinidade que possuem, aliado a excesso de umidade, estes solos tornam-se impróprios para o uso agrícola, tendo sua exploração praticamente restrita ao extrativismo vegetal da carnaúba, ou para o desenvolvimento de atividade salina.

#### ➤ Gleissolos Tiomórficos

Ocupam as áreas de relevo plano das planícies fluvio-marinhas associadas aos mangues, a exemplo de São Gonçalo. Sua ocorrência se efetiva de forma indiscriminada em uma associação com Gleissolos Sálicos.

Constituem solos halomórficos, pouco desenvolvidos e pouco diferenciados, mal drenados a muito mal drenados, gleizados, formados em ambientes de sedimentação recente, nas partes adjacentes à orla marítima, sob a influência das marés.

Possuem perfis do tipo AC<sub>g</sub>, apresentando altos teores de compostos de enxofre. Quando drenados e conseqüentemente oxidados, exibem mosqueados de cores branco amarelado e amarelo brunado de sulfato de ferro, tornando-se também, nessas condições, extremamente ácidas. As suas características químicas, com a presença de sais solúveis e acidez, além do excesso de água, os tornam solos com limitações muito fortes para o uso agrícola.

#### ➤ Neossolos Flúvicos eutróficos

São solos desenvolvidos nas planícies fluviais, distribuídos em formas de faixas ao longo das margens dos cursos d'água. São originados a partir de deposições de sedimentos fluviais recentes, de composição granulométrica e mineralógica muito variada. A mais expressiva ocorrência desses solos na área, encontra-se na planície do rio São Gonçalo.

Tratam de solos fracamente evoluídos, pouco profundos a muito profundos, de textura variada, moderadamente a bem drenados, pouco ácidos a ligeiramente alcalinos. Morfologicamente apresentam perfis com horizonte A assente sobre o C, normalmente composto por uma sequência de camadas diferenciadas geneticamente entre si, e com características físicas, químicas e mineralógicas variadas, em função dos tipos de sedimentos acumulados e da pouca evolução pedogenética.

O horizonte A é comumente fraco ou moderado, de cores escuras e textura desde arenosa até argilosa. As camadas subjacentes mostram variação acentuada de classes texturais em profundidade, indo de arenosa até muito argilosa, com diferentes aspectos de cores, exibindo, em maioria, tonalidades bruno-escuras, às vezes com mosqueados nas seções mais argilosas, com ocorrência de drenagem imperfeita.

São solos dotados de alta fertilidade natural, representando um componente de destacado potencial agrícola, considerando-se, porém, as possibilidades naturais de riscos de inundações durante as épocas chuvosas.

➤ Plintossolos Argilúvicos eutróficos

Esta classe de solos ocorre principalmente em associação com os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos plínticos existente na porção oeste da área, desenvolvidos de recobrimento dos sedimentos argilo-arenosos sobre rochas do Pré-Cambriano.

São solos imperfeitamente drenados, profundos a muito profundos, tendo como característica diagnóstica a presença de plintita nos horizontes B e C, formando perfis com sequência de horizontes A, B<sub>tf</sub>, C. A plintita, cuja presença determina as características do horizonte B, exibe coloração variegada preferencialmente cores avermelhadas e acinzentadas possuindo ainda, comumente, textura argilosa no B<sub>tf</sub>, as vezes com ocorrência de cascalho. O horizonte A tem cores com predominância de bruno escuro e bruno acinzentado e estrutura comumente fraca ou maciça.

Na área de ocorrência constituem solos eutróficos, entretanto exibem fortes limitações ao uso agrícola pelas más condições físicas, alta suscetibilidade à erosão, compactação do horizonte B plíntico e baixa permeabilidade.

➤ Vertissolo Ebânico

Distribui-se preferencialmente no sul da área ocupando porções nas várzeas ou próximas a estas, derivadas de materiais oriundos de calcário metamórfico, sedimentos holocênicos de várzea ou ainda de gnaisses.

Constitui solos pouco profundos e profundos com sequência de A, C<sub>v</sub>, C<sub>vg</sub>, argilosos e muito argilosos, dotados de horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do

perfil. Possuem como constituinte principal, altos teores de argila do grupo 2/1 (grupo da montmorillonita) que provocam expansões e contrações da massa do solo, e o aparecimento de superfícies de deslizamento (slikensides) nas partes inferiores do perfil.

Durante a estação seca mostram-se fendilhados e extremamente duros, passando a muito plásticos e pegajosos nos períodos úmidos quando a sua massa se expande. O horizonte A apresenta espessuras em torno de 30cm, com cores bruma escuras ou escuras e estruturas bem desenvolvida. O horizonte C apresenta cores variáveis prevalecendo tonalidades escuras, com estrutura forte e moderada do tipo prismática.

São imperfeitamente drenados devido a baixa permeabilidade, que os tornam, durante os períodos chuvosos, bastante encharcados, muito plásticos e pegajosos, restringindo as ações de manejo com máquinas agrícolas.

Quimicamente são apontadas como solos de elevada soma de bases (S), alta saturação por bases (V%) e reação praticamente neutra e alcalina.

#### 8.5.4.2. Área Potencialmente Afetada

A afetada pelo Complexo Industrial do Pecém comporta uma variedade de solos, conferida por oito classes principais, conforme relação constante no Quadro 8.43, distribuídos por segmentos distintos da paisagem que os insere.

**Quadro 8.43 – Legenda Simótica**

<b>Símbolo</b>	<b>Unidades de mapeamento (associações de solos)</b>
PVAd	Argissolo vermelho-amarelo distrófico textura arenosa/argilosa fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado + planossolo háplico textura arenosa/média e argilosa fase caatinga hipoxerófila e floresta ciliar de carnaúba relevo plano.
SXe	Planossolo háplico textura arenosa/média e argilosa fase floresta ciliar de carnaúba e caatinga hipoxerófila relevo plano + Planossolo nátrico textura arenosa/média e argila fase floresta ciliar de carnaúba relevo plano + Neossolos hitólicos eutróficos textura arenosa e média fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado.
TC	Luvissolos crônicos e vérticos fase pedregosa relevo suave ondulado e ondulado + Neossolos litólicos eutróficos textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa substrato gnaisse e granito caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado e ondulado.
RLe	Neossolos litólicos eutróficos textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo forte ondulado e montanhoso substrato granito e gnaisse + Argissolos vermelho-amarelo eutrófico textura arenosa e média/argilosa cascalhenta fase pedregosa caatinga hipoxerófila relevo ondulado e forte ondulado + Afloramento de rocha.
RHe	Neossolos flúvios eutróficos textura indiscriminada fase floresta ciliar de carnaúba e caatinga hipoxerófila.

Continuação do Quadro 8.43

Símbolo	Unidades de mapeamento (associações de solos)
RQ1	Neossolos quartzarênicos fase vegetação de dunas e caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.
RQ2	Neossolos quartzarênicos fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado + Argissolo vermelho-amarelo distrófico textura arenosa/média fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.
G2	Gleissolos sálicos textura indiscriminada fase campo halófilo de várzea e floresta ciliar de carnaúba + Gleissolos tiomórficos textura indiscriminada fase formações halófilas relevo plano.

A organização espacial dessas classes de solos é vista na Figura 8.16 no mapa, conforme legenda, sob a forma de unidade simples e de associações constantes de dois e três componentes.

As formas diferenciadas de composição e interação dos elementos naturais da paisagem condicionam a existência de sistemas geoambientais distintos, porém interrelacionados. A configuração desses sistemas ambientais se dá a partir da compartimentação de seis unidades naturais básicas, apoiadas nas unidades morfológicas: Planícies fluviais; Tabuleiro pré-litorâneo; Depressão sertaneja e relevos residuais pré-litorâneos. Nesses compartimentos naturais os solos se formam produzidos por processos pedogenéticos de diferentes tipos e intensidades, característicos de cada uma das unidades geoambientais que integram as áreas.

## **8.5.5. Caracterização dos Recursos Hídricos**

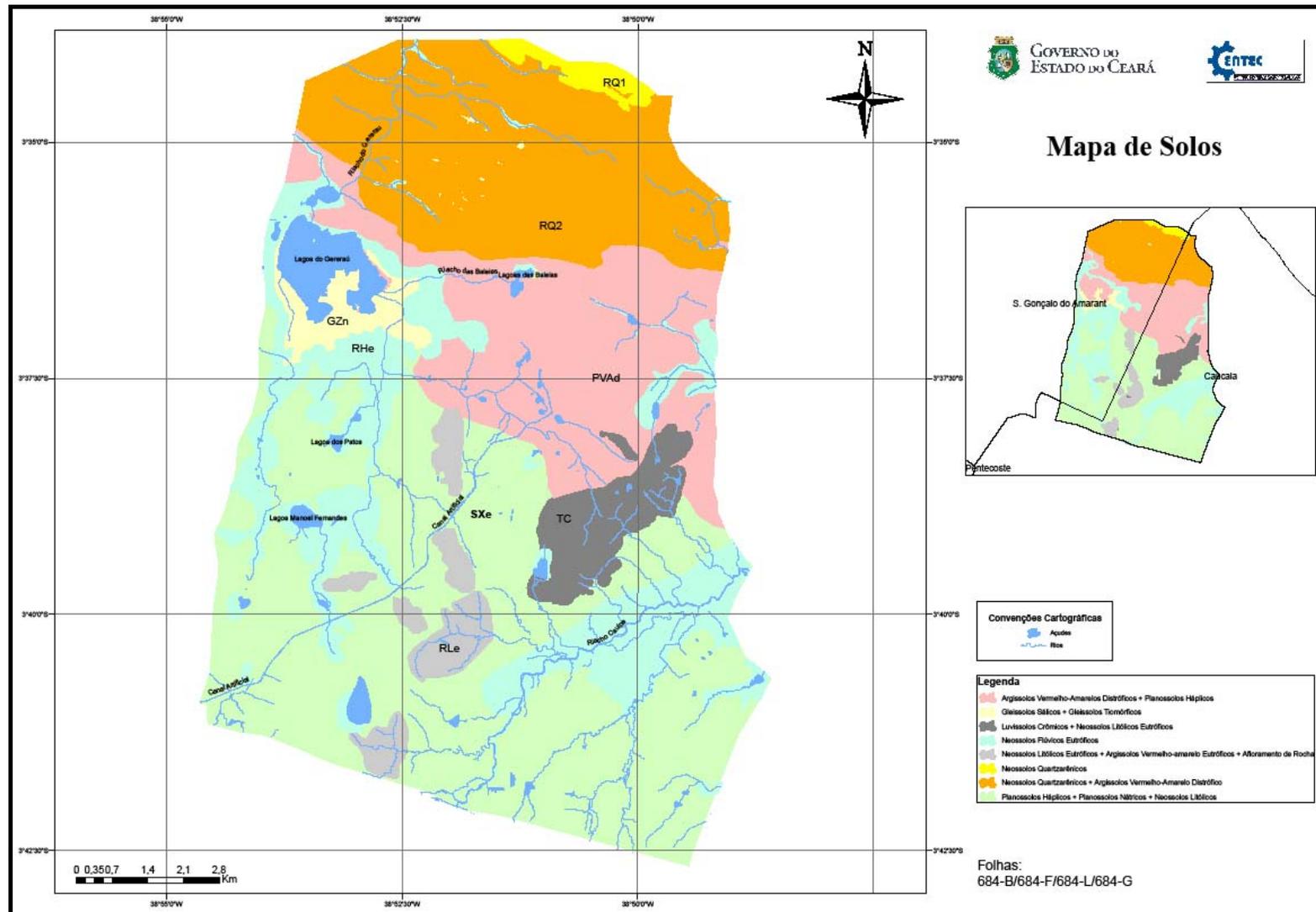
### **8.5.5.1. Hidrologia Superficial**

#### **8.5.5.1.1. Hidrologia Superficial da Área de Influência do Projeto**

Segundo Silva e Cavalcante (2000) apud Nogueira et al. (2004), a hidrografia do Ceará apresenta uma grande variação de escoamento fluvial, desde rios e afluentes permanentes a temporários.

Os autores mostram que *“As características hidrográficas do Estado do Ceará são condicionadas principalmente pelo regime de chuvas e pelas formações geológicas. No período chuvoso, os rios contêm um volume de água considerável. Entretanto, logo após o final das chuvas ocorre o esgotamento total das águas, principalmente nos cursos localizados sobre rochas cristalinas, dando a eles um caráter intermitente. Nas áreas onde dominam rochas sedimentares, os rios contêm água por um período um pouco mais prolongado, devido à capacidade de infiltração e armazenamento destas rochas, que proporcionam a alimentação dos canais fluviais através da água acumulada em seu subsolo”*.

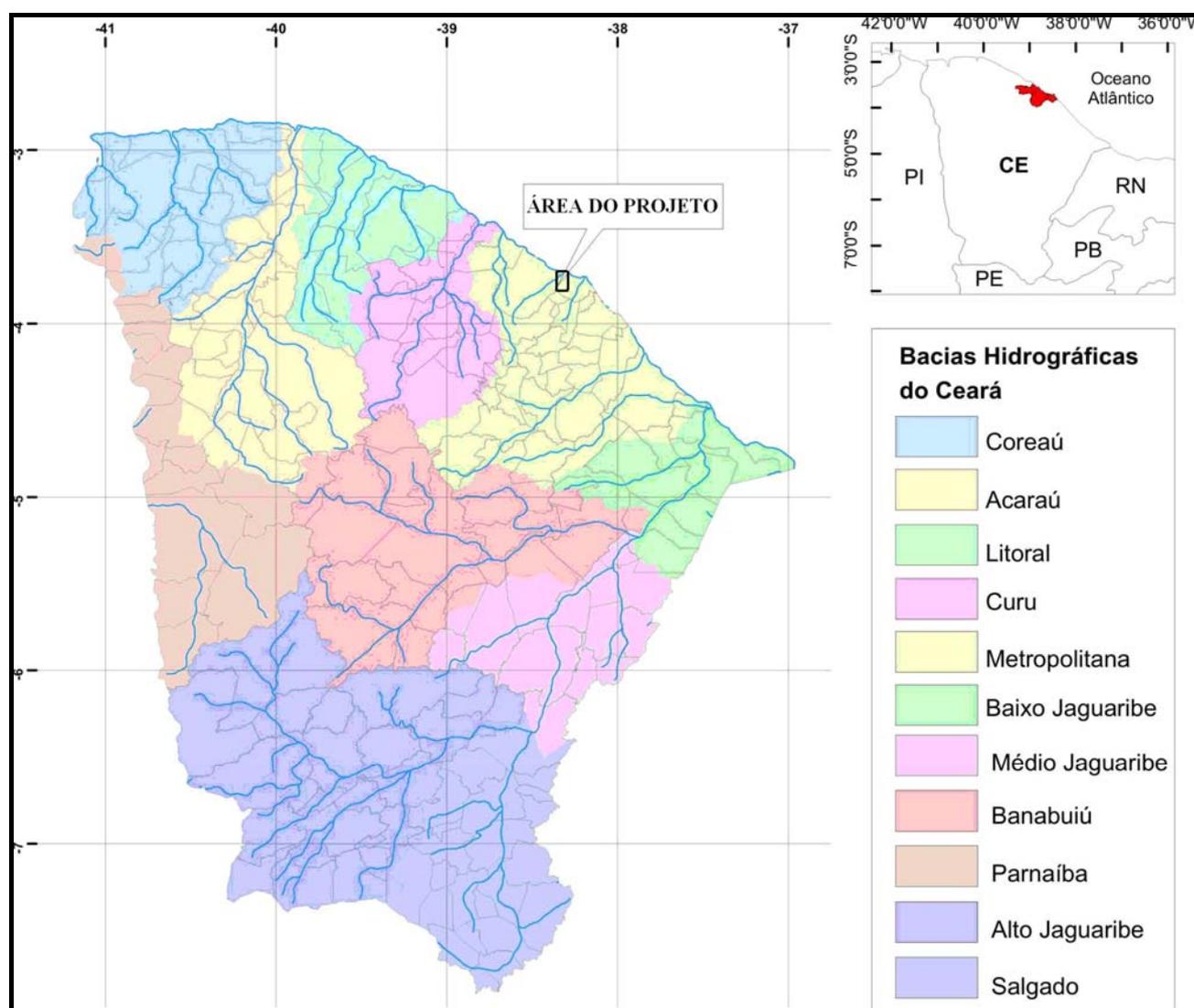
Figura 8.16 – Mapa de Solos



Observa-se, a partir dessa colocação, a relação direta entre a hidrologia superficial e a geologia da região, configurada na área de estudo pela predominância de litotipos cristalinos (ígneos e metamórficos) onde os rios são, predominantemente, congruentes ao sistema de fraturas e dependentes da taxa de precipitação pluviométrica que funciona como recarga direta das bacias hidrográficas.

Conforme IPLANCE (2000), as bacias hidrográficas do Ceará são as dos Rios Jaguaribe (Baixo, Médio e Alto Jaguaribe), Salgado, Banabuiú, Acaraú, Coreaú, Curu e Parnaíba, além das bacias do litoral e Bacias Metropolitanas (Figura 8.17).

**Figura 8.17 – Bacias hidrográficas do Estado do Ceará**



Fonte: ANA, 2008

A área do projeto está inserida nas Bacias Hidrográficas dos rios São Gonçalo e Cauípe, além do Sistema Hidrográfico do Gereraú, todos pertencentes às Bacias Metropolitanas que, no geral, agrupam um conjunto de 15 bacias independentes, sendo estas de oeste

para leste: São Gonçalo, Gereraú, Cauípe, Juá, Ceará, Maranguape, Cocó, Coacú, Pacoti, Catu, Caponga Funda, Malcozinhado, Choró, Uruaú, Pirangi.

A grande importância das Bacias Metropolitanas reside no fato de incluir toda a Região Metropolitana de Fortaleza, que concentra em torno de 1/3 da população do Estado (CEARÁ, 1992).

## Bacia Hidrográfica do Rio Cauípe

A Bacia do Rio Cauípe está localizada na área central do município de Caucaia, destacando-se pelo barramento natural, e parcial, feito pelo cordão de dunas a 3km da praia e que gera o Lagamar do Cauípe, área de proteção ambiental. A parte central da área estudada é drenada pelo rio Cauípe, tendo como principais afluentes os riachos dos Matões e Coité.

O rio Cauípe, drenagem principal desta bacia, nasce em um nível mais elevado do embasamento cristalino, nas proximidades do Serrote Salgadinho, sul da região, e drena terrenos cristalinos, da Formação Barreiras e da planície litorânea. Possui um padrão de drenagem do tipo dedrítico, com uma faixa aluvionar significativa na região, constituída por sedimentos areno-argilosos, de cor escura, com elevado teor de matéria orgânica.

Seus principais afluentes são os riachos Coité, Juá, Matões e Quebra-mar. O curso d'água deste rio é do tipo intermitente, podendo ficar seco nos últimos meses do ano. Para solucionar este problema foi necessária por parte do governo estadual a implantação de açudagem para garantir água para a população e, desta forma, em 1999 foi concluído o açude Cauípe com capacidade máxima de reservatório de  $11 \times 10^6 \text{ m}^3$  e vazão regularizada de  $0,154 \text{ m}^3/\text{s}$  (CEARÁ, 2002).

O lado sudeste do projeto, dentro da Bacia do Cauípe, é caracterizado pela presença de espelhos d'água, destacando-se as lagoas do Banana, do Tapacaú, do Damião e Tanupaba. Três riachos têm seus cursos d'água direcionados para a lagoa do Banana que, quando cheia, drena para o Lagamar do Cauípe através do riacho Pirapora (MARINHO e VASCONCELOS, 2004).

Os sistemas lacustres da Região Metropolitana de Fortaleza foram estudados no projeto "Serviços de campo para avaliação do potencial de águas subterrâneas e de lagoas das bacias hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza" para a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH (CEARÁ/VBA, 2000).

No âmbito dos municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia, foram realizadas análises físico-químicas para avaliação da qualidade da água, para abastecimento e para irrigação, de 08 lagoas, sendo elas: Lagoas dos Talos, Gereraú e das Bolsas, em São Gonçalo do Amarante, e lagoas dos Poços, Parnamirim, Itapacaú, Cauípe e Banana, em

Caucaia, e os principais parâmetros referentes à qualidade da água do Lagamar do Cauípe são expostos no Quadro 8.44, onde se observa uma normalidade iônica e que o STD reflete uma variação da concentração iônica, porém sem exceder limites de potabilidade.

**Quadro 8.44 – Parâmetros qualitativos da água do Lagamar do Cauípe – Bacia Hidrográfica do Cauípe, Ceará. Período de 1999 a 2005**

Parâmetros	Máximo	Mínimo	Médio	Desvio Padrão
pH (Laboratório)	7,5	6,9	7,5	0,4
Condutividade Elétrica (µS/cm)	1.107	170	322	262,6
Sódio (mg/L)	132	10,6	45,5	45,9
Magnésio (mg/L)	18,2	1,4	8,2	5,7
Cálcio (mg/L)	22,4	5,2	12,1	7,7
Cloretos (mg/L)	222	21,6	61,7	39,1
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	238	85	155,7	77,2

Fonte: COGERH

## Bacia Hidrográfica do Rio São Gonçalo

A Bacia Hidrográfica de São Gonçalo do Amarante corresponde a porção oeste da Área de Influência do estudo ambiental, e tem como principal curso d'água o Rio São Gonçalo. Dentre seus tributários, destacam-se: na margem direita: açude Lajero; açude Amanari; riacho Amanari; riacho Santa Luzia; lagoa dos Talos; riacho Catuana/rio Anil; rio Siupé; lagoa dos Talos; córrego do Carrapicho. Na margem esquerda: riacho dos Grossos; açude Landua; riacho do Cedro; riacho do Tigre; córrego do Curú; riacho Pau d'álho; córrego Santa Rosa.

O rio São Gonçalo representa uma expressiva fonte superficial de abastecimento de água da área estudada. Sua nascente tem origem em terrenos de rochas cristalinas, exibindo um padrão de drenagem do tipo ramificada, por vezes dendrítica, sendo regido por uma estruturação geológica de direções preferencialmente situadas nos quadrantes NE e SW. A drenagem principal do rio São Gonçalo se apresenta perene durante todo ano, não acontecendo o mesmo com a maioria de seus tributários, que em períodos de estiagem chegam a secar, assumindo características de intermitentes (MARINHO et al., 2006).

Na região litorânea, nos ambientes de terrenos sedimentares, o escoamento superficial da drenagem principal exibe um padrão nítido de meandros, com direção principal SW-NE e S-N, e seus tributários comumente estreitos, adquirem direções SE-NW. Outra feição hídrica comum, principalmente na planície litorânea, corresponde às lagoas interdunares de pequenas dimensões, destacam as lagoas do Coração, dos Talos, das Cobras e dos Queimados, e sendo cortado pelos rios Curu, São Gonçalo e Anil.

O contínuo processo de degradação das áreas marginais dos cursos d'água (rios Curu, São Gonçalo e Anil) através da erradicação de suas matas ciliares e do desenvolvimento de atividades não compatíveis com a preservação dos recursos hídricos requer o estabelecimento de medidas disciplinadoras do uso do solo nestas áreas, o mesmo sendo observado nos reservatórios d'água, alguns já apresentando níveis de poluição elevados, como a Lagoa Prejubaca, localizada na entrada da sede municipal.

➤ Açude Sítios Novos

Quanto ao nível de lagoas e de açudagem, conforme dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos (CEARÁ/SRH, 1992) os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante são caracterizados pelos números constantes no Quadro 8.45. Dentre todos os açudes existentes nas áreas de influência do CIP, o de Sítios Novos, construído em 1999, portanto ainda ausente do Quadro 8.45, merece destaque em função da capacidade de seu reservatório que aumentou consideravelmente a capacidade hídrica estocada artificialmente e da função significativa que possui em relação ao Porto de Pecém.

**Quadro 8.45 – Lagoas e açudes em Caucaia e São Gonçalo cadastrados pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos (1992) – Bacias Hidrográficas Metropolitanas – Ceará**

Município	Lagoas	Volume Armazenado (1000 m <sup>3</sup> )	Números de Açudes	Volume Armazenado (1000 m <sup>3</sup> )
Caucaia	44	13812	51	37131
São Gonçalo	68	21480	21	10261

Fonte: CEARÁ/SRH (1992).

O açude Sítios Novos localiza-se nas proximidades do distrito homônimo, município de Caucaia, a uma distância de aproximadamente 53km da cidade de Fortaleza. Possui uma capacidade máxima de reservatório de 123,2 hm<sup>3</sup>, sendo atualmente o açude que tem, dentre as funções tradicionais – abastecimento humano e agrícola, a função de atender a demanda hídrica gerada pelo Complexo Industrial e do Porto de Pecém. A seguir são apresentadas as características técnicas do açude Sítios Novos.

- Fluviometria a Nível Mensal
  - Coeficiente de Escoamento: ..... 23,6%
  - Lâmina Escoada Média: .....260,1 mm
  - Coeficiente de Variação: ..... 1,15
- Características da série de vazões geradas a partir dos parâmetros do MODHAC
  - Coeficiente de Escoamento: ..... 21%
  - Lâmina Escoada Média: .....201,8 mm
  - Coeficiente de Variação: ..... 1,13
- Coeficiente de Deflúvio: ..... 16%
- Cheia Associada ao Hietograma de 1.000 anos: .....2.070,27 m<sup>3</sup>/s

- Cheia Associada ao Hietograma de 10.000 anos: .....4.217,24 m<sup>3</sup>/s
- Bacia Hidrográfica: .....446 km<sup>2</sup>
- Vazão Regularizada com 90% de garantia, para cota 45m: .....1,09 m<sup>3</sup>/s

### Barragem

- Tipo: ..... Barragem zoneada de terra
- Cota do Coroamento: .....49,20 m
- Altura Máxima: .....21,50 m
- Largura da Crista: .....7,80 m
- Comprimento da Crista: .....1.818 m
- Bacia Hidráulica: .....20,1 km<sup>2</sup>
- Volume do Reservatório (cota 45 m): ..... 123,2 x 106 m<sup>3</sup>
- Talude de Montante: ..... 1,0:3,0 (V:H)
- Talude de Jusante: ..... 1,0:2,5 (V:H)

### Vertedouro

- Tipo: ..... Canal escavado em rocha, seção retangular, plano
- Cota da Soleira: .....45 m
- Lâmina Máxima de Sangria: .....2,11 m
- Cota Máxima Vertente: .....47,11 m
- Largura do Vertedouro: .....100m

### Tomada D'água

- Tipo: ..... Galeria com tubulação de 1.000 mm
- Cota do Eixo da tabulação: .....31 m
- Cota do Porão: .....36,68 m
- Volume do Porão: .....14,45 x 106 m<sup>3</sup>
- Comando de Montante: .....grade e comporta instalada e acionada em uma torre
- Comando de Jusante: ..... válvula dispersora de 800 mm

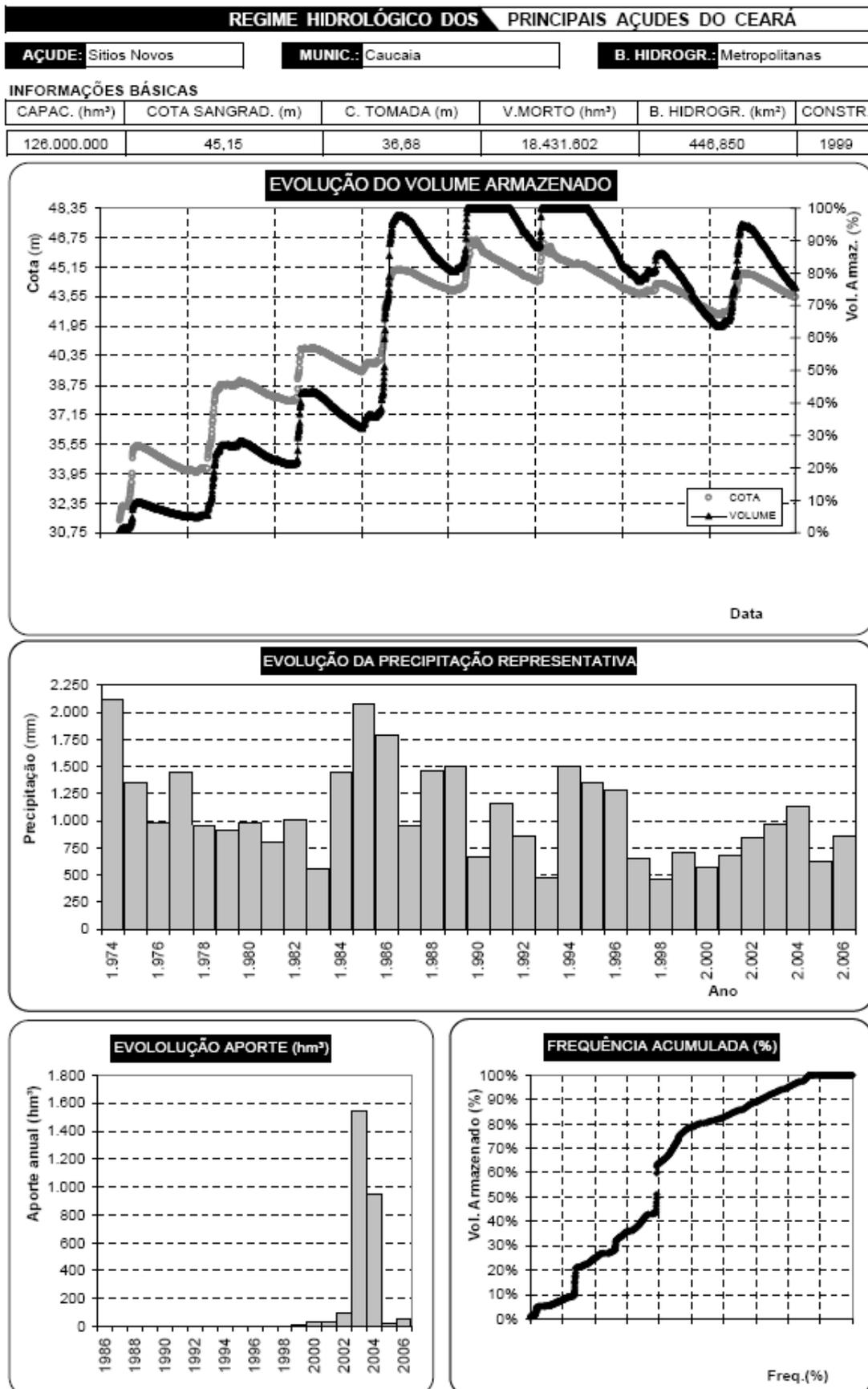
### Barragem Auxiliar

- Tipo: ..... Barragem homogênea de terra
- Cota do Coroamento: .....49,2 m
- Altura Máxima: .....3,01 m
- Comprimento da Crista: .....106 m
- Talude de Montante: ..... 1,0:2,0 (V:H)
- Talude de Jusante: ..... 1,0:2,0 (V:H)

Na Figura 8.18 são apresentadas as características gerais do açude Sítios Novos, tais como data da construção, bacia hidrográfica, volume de reservatório, cota de sangria, dentre outras. O gráfico de curvas de volume armazenado versus cota mostra que a capacidade de armazenamento de 100% ocorre na cota de 48,35m. O volume do reservatório de 123,2 x 106 m<sup>3</sup> ocorre para a cota de 45m.



Figura 8.18 - Dados Gerais sobre o Açude Sítios Novos – Caucaia, Ceará



Fonte: COGERH, 2008.

Os dados de precipitação (Quadro 8.5) dentro da bacia hidrográfica onde está localizado o açude Sítios Novos no período de 1974 a 2008, mostram que predominantemente a média anual oscila entre 1.400 a 1.700mm, atingindo o máximo da ordem de 2.200mm nos anos de 1974 e 1985.

De acordo com dados da COGERH (2000), a heterogeneidade temporal do regime pluviométrico é uma característica regional, com precipitação concentrada no primeiro semestre do ano e com uma acentuada variação interanual. O trimestre mais chuvoso é o de fevereiro a abril, ou março a maio, correspondendo de 65 a 70% da precipitação anual. No primeiro semestre este percentual supera os 90%. As Figuras 8.18 e 8.19 apresentam o regime hidrológico na bacia do açude e os dados de intervalos de classes para o açude Sítios Novos, respectivamente.

### Micro-Bacia Hidrográfica Gereraú

A Micro-Bacia Hidrográfica do Sistema Gereraú compreende terras da Área Potencialmente Afetada e do seu entorno próximo.

Esta micro-bacia representa uma pequena bacia litorânea, compreendida entre as bacias do rio Cauípe e do rio São Gonçalo. A partir de suas áreas de montante, no serrote Olho D'água, até a foz, as drenagens desta micro-bacia hidrográfica drenam aproximadamente 140 km<sup>2</sup>, onde se destacam os corpos d'água lagoas do Pecém, Eganambi, do Bolso, do Tucum, Acende Candeia, Patos, Manuel Fernandes e Andréia, além de diversas outras de menores dimensões. Alguns trabalhos mais regionais colocam esses espelhos d'água e a própria micro-bacia do Guaribas como pertencente inteiramente ao Sistema Gereraú ou, ainda, a Bacia do São Gonçalo.

O riacho das Guaribas é um pequeno curso d'água que tem como padrão de drenagem o modo perene e pouco mais de 1,5 metros como dimensão de seu curso, a exceção da foz, quando se alarga. Os demais riachos na bacia assumem formas variadas em função do substrato rochoso e os cursos assumem padrões de drenagem dentríticos, quando próximos das rochas cristalinas e, a partir do domínio maior das areias quartzosas, assumem padrão paralelo ou subparalelo, como forma de drenagem.

Relacionado ao Sistema do Gereraú, observa-se a existência de drenagens localizadas, não perenes, e que interligam o Gereraú a pequenas lagoas no âmbito da Bacia Hidrográfica do São Gonçalo. Tais riachos possuem suas águas captadas e utilizadas para pequenas plantações de coqueiros, capim para forragem de gado, e cana-de-açúcar. As lagoas são utilizadas predominantemente como áreas de lazer pelas comunidades vizinhas, salvo raras exceções, como no caso da Lagoa do Banana que possui condições turísticas, permitindo o fluxo nos restaurantes e balneários circunvizinhos.

**Figura 8.19 – Regime Hidrológico na Bacia do Açude Sítios Novos – Caucaia, Ceará**

**REGIME HIDROLÓGICO DOS PRINCIPAIS AÇUDES DO CEARÁ**

**AÇUDE:** Sítios Novos      **MUNICÍPIO:** Caucaia      **B. HIDROGR.:** Metropolitanas

**BALANÇO HÍDRICO**

ANO	1/JAN			VOLUME (hm³)				VARIÇÃO	
	COTA	(hm³)	(%)	APORTE	EVAPOR.	DEMANDA	INCERTEZA	COTA	VOLUME
1986									
1987									
1988									
1989									
1990									
1991									
1992									
1993									
1994									
1995									
1996									
1997									
1998									
1999									
2000	34,13	6,510	5,17%	35,360	19,992	2,893	13,345	3,97	21,816
2001	38,10	28,326	22,48%	32,910	28,065	4,072	15,161	1,40	12,709
2002	39,50	41,035	32,57%	92,680	47,504	5,208	30,539	4,46	61,948
2003	43,96	102,983	81,73%	1,545,830	55,852	9,481	49,892	0,48	9,293
2004	44,44	112,276	89,11%	944,540	55,654	1,936	34,066	-0,39	-7,628
2005	44,05	104,648	83,05%	22,330	48,251	10,471	23,372	-1,22	-20,749
2006	42,83	83,899	66,59%	53,690	49,263	5,627	22,716	0,68	11,358
2007	43,51	95,257	75,60%						
<b>MÍN.</b>	34,13	7	5,17%	22,330	19,992	1,936	13,345	-1,22	-20,749
<b>MÉDIA</b>	41,31	72	57,04%	369,620	43,511	5,670	27,016	1,34	12,678
<b>MED.</b>	43,17	90	71,09%	53,690	48,251	5,208	23,372	0,68	11,358
<b>MAX.</b>	44,44	112	89,11%	1,545,830	55,852	10,471	49,892	4,46	61,948
<b>AMPL.</b>	10,31	106	83,94%	1,523,500	35,860	8,535	36,547	5,68	82,697
<b>C.V.</b>	0,090	0,564	0,564	1,566	0,320	0,752	0,465	1,594	2,050

EVAPOR.: totalização da evaporação calculada diariamente. DEMANDA: demanda calculada a partir da redução diária de cota. INCERTEZA: diferença entre a variação anual de volume e os valores estimados de evaporação, demanda e aporte (excluindo a sangria). Decorrente dos erros da evaporação estimada mensal e da vazão demandada na bacia hidráulica do açude.

**OUTROS DADOS**

ANO	No DADOS	T.RESID. (MÊS)	SANG.		V. M. N	> ACR. (cm/dia)	PROF. (m)	COTA (m)	A. IN. (ha)	V. ARMAZENADO MÉDIO		V. EVAPOR. (m³)
			N	N						(m³)	(%)	
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998												
1999	225	127,81	0	x	192		1,15	33,91	544,40	6.849.813	5,44%	7.596.742
2000	320	42,76	0		0	52,0	1,79	37,34	1303,40	25.033.966	19,87%	19.991.610
2001	308	45,94	0		0	56,0	2,23	39,62	1904,90	43.038.973	34,16%	28.064.748
2002	313	16,31	0		0	77,0	2,90	43,25	3171,10	94.705.535	75,16%	47.504.036
2003	220	0,98	x	182	0	34,0	3,08	45,12	3870,10	119.142.678	94,56%	55.851.660
2004	339	1,60	x	200	0	47,0	3,13	45,14	3873,00	121.215.974	96,20%	55.853.716
2005	332	67,71	0		0	18,0	2,97	43,74	3334,90	99.253.576	78,77%	48.250.692
2006	365	28,16	0		0	24,0	2,99	43,82	3364,00	101.136.882	80,27%	49.262.908
<b>MINIMO</b>		0,98				18,00	1,15	33,91	544,40	6.849.813	5,44%	7.596.742
<b>MÉDIA</b>		41,41					2,53	41,49	2670,73	76.297.174	60,55%	39.022.014
<b>MEDIANA</b>		35,46					2,94	43,50	3253,00	96.979.555	76,97%	47.877.364
<b>MÁXIMO</b>		127,81				77,00	3,13	45,14	3873,00	121.215.974	96,20%	55.851.660
<b>AMPLITUDE</b>		126,83				59,00	1,98	11,23	3328,60	114.366.161	90,77%	48.254.919
<b>C.V.</b>		1,01					0,29	0,10	0,47	0,58	0,58	0,46

N: número de dias; x: ocorrência de sangria ou volume morto; >ACR.: maior acréscimo de cota durante 2 dias consecutivos  
 PROF.: média da profundidade média diária. COTA/A.INUND.: média das cotas e das áreas inundada diárias

Fonte: COGERH, 2008.

Figura 8.20 – Dados de intervalos de classes para o açude Sítios Novos – Caucaia

REGIME HIDROLÓGICO DOS PRINCIPAIS AÇUDES DO CEARÁ																			
<b>AÇUDE:</b> Sítios Novos			<b>MUNIC.:</b> Caucaia			<b>B. HIDROGR.:</b> Metropolitanas													
<b>INTERVALO DAS CLASSES</b>																			
<b>CLASSE DE CHUVA (mm)</b>					<b>CLASSE DE APORTE (hm³)</b>														
CLASSE		INF.	SUP.		CLASSE		INF.	SUP.											
MUITO SECO (MS)		< -2,0			M. POUCO CAUDALOSO (MP)		< 22,859												
SECO (S)		-2,0	-2,0		POUCO CAUDALOSO (PC)		22,859	34,013											
NORMAL (N)		-2,0	-2,0		NORMAL (N)		34,013	75,135											
CHUVOSO (C)		-2,0	-2,0		CAUDALOSO (C)		75,135	901,947											
MUITO CHUVOSO (MC)		> -2,0			MUITO CAUDALOSO (MC)		> 901,9												
<b>ESTUDO DE FREQUÊNCIA</b>																			
<b>INICIO DO APORTE</b>			<b>INICIO FIRME APORTE</b>			<b>TÉRMINO DO APORTE</b>			<b>NÚMERO DE DIAS</b>										
PERÍODO		FR.	PERÍODO		FR.	PERÍODO		FR.	INF.	SUP.	FR.								
30/12	15/01	4	07/01	30/01	3	09/06	30/06	3	39	73	3								
15/01	31/01	2	30/01	22/02	2	30/06	21/07	0	73	107	2								
31/01	16/02	0	22/02	17/03	1	21/07	11/08	1	107	141	0								
16/02	04/03	1	17/03	09/04	0	11/08	01/09	2	141	175	0								
04/03	20/03	1	09/04	02/05	1	01/09	22/09	2	175	209	2								
<b>INICIO SANGRIA</b>			<b>TÉRMINO SANGRIA</b>			<b>NÚMERO DE DIAS SANGRANDO</b>													
PERÍODO		FR.	PERÍODO		FR.	INF.	SUP.	FR.											
28/01	09/02	1	14/10	22/10	1	242	246	1											
09/02	21/02	0	22/10	30/10	0	246	250	0											
21/02	05/03	0	30/10	07/11	0	250	254	0											
05/03	17/03	0	07/11	15/11	0	254	258	0											
17/03	29/03	1	15/11	23/11	1	258	262	1											
<b>INICIO DO APORTE x CL. APORTE</b>					<b>INICIO FIRME x CL. APORTE</b>					<b>CL. APORTE X CL. CHUVA</b>									
PERÍODO		MP	PC	N	C	MC	PERÍODO		MP	PC	N	C	MC	CL. CHUVA					
30/12		15/01	1	1	1	1	0	07/01	30/01	0	0	0	1	2	MS	S	N	C	MC
15/01		31/01	0	0	0	0	2	30/01	22/02	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0
31/01		16/02	0	0	0	0	0	22/02	17/03	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
16/02		04/03	0	0	1	0	0	17/03	09/04	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
04/03		20/03	1	0	0	0	0	09/04	02/05	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<b>POSTOS PLUVIOMÉTRICOS</b>																			
POSTO PLUV.		N	R²		POSTO PLUV.		N	R²		POSTO PLUV.		N	R²						
Providencia		3	0,937		Lagoa Do Juvenal		6	0,710		Comunidade Lemos		3	0,469						
Itapebussu		9	0,805		Comunidade Lemos		3	0,574		Maranguape		33	0,445						
Bom Principio		6	0,784		Comunidade Lemos		3	0,574		Pentecoste		33	0,444						
Lagoa Da Serra		3	0,773		Sítios Novos		6	0,486		Tanques		6	0,397						

Fonte: COGERH, 2008.

## Lagoas

No geral as lagoas existentes na área de influência do projeto são pequenas e desprovidas de estudos hidrológicos maiores. Em estudo de simulação hidrológica das lagoas Acende Candeia, das Bolsas, do Tucum e Eguanambi, associadas ao lagamar do Gereraú, observou-se uma vazão regularizável com garantia de 99% da ordem de 10 L/s (VBA, 2001b).

Para a lagoa do Pecém, importante devido a proximidade com a Vila do Pecém, os trabalhos desenvolvidos pelo Convênio SEMACE-IEPRO (2006) calcularam sua área superficial em 56.367 m<sup>2</sup>. A largura máxima é de 180m, média de 142m, e comprimento de 370m, com profundidade média de 1,6m, e máxima de 3,6m. O volume aproximado da água da lagoa foi de 84.550 m<sup>3</sup>.

No projeto “Serviços de campo para avaliação do potencial de águas subterrâneas e de lagoas das bacias hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza” (CEARÁ/VBA, 2000) foram coletadas e analisadas 08 amostras de águas das lagoas (Quadro 8.46).

**Quadro 8.46 – Pontos de Coleta de Água Superficial para Análises Química**

Manancial	Município	Nº de Amostras	
		1ª campanha	2ª campanha
Lagoa dos Talos	São Gonçalo do Amarante	2	3
Lagoa do Gereraú	São Gonçalo do Amarante	1	-
Lagoa das Bolsas	São Gonçalo do Amarante	1	-
Lagos dos Poços	Caucaia	1	-
Lagoa Parnamirim	Caucaia	1	-
Lagoa do Itapacaú	Caucaia	1	-
Lagoa do Cauípe	Caucaia	1	-
Lagoa do Banana	Caucaia	2	-

Fonte: CEARÁ/VBA, 2000.

As águas das lagoas dos Talos e do Cauípe apresentam elevadas concentrações de cloretos, acusando a intrusão de água do mar e, portanto, apresentam problemas com a salinidade das águas. As lagoas do Gereraú, das Bolsas, dos Poços, Parnamirim, do Itapacaú e Lagoa do Banana apresentam, dentro dos parâmetros analisados, condições adequadas para abastecimento humano necessitando, contudo, da determinação das concentrações de DBO, OD e principalmente, coliformes, para uma melhor caracterização e classificação de suas águas em conformidade com as normas existentes (CEARÁ/VBA, 2000).

Dentre estas, convém destacar a Lagoa do Pecém, que possui contribuição no abastecimento da Vila do Pecém/Pecém em épocas que o volume hídrico armazenado permitia, sendo explorada pela CAGECE.

Na área potencialmente afetada, ou seja a área do CIP, destacam-se dentre os recursos hídricos superficiais o rio Cauipe, os riachos Portirí, Gregório, Matões, das Baleias, as lagoas do Gereraú, Manuel Fernandes, do Bolso, dos Patos, e o açude da fazenda Olho D'água.

#### 8.5.5.1.2. Disponibilidade Hídrica Superficial e Usos das Águas

A partir do desenvolvimento do Plano Estadual dos Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992), o governo cearense através da Secretaria dos Recursos Hídricos vem implantando uma política de recursos hídricos que demonstra a seriedade no setor, gerando benefícios de ordem econômica e qualidade de vida. No atendimento a Região Metropolitana de Fortaleza vem implementando uma política de manejo integrado das águas e desenvolvendo a técnica de integração de bacias, a começar pela construção do açude Castanhão (2003) com capacidade máxima de reservatório de 6,7 bilhões de m<sup>3</sup>.

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SDU), é o principal órgão responsável pelas ações de saneamento básico em termos de abastecimento d'água no território das Bacias Metropolitanas, atendendo os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante.

Na análise das disponibilidades hídricas na área, é mister que se leve em consideração um conjunto de fatores que integram a necessidade, a hidro-climatologia e a viabilidade política, dentro dos quais estão enquadrados os recursos hídricos oriundos do Sistema Pacoti-Riachão-Gavião, que já atende parcialmente a Grande Fortaleza, reforçado pelo Sistema do Rio Jaguaribe, através do Canal da Integração, e as disponibilidades existentes na região representadas pelos açudes Sítios Novos e Cauípe, já construídos, e os açudes Anil e Ceará, ainda em projeto de construção.

Os recursos hídricos disponíveis para o Complexo Industrial Portuário do Pecém consistem atualmente no açude Sítios Novos, que possui capacidade de acumulação de 138 milhões de m<sup>3</sup> e, segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992), estes reservatórios regularizam uma vazão de 1,38 m<sup>3</sup>/s, com 90% de garantia (Q90+ considerando cotas de alerta) (COGERH/SRH, 2008).

O açude Sítios Novos, localizado na Bacia do Rio São Gonçalo, tem capacidade máxima de acumulação de 123,2 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, sendo interligado ao Complexo Industrial do Pecém – CIPP através de um canal denominado “Canal Sítios Novos-Pecém”, construído em 2001 nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, com 23,5 km de extensão e

capacidade de transporte de vazão de 2,0 m<sup>3</sup>/s. Sua finalidade, além da piscicultura, consiste no abastecimento de água para o consumo humano e industrial do CIPP, turismo e lazer, beneficiando uma população de aproximadamente 4.000 pessoas do distrito de Sítios Novos, Caucaia.

O sistema hídrico previsto para suprir a demanda d'água da região oeste, incluindo o Complexo Industrial - Portuário do Pecém foi projetado para ser implantado em três etapas: a primeira etapa correspondia ao sistema básico Canal Sítios Novos - Pecém; a segunda, a implantação do Canal Principal de Integração, que deveria iniciar no Canal Sítios Novos - Pecém e ir até a derivação para a adutora de água bruta que para abastecer parcialmente o sistema adutor das praias oeste, através de reservas subterrâneas, e; a terceira etapa, que constará da implantação das obras de interligação entre os sistemas de suprimento d'água do Complexo Industrial/Portuário do Pecém (CIPP), da região litorânea alvo do PRODETUR, da Região Metropolitana de Fortaleza (açudes Pacoti/Riachão/Gavião) e das vazões a serem liberadas pelo açude Castanhão, através do Eixo Sertão Central/Metropolitanas, do Programa PROGERIRH (CEARÁ/VBA, 2001).

Além desses dos reservatórios já construídos, está planejada a construção dos açudes Anil e Ceará. O anil localiza-se no rio homônimo, afluente do rio São Gonçalo, drenando uma bacia hidrográfica de 122,3 km<sup>2</sup> e terá capacidade de acumulação de 15 milhões de m<sup>3</sup>, que deverá também ser interligado ao canal Sítios Novos-Pecém. O açude Ceará, barrado no rio homônimo, encontra-se ainda em fase de estudos.

O Quadro 8.47 apresenta as principais características desses açudes que representam a potencial capacidade de acumulação da região.

**Quadro 8.47 – Volumes Máximos e vazões Regularizadas dos Reservatórios**

Açudes	Volumes Máximos	Vazão com Garantia de 95% (m <sup>3</sup> /s)	Vazão com Garantia de 99% (m <sup>3</sup> /s)
Anil	15,00	0,195	0,185
Ceará	-	0,265	-
Cauípe	12,19	0,182	0,169
Sítios Novos	123,20	1,028	0,937
Total	150,39	1,670	1,291

Finalmente, aguarda-se a conclusão do Canal da Integração – Eixão das Águas, que se constitui de um complexo de estação de bombeamento, canais, sifões, adutoras e túneis, que realizam a transposição das águas do Açude Castanhão (6,7 bilhões de m<sup>3</sup>) para reforçar o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza, assim como do Complexo

Portuário e Industrial do Pecém, fazendo a integração das bacias hidrográficas do Jaguaribe e Região Metropolitana.

A obra deverá derivar uma vazão máxima de 22 m<sup>3</sup>/s ao longo de aproximadamente 200 km. garante o abastecimento humano e industrial de água da RMF por, pelo menos, 30 anos, e irá beneficiar e potencializar o desenvolvimento de todos os municípios e comunidades ao longo de seu trajeto (COGERH/SRH, 2008).

#### 8.5.5.1.3. Demandas Hídricas Atuais e Futuras

Segundo a COGERH (2008), as demandas hídricas associadas ao Complexo Industrial Portuário do Pecém requeridas pelas indústrias implantadas, as outorgas concedidas para as indústrias a serem implantadas e outorgas diversas vigentes podem ser visualizadas nos Quadros 8.48 e 8.49. Os dados demonstram que existe uma vazão regularizada de 1.380 L/s a partir dos açudes Sítios Novos e Cauípe e uma vazão outorgada de 1.074,89 L/s, resultando em uma oferta hídrica disponível atualmente de 305,1 L/s (COGERH, 2008)

#### 8.5.5.2. Hidrogeologia

A avaliação hidrogeológica de uma área se constitui em um requisito básico para o conhecimento das características hidrodinâmicas e dos parâmetros físicos de uma unidade geológica em termos de capacidade para acumular e liberar água subterrânea.

Sabendo que as águas subterrâneas constituem 97% da água doce líquida existente na Terra, é mister que qualquer estudo relacionado com o meio físico natural conheça das condições hidrogeológicas locais, a fim de poder planejar o uso da água e a ocupação do solo sob a ótica de um desenvolvimento sustentável.

A Região Metropolitana de Fortaleza possui estudos que fornecem dados e informações sobre os sistemas hidrogeológicos, predominantemente de caráter quantitativo, a exemplo de Bianchi et al. (1984), Cavalcante (1998) e Ceará (2005). A linha predominante de enfoque desses estudos regionais versa sobre gestão dos recursos hídricos subterrâneos, às vezes integrando-os com os recursos hídricos superficiais, possibilitando o conhecimento mais amplo dessas águas.

##### 8.5.5.2.1. Domínios Hidrogeológicos da Área de Influência do Projeto

Da análise dos dados e informações coletadas no decorrer do projeto, além do conhecimento hidrogeológico de campo, podem-se distinguir nas áreas de influência, compreendendo três bacias hidrográficas (Rio São Gonçalo, do Rio Cauípe e do Sistema Gereraú), quatro (4) domínios hidrogeológicos principais: Meio Cristalino (composto por granitóides diversos e rochas metamórficas representadas pelas Unidades Independência e Canindé), Sistema Barreiras (composto por unidades clásticas variadas, com predomínio de lentes silto-argilo-arenosas), Dunas/Paleodunas (predominantemente composto por sedimentos silto-arenosos) e Aluviões (sedimentos clásticos variáveis).

Quadro 8.48 – Uso das Águas Superficiais do Açude Sítios Novos (Canal + Açude)

Outorgas Vigentes e Isentos no Sistema Sítios Novos(Canal + Açude) - USO CONSUNTIVO								
Nome do Requerente	Processo	USO	Vz Out(L/s)	Vol Out(M3/ano)	Vz cont(L/s)	Nome Manancial	Data Inicial	Data Final
<b>ISENTOS DE OUTORGA</b>					<b>0.4</b>	CANAL/AÇ. SÍTIOS NOVOS		
COGERH	00245674-5	Abastec Hum	17,33	546.624.0	17.33	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	10/10/2000	01/10/2010
ASSOCIAÇÃO COMUNITARIA DE SÍTIOS NOVOS	03272736-4	Abastec Hum	0,13	4.124.5	0.13	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	23/10/2003	23/10/2013
FRANCISCO DEUZINHO DE OLIVEIRA	03272790-9	Abastec Hum	2,28	12.000.0	0.38	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	22/09/2003	22/09/2013
JOSÉ ERISON RABELO	05380591-7	Abastec Hum	2,63	13.797.0	0.44	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	08/02/2006	08/02/2016
ANDRE HIBERNAN MARTINS	03283305-9	Abastec Hum	0,02	365.0	0.01	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	24/09/2003	24/09/2013
TEODORO RODRIGUES DA COSTA	06442626-2	Abastec Hum	0,01	219.0	0.01	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	22/05/2007	22/05/2011
JOSE CLEOSON BARBOSA DE FREITAS	06442625-4	Abastec Hum	0,04	547.0	0.02	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	22/05/2007	22/05/2011
FLAVIO JESUS MAGALHAES DA SILVA	03272782-8	Industrial	0,41	12.775.0	0.41	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	10/09/2003	10/09/2013
JOSÉ DOS SANTOS MARTINS	05280126-8	Industrial	0,97	1.825.0	0.06	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	03/11/2005	03/11/2015
ASSOCIAÇÃO COMUNITARIA DE SÍTIOS NOVOS	05380543-7	Irrigação	9,93	76994,68	2.44	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	14/12/2005	14/12/2009
INST. SOCIO COMUNIT. DA AGROV. SÍTIOS NOVOS	05380592-5	Irrigação	12,46	51969,69	1.65	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	08/02/2006	08/02/2010
FAZENDA AZUL LTDA	06183023-2	Des.Animal	7,24	143516,00	4.55	AÇUDE SÍTIOS NOVOS	11/09/2006	11/09/2010
ALFREDO FLOR FERREIRA	06442999-7	Irrigação	3,77	16255,06	0.52	AÇUDE SÍTIOS NOVOS	23/01/2007	23/01/2011
VICTOR DANIEL ANTUNES SERPA	07059928-9	Irrigação	3,42	10150,60	0.32	AÇUDE SÍTIOS NOVOS	17/05/2007	17/05/2011
CGTF/COELCE *	01287045-5	Industrial	150,00	4.730.400.0	150.00	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	01/01/2002	01/01/2012
MPX TERMOCEARA LTDA *	01287136-2	Industrial	89,00	2.578.944.0	81.78	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	01/12/2001	01/12/2011
MPX MINERAÇÃO E ENERGIA LTDA *	06467967-5	Industrial	500,00	15.768.000.0	500.00	AÇUDE SÍTIOS NOVOS	15/05/2007	15/05/2017
USINA SIDERURGICA DO CEARA *	05473319-7	Industrial	125,25	3.950.000.0	125.25	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	30/03/2006	30/03/2025
VOTORANTIM CIMENTOS N/NE AS *	07446881-2	Industrial	3.00	82.855.0	2.63	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	15/2/2008	15/2/2012
CGTF/COELCE *	07478210-0	Industrial	155.00	4.888.080.0	155.00	CANAL DOS SÍTIOS NOVOS	30/1/2008	30/1/2012
<b>Somatório da Vazão Contínua(l/s)</b>					<b>1043.32</b>			

Fonte: COGERH, 2008

Quadro 8.49 – Uso das Águas Superficiais do Açude Sítios Novos (Açude + Canal)

Balço Hídrico				
Q. Regularizada (l/s) com 90%	1.100.00			
Assim distribuído		Demanda(l/s)		Disponível(l/s)
<b>Complexo Portuário Pecém-Q(l/s) *</b>	<b>990.00</b>	1014.66		(24.66) NEGATIVO
<b>Usos Especiais-Q(l/s) + isentos</b>	<b>110.00</b>	28.66		81.34
<b>Saldo total</b>				<b>56.68</b>

Obs: Encontra-se pendente na SRH, o processo 06378143-3, referente a Captação da CAGECE que atende São Gonçalo, Vz contínua - 18,85 l/s

Obs.: Encontra-se protocolado o processo 08005265-7, referente a MPX - Energia S/A, o qual será atendido pelo eixo da integração, no trecho 5 demanda- Vz contínua = 300 L/s

A distribuição da vazão regularizada é regida pela Instrução Normativa N°03/SRH no capítulo 5

Pesquisa realizada no Sistema de Outorga e Licença(SOL) em 26/03/2008

Fonte: COGERH, 2008

## Meio Cristalino

O domínio hidrogeológico denominado genericamente de Meio Cristalino, ou Meio Fissural, é representado por granitos, porções centro-leste e sul da área, e complexos gnáissicos-migmatíticos que contém gnaisses, xistos e anfibolitos, dentre outros litotipos, que ocorrem predominantemente a partir da CE-085.

Neste meio, a porosidade intergranular e a permeabilidade são praticamente nulas, e a ocorrência da água subterrânea está condicionada a presença de uma porosidade e permeabilidades secundárias representadas por fraturas, proporcionando ao sistema cristalino a configuração de um sistema anisotrópico e heterogêneo.

As vazões produzidas pelos poços são, comparativamente ao meio sedimentar poroso, pequenas e a água, em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semi-árido é, na maioria das vezes, classificada como salobra ou, mesmo, salinizada.

Essas condições atribuem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem (CAVALCANTE, 1998).

No arquivo de poços<sup>1</sup> constam dados de 76 medidas de nível estático que mostram (Figura 8.21) que este parâmetro possui ocorrência predominante a profundidades inferiores a 10m, média de 6m, caracterizando uma condição freática e, a depender da intensidade e abertura do sistema de fraturas, poderá indicar uma situação vulnerável a poluição antrópica, onde a rede de fraturas poderá funcionar como condutor hidráulico de poluição.

Do arquivo geral de poços cadastrados para a área, observa-se que a profundidade média dos poços (Figura 8.22) que captam água deste meio é de 60m, compatível com a média observada para o Ceará, e reflexo de uma política de construção de poços adotada para o cristalino há décadas.

A profundidade mínima observada no gráfico é da ordem de 10m, porém, as profundidades inferiores a 40m refletem condições de perfurações em zonas aluvionares, manchas sedimentares indiferenciadas ou Barreiras, muitas vezes reflexo até mesmo de poços escavados (cacimbas) cadastrados durante o trabalho de campo em projetos outros.

---

<sup>1</sup> Cadastro de Poços: o cadastramento dos poços foi feito utilizando-se o cadastro existente na Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do estado do Ceará – COGERH/CE, Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS (CPRM) e Laboratório de Hidrogeologia do Curso de Geologia/UFC. O arquivo foi construído utilizando-se planilhas Excel.

Figura 8.21 – Nível estático das águas subterrâneas no Meio Cristalino

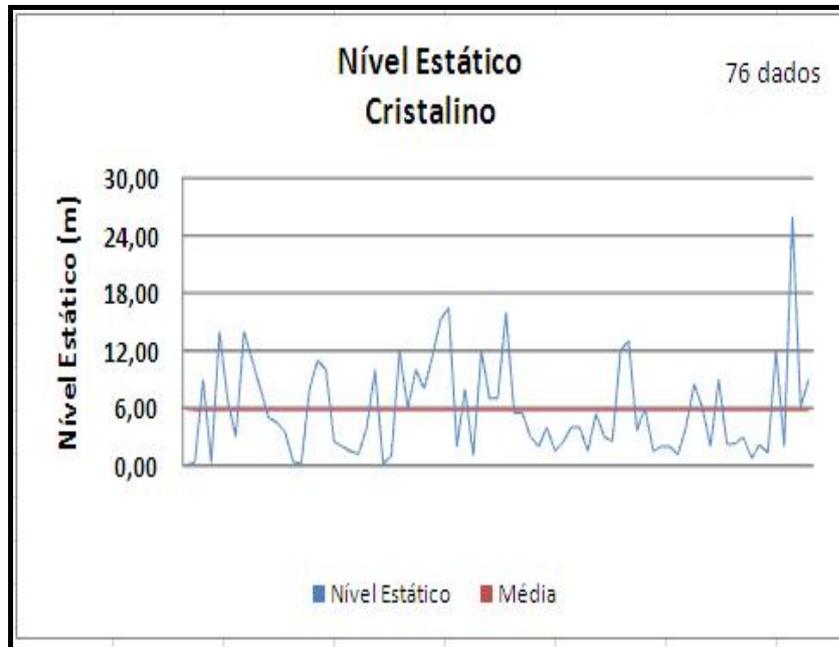
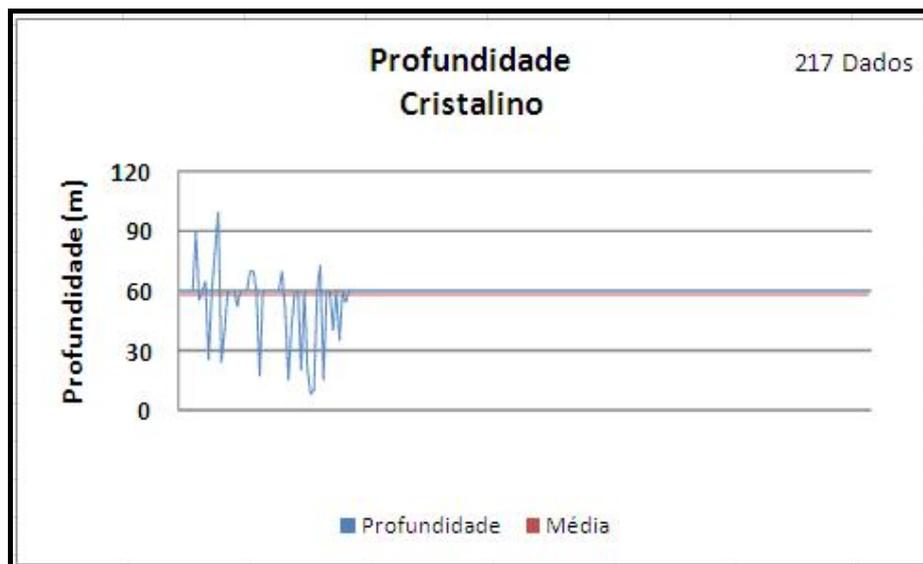


Figura 8.22 – Profundidade dos poços no Meio Cristalino

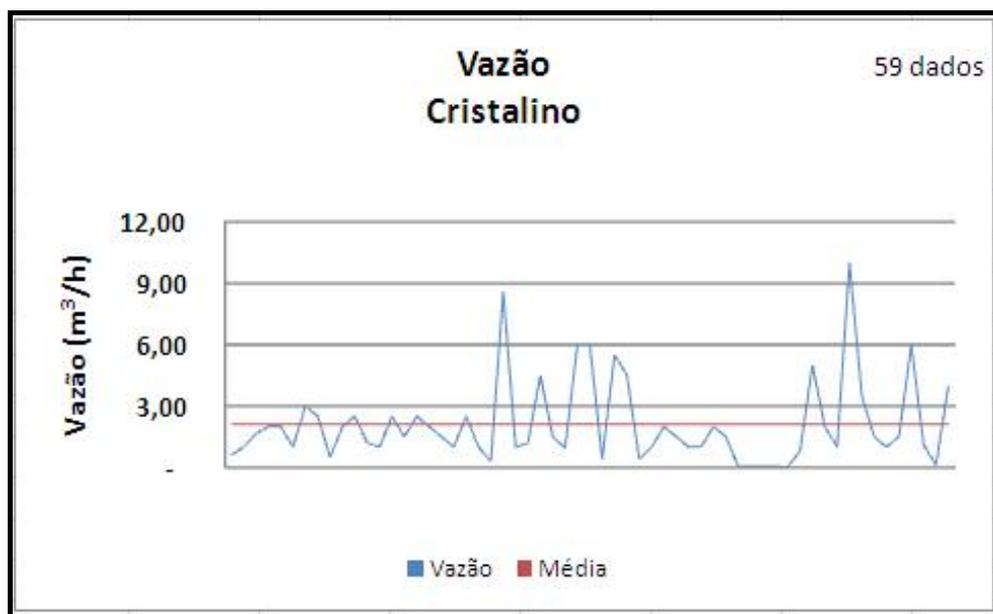


A profundidade máxima oscila em torno de 100m, e profundidades superiores a 60m indicam que, no geral, empresas particulares estão atuando nesse contexto, balizando, inúmeras vezes, a perfuração em função da locação geofísica.

As vazões dos poços neste meio são em geral pequenas. Dependendo, entretanto, de critérios de locação tecnicamente consistentes que levem em conta os aspectos influentes ligados aos esforços tectônicos (tipo e distribuição dos fraturamentos) e aos condicionamentos morfológicos, hidro-climatológico e litológico, aumenta a probabilidade de obtenção de maiores vazões e de águas de melhor qualidade, capazes de atender as necessidades das comunidades.

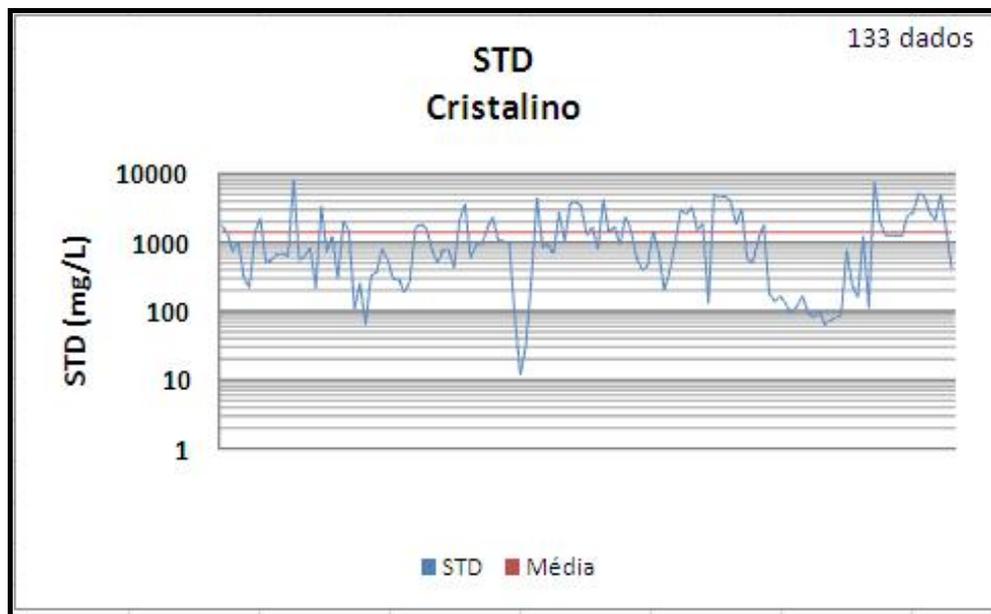
Dados de 59 poços mostram que as vazões destes na área de abrangência do estudo ambiental são, no geral, inferiores a 6 m<sup>3</sup>/h, com predominância para valores inferiores a 3 m<sup>3</sup>/h, média de 2,5 m<sup>3</sup>/h. A vazão máxima oscila em torno de 10 m<sup>3</sup>/h e observa-se que alguns poços são secos (Figura 8.23).

Figura 8.23 – Vazão dos Poços no Cristalino



Normalmente, particularmente na faixa costeira, a concentração de Sólidos Totais Dissolvidos – STD nas águas do Cristalino é alta, excedendo 1.000 mg/L, tornando-as, muitas vezes, inadequadas para o consumo humano ou industrial. Nos 133 dados de STD existentes no cadastro (Figura 8.24), tem-se STD médio de 1100 mg/L, um pouco acima do Valor Máximo Permitido (VMP) para potabilidade e consumo humano existente na Portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde.

Figura 8.24 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (mg/L) nas Águas Subterrâneas do Meio Cristalino



Porém, sendo um valor médio em um ambiente anisotrópico e heterogêneo, observa-se que existe uma grande variação de águas com STD inferior a este padrão, portanto, passíveis de serem utilizadas e que, muitas vezes, valores muito altos e pontuais distorcem a média superando a maioria dos valores observados.

A recarga das águas para o Meio Cristalino provém da contribuição pluviométrica direta, desde que existam condições de exposições com fraturas abertas, drenagens e espelhos d'água (lagoas e açudes) associados aos fraturamentos, e das unidades aquíferas sobrepostas, a exemplo do Barreiras e Aluviões. Os exutórios são representados por drenagens efluentes e pela evapotranspiração.

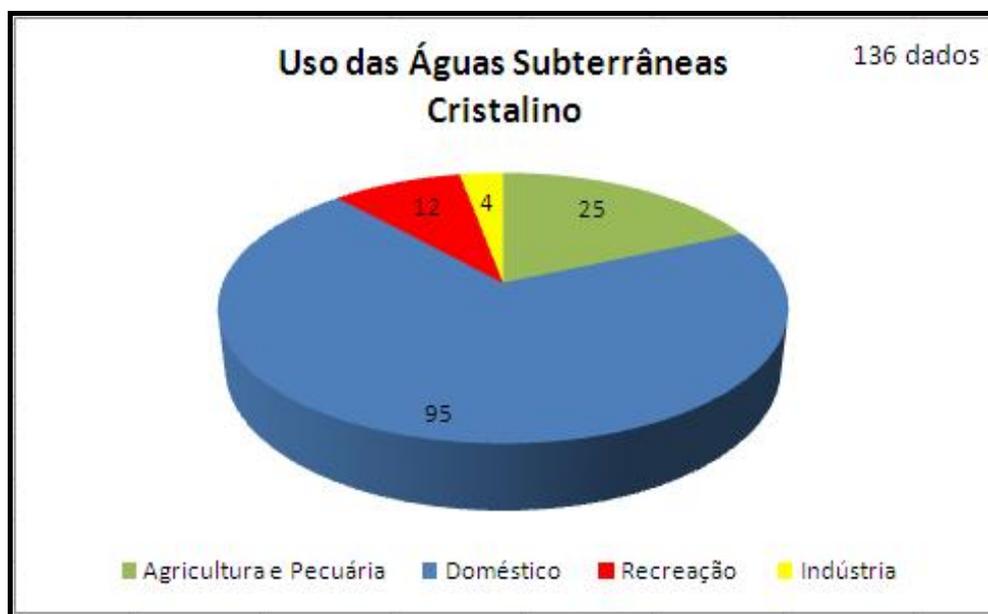
Em função das características químicas, onde geralmente se observa a predominância de águas cloretadas com elevada concentração de STD, as águas do Meio Cristalino não podem ser utilizadas indistintamente. No cadastro de poços do SIAGAS (CPRM, 1999) tem-se 136 dados sobre o uso dessas águas (Figura 8.25), onde se observa a predominância (69,85%) de uso doméstico, seguido de usos para pecuária e agricultura (18,38%).

## Sistema Hidrogeológico Barreiras

Trata-se de depósitos Terciários representados por arenitos argilosos, de cores variegadas, com matizes avermelhados, amarelados e cinza-esbranquiçados. A matriz é, muitas vezes, caulínica, podendo apresentar cimento argiloso e ferruginoso, com presença de níveis lateríticos e marcada variação faciológica (CEARÁ/SRH/VBA, 2001).

Ocorre na área mais próxima ao litoral, entre as rochas do embasamento cristalino e o Sistema Dunas/paleodunas.

Figura 8.25 – Uso das águas subterrâneas no Meio Cristalino



O domínio hidrogeológico constituído pelos sedimentos da Formação Barreiras caracteriza-se por expressiva variação de níveis clásticos com diferentes porosidades e permeabilidades, que se traduzem em potencialidades diferenciadas quanto à produtividade de água subterrânea. Essa situação confere, localmente, características de um aquífero, ou seja, uma formação geológica que possui baixa permeabilidade e que transmite água lentamente. Porém, em observações de campo nas áreas utilizadas para extração de areia, observa-se, pelo menos superficialmente, a predominância de níveis areno-siltosos, o que melhora a configuração deste domínio como armazenador de água.

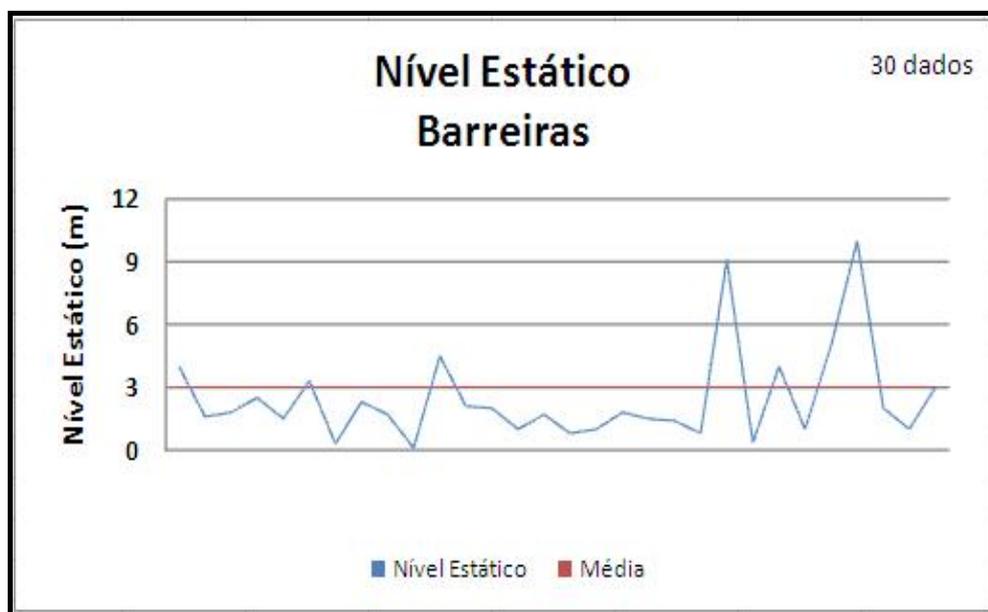
Adota-se para o coeficiente de permeabilidade o valor de  $1,8 \times 10^{-6}$  m/s, que reflete mais as características de um aquífero (BIANCHI et al., 1984). Cavalcante (1998) estima uma espessura média para o Barreiras oscilando de 40 a 50m, em nível de Região Metropolitana de Fortaleza, e para a espessura saturada adota um valor de 15m.

O nível estático das águas do Barreiras situa-se predominantemente abaixo dos 5m, com média de 3m, refletindo um nível sub-aflorante, freático (Figura 8.26). Poucos são os poços que captam água a profundidades superior a 6m e, quando isto ocorre, geralmente é consequência da localização do poço em maiores altitudes.

O Sistema Hidrogeológico Barreiras representa, no geral, um aquífero livre, com características regionais de semi-confinamento em função dos níveis silto-argilosos, tendo como fatores de recarga a precipitação pluviométrica, as drenagens influentes que

percolam o contexto, as lagoas interdunares e o Sistema Dunas/Paleodunas, sobreposto, que funciona com dupla função (aquífero e unidade de transferência de água).

**Figura 8.26 – Nível Estático das Águas Subterrâneas do Sistema Hidrogeológico Barreiras**



As profundidades dos poços que captam água do Barreiras oscilam predominantemente entre 30 e 50m, com média de 20m (Figura 8.27). Observa-se que existem poços com profundidades inferiores a 30m e, outros, com profundidades acima de 50m, sendo que, no geral, os primeiros são perfurados com trado manual, com limite de profundidade, e a segunda classe representa poços que, na maioria das vezes, atravessa o Barreiras e adentra o Cristalino.

As vazões dos poços do Sistema Barreiras na Região Metropolitana de Fortaleza – RMF geralmente são pequenas, oscilando predominantemente abaixo de 3 m<sup>3</sup>/h. No cadastro de poços para a área de influência do estudo ambiental, percebe-se que poucos são aqueles (26) que possuem dados de vazão (Figura 8.28) e que esta mantém o comportamento observado para a RMF, com média de 2 m<sup>3</sup>/h. Poucas são as vazões que ultrapassam 3 m<sup>3</sup>/h, com máxima de 12 m<sup>3</sup>/h refletindo um pacote clástico mais arenoso sendo captado ou, em outra hipótese, a captação de paleodunas sobrepostas ao Barreiras.

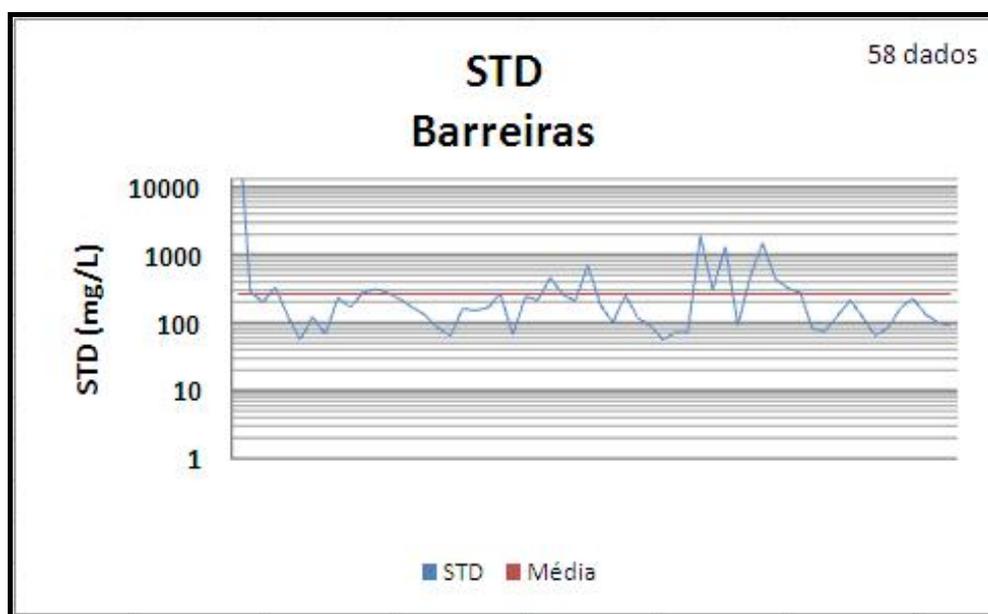


Como exutório tem-se a rede de drenagem afluyente, lagoas, evapotranspiração e, ainda, o meio cristalino, sotoposto, desde que fraturado e com características que permitem a circulação e o armazenamento d'água.

Nos limites da Região Metropolitana de Fortaleza, é possível afirmar que essa unidade não possui uma vocação hidrogeológica que permite sua exploração para atendimento de grandes demandas hídricas. Porém, em função de sua grande extensão espacial, constitui-se em uma unidade importante para captação de pequenas vazões para abastecimento humano, particularmente em residências e condomínios.

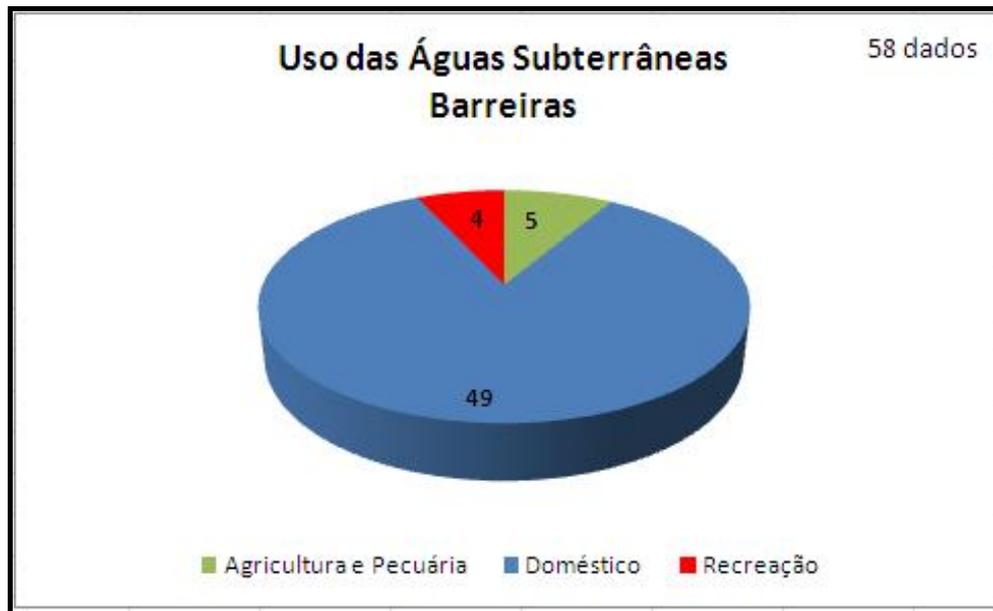
Em termos qualitativos, as águas do Barreiras são naturalmente menos concentradas em sais do que as do Cristalino, haja vista que estão armazenadas em meio poroso onde a circulação é mais expressiva e a infiltração mais eficaz, diminuindo a concentração, principalmente, de cloretos. Na Figura 8.29 observa-se que a concentração de STD está predominantemente abaixo de 500 mg/L, caracterizando-as como águas doces, e a média é de 200 mg/L.

**Figura 8.29 – Concentração de STD (mg/L) das águas do Sistema Hidrogeológico Barreiras**



Em termos de uso (Figura 8.30), as águas do Barreiras são utilizadas na grande maioria (84,48%) para consumo doméstico e, secundariamente, para as outras finalidades, tais como agricultura e pecuária. A composição química com um baixo STD permite que a população se utilize dessas águas sem uso de dessalinizadores, o que, em termos econômicos, é extremamente benéfico para qualquer comunidade.

Figura 8.30 – Uso das águas subterrâneas do Barreiras



### Sistema Hidrogeológico Dunas/Paleodunas

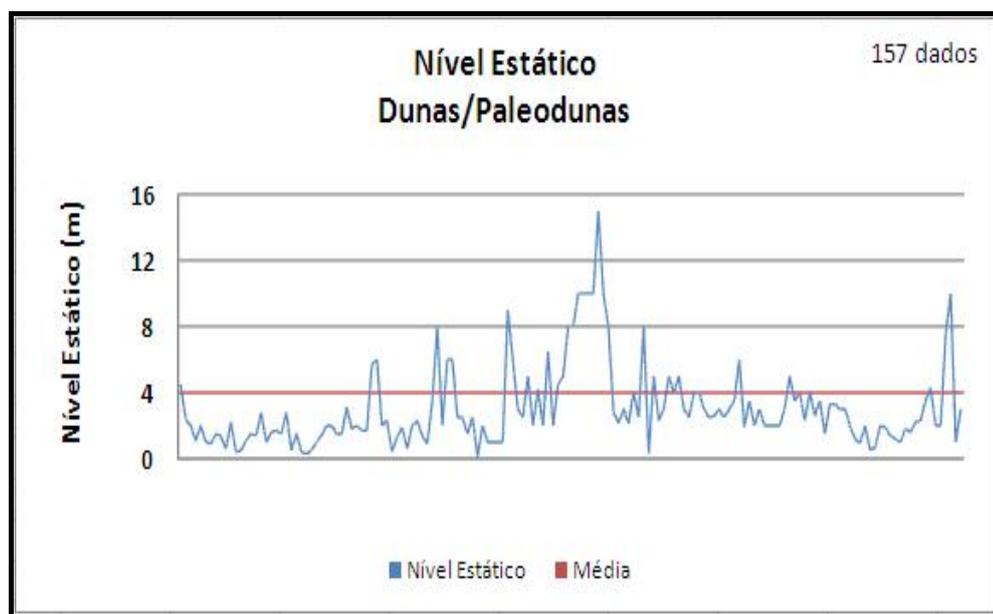
De acordo com CEARÁ/SRH/VBA (2001) no “Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas”, tem-se que na faixa metropolitana litorânea de Fortaleza, incluindo a região de Pecém, a litologia do Sistema Hidrogeológico Dunas-Barreiras é constituída por sedimentos Quaternários representados por dunas móveis, fixas e paleodunas.

As dunas móveis formam um cordão contínuo de areias secas bordejando a linha costeira, constituídas por areias claras, comumente esbranquiçadas, de granulação fina, formadas por grãos de quartzo arredondados e bem selecionados. As dunas fixas avançam um pouco mais para o interior, repousando discordantemente sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, assim como as paleodunas, em cujos níveis já se têm o desenvolvimento pedogenético.

Na área de estudo elas bordejam todo o litoral, representando as maiores elevações dos pacotes sedimentares formando campos homogêneos, recortados ocasionalmente pela rede de drenagem e possibilitando a existência de lagoas interdunares, comumente observados na área de entorno do empreendimento.

Normalmente as águas das Dunas/Paleodunas são freáticas, com nível estático predominantemente inferior a 5m e média de 4m (Figura 8.31), reflexo da pequena espessura desses corpos sedimentares. Alguns níveis apresentam profundidades que chegam a 15m, reflexo maior da localização do poço, geralmente associado à área de recarga e elevadas altitudes das Dunas.

Figura 8.31 – Nível Estático das Águas Subterrâneas nas Dunas/Paleodunas



O Sistema Aquífero Dunas/Paleodunas é composto por areias pouco consolidadas e extremamente homogêneas, finas e médias, com diâmetro efetivo predominando entre 0,15 a 0,25 mm, espessuras entre 10 – 25m e espessuras saturadas oscilando de 7 a 12m (Quadro 8.50). Indiscutivelmente constitui o melhor potencial hidrogeológico da área, representando um aquífero livre, com nível estático normalmente sub-aflorante nas áreas de descarga.

**Quadro 8.50– Valores Médios do Aquífero Dunas - Orla Costeira de Pecém e São Gonçalo**

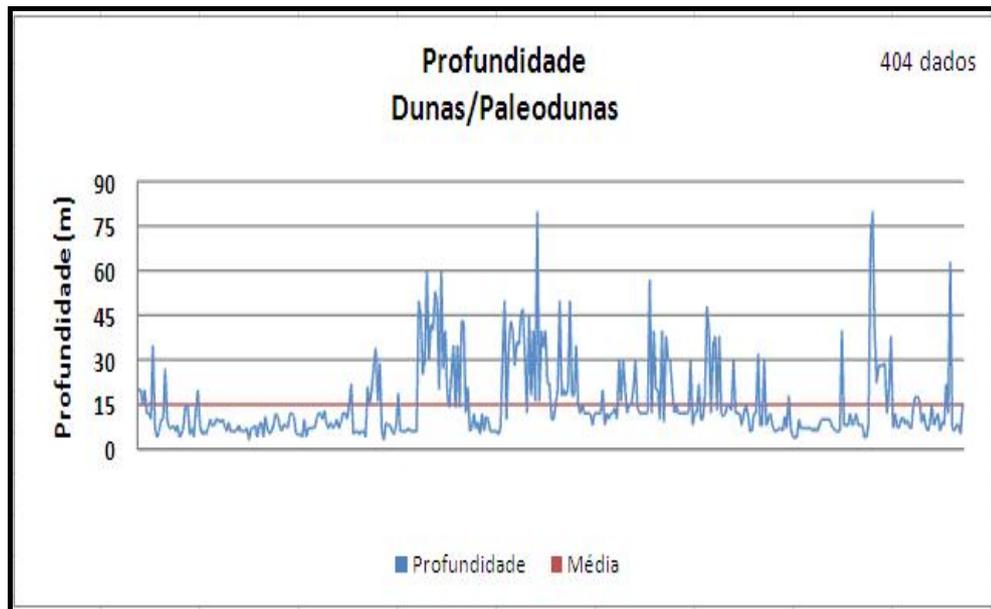
Local	Município	n.º de Testes	Q (m³/h)	K (m/s) x 10 <sup>4</sup>	T (m²/h)	H <sub>0</sub> (m)
Pecém	Pecém	22	2,4	1,40	3,88	7,7
S. Gonçalo	S. Gonçalo	09	8,7	1,00	4,32	12,0

Fonte: Campos & Menezes, 1982.

Legenda: Q = Vazão; K = Condutividade Hidráulica; T = Transmissividade e H<sub>0</sub> = Espessura Saturada.

As profundidades das obras de captação oscilam, geralmente, abaixo de 30m, com predominância para profundidades inferiores a 20m (Figura 8.32), representando poços tubulares rasos e, em sua grande maioria, construídos com trado manual ou pequenas máquinas de perfuração. As maiores profundidades certamente estão associadas a poços que, além da perfuração atravessar os sedimentos das Dunas/Paleodunas, ainda atingem os sedimentos Barreiras.

Figura 8.32 - Profundidades dos Poços nas Dunas/Paleodunas



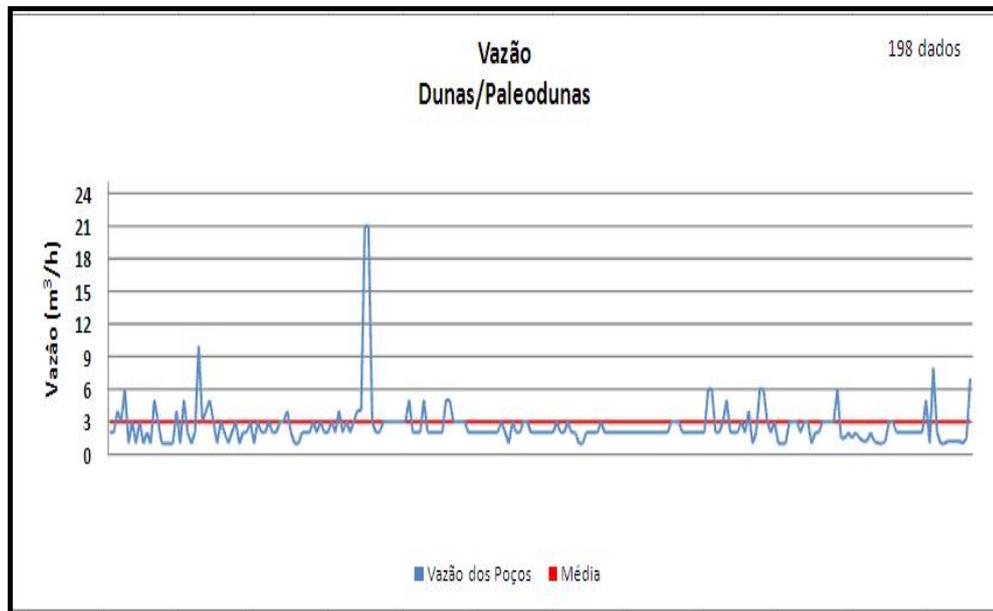
Possui como características básicas uma dupla função hidrogeológica, refletida no funcionamento do sistema como aquífero principal e aquífero de transferência do potencial hídrico para unidades sotopostas, a exemplo do Barreiras. As características hidrodinâmicas médias obtidas através de testes de aquíferos e de produção para campos de Dunas/Paleodunas de Pecém e São Gonçalo constam na Tabela 09. Refletem aspectos relacionados às variações litológicas, que denotam a maior presença de níveis siltico-argilosos e variação da espessura saturada (CAMPOS e MENEZES, 1982 apud GOLDBER e PIVOT, 2002).

Observa-se que os valores médios de condutividade hidráulica e transmissividade oscilam de 0,73 a  $2,50 \times 10^{-4}$  m/s e de 2,37 a 6,98 m<sup>2</sup>/h, respectivamente, aceitáveis como representativos para o Sistema Dunas/Paleodunas.

Observa-se que as vazões médias dos poços construídos para a CAGECE em Pecém e São Gonçalo são, respectivamente, 2,4 e 8,7 m<sup>3</sup>/h (Quadro 8.50). As vazões encontradas na área de influência considerada no estudo ambiental (Figura 8.33) são baixas, mas compatíveis com a vazão média de Pecém (2,4 m<sup>3</sup>/h), entendendo-se que as maiores vazões decorrem do projeto do poço e de sua localização, explorando melhor as condições hidrogeológicas a chegando a vazão máxima de 21 m<sup>3</sup>/h.

O comportamento de fluxo das águas subterrâneas nas Dunas/Paleodunas é refletido pelas águas que fluem em direção ao mar, mas que, porém, sofrem alteração de percurso ao encontrarem o fluxo condicionado pela recarga de cordões de dunas mais próximas a linha de praia em direção ao continente, formando-se, então, as lagoas interdunares.

Figura 8.33 - Vazões dos Poços nas Dunas/Paleodunas



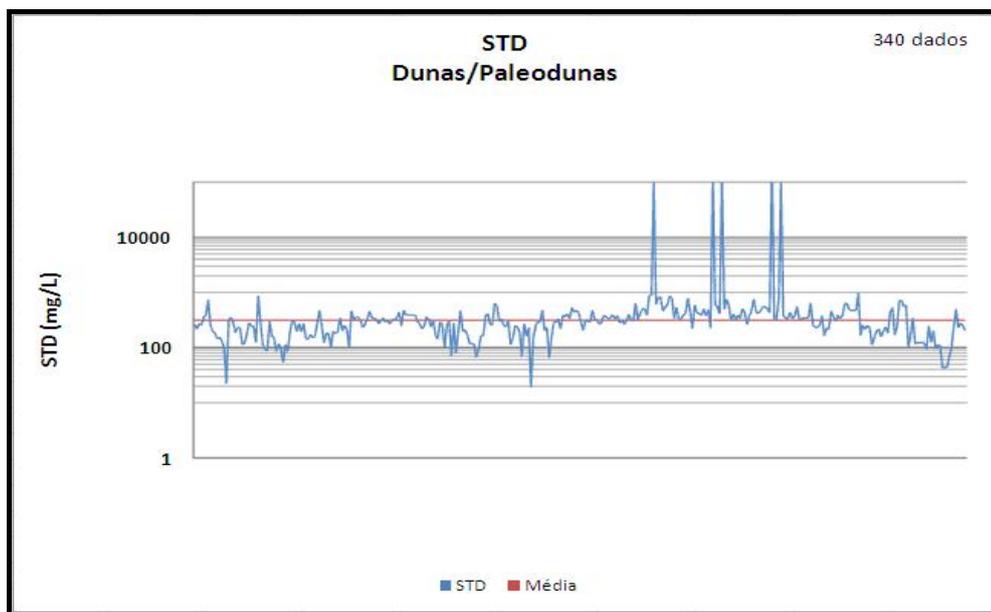
A recarga é eminentemente pluviométrica, salvo exceções causadas por drenagens influentes. Como exutórios tem-se que maiores perdas d'água do aquífero são por consequência da intensa evapotranspiração, associada a um nível estático sub-aflorante, além da contribuição para a rede de drenagem, lagoas e para aquíferos subjacentes.

Em função dos elevados coeficientes de condutividade hidráulica, transmissividade e porosidade efetiva, associados, ainda, a um nível estático extremamente raso, o sistema dunas/paleodunas é altamente susceptível a poluição, representando uma unidade extremamente vulnerável aos impactos antrópicos negativos resultantes do uso e ocupação do meio físico, com um fator efetivo de risco.

Em termos físico-químicos as águas do Sistema Dunas/Paleodunas são consideradas de ótima qualidade, sendo classificadas como doces e, em termos de STD, potáveis para o consumo humano segundo a Portaria N°. 518/04 do Ministério da Saúde. No geral a concentração de STD é inferior a 500 mg/L. Na área observa-se da Figura 8.34 que o STD é predominantemente inferior a 200 mg/L, com média de 150 mg/L.

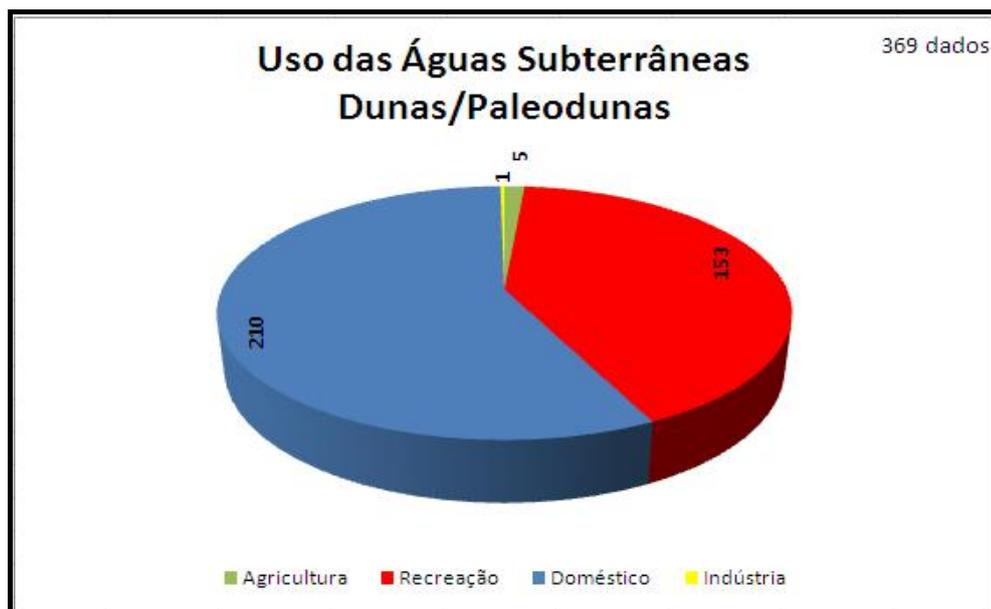
Este pacote apresenta uma reduzida espessura, restringindo suas potencialidades apesar da elevada capacidade armazenadora refletida pela elevada porosidade. Entretanto, para o abastecimento suplementar, o Sistema Dunas/Paleodunas assume especial interesse, particularmente pela qualidade das suas águas, na medida em que a demanda a ser atendida seja compatível com as possibilidades locais de exploração, ou mesmo como alternativa de suprimento ao sistema de abastecimento já existente da CAGECE que, frequentemente, tem explorado este sistema para atender comunidades litorâneas.

Figura 8.34 – Concentrações de STD das águas subterrâneas das Dunas/Paleodunas



Na área observa-se que, resultante dos dados de 369 poços (Figura 8.35), existe uma predominância de uso doméstico (56,91%), seguindo de uso das águas para recreação (41,46%). Isto é perfeitamente normal, haja vista a utilização mais intensa das águas deste sistema pela população litorânea a fim de complementar, ou sendo prioritária, o atendimento realizado pela companhia responsável pelo abastecimento hídrico.

Figura 8.35 – Usos das Águas Subterrâneas das Dunas/Paleodunas



## Sistema Hidrogeológico Aluvionar

Os depósitos hidrogeológicos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais drenos (rios e riachos), e apresentam no geral, uma boa alternativa como manancial tendo uma importância relativa do ponto de vista hidrogeológico. Devido as altas permeabilidades, mesmo com pequenas espessuras, os depósitos arenosos chegam a produzir vazões bastante significativas.

Constituem aquíferos livres, com espessuras de até 10m e nível estático sub-aflorante (inferior a 2m), não existindo dados hidrodinâmicos no âmbito da RMF. São representados por sedimentos de granulometria muito fina, frequentemente intercalados com níveis argilosos e orgânicos, derivados de uma ação erosiva sobre rochas sedimentares e migração de partículas das zonas de mangue.

Esta composição litológica permite que exista uma variação das características hidrodinâmicas maior à medida que ocorrer a alternância mais frequente de clásticos. A pequena declividade dos canais de drenagens e a proximidade da linha de costa permite o avanço das marés até distâncias consideráveis ao longo dos rios, influenciando, em algumas áreas, na qualidade das águas armazenadas no Sistema Aluvionar.

A recarga provém diretamente da precipitação pluviométrica, dos rios influentes e das águas subterrâneas das Dunas/Paleodunas e Barreiras. Como exutórios tem-se a evapotranspiração e a própria drenagem em épocas de verão. No inverno, são muito comuns as faixas aluvionares serem cobertas por água dos rios, pelo extravasamento destes. Os aluviões praticamente não são explotadas na área, com exceções em comunidades ribeirinhas, que as utilizam através de cacimbas.

### 8.5.5.2.2. Domínios Hidrogeológicos na Área Potencialmente Afetada

Na área afetada pelo CIP verifica-se a existência de domínios hidrogeológicos de meios porosos (Barreiras, Aluviões e Depósitos Eólicos/Dunas) e Fissural correlativos as unidades Independência, Canindé e das ocorrências de quartzitos (Figura 8.36).

### Meio Cristalino

As águas subterrâneas do Meio Cristalino na área do CIP são encontradas a profundidades predominantemente inferiores a 11,0m, com média de nível estático de 4,5m (Figura 8.37a). Apesar disto, os poços nesse meio alcançam profundidades da ordem de 70,0m, com média de 40,0m e, portanto, inferior à média dos poços cadastrados em termos regionais (média de 60,0m), reflexo direto de obras cadastradas com profundidades inferiores a 30,0m (Figura 8.37b). Poucos são os poços (3) que

possuem dados de vazão nesse contexto, refletindo máxima de 2,0 m<sup>3</sup>/h e média de 1,0 m<sup>3</sup>/h (Figura 8.37c), valores inferiores aos regionais.

A qualidade das águas pode ser vista através dos dados de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e as águas subterrâneas do Cristalino na área do CIP mostram concentrações iônicas, no geral, inferiores a 500 mg/L, com média de 170 mg/L (Figura 8.37d), bem inferior ao Valor Máximo Permitido (VMP) (1000 mg/L) para potabilidade e consumo humano constante na Portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde. A concentração iônica das águas do cristalino sofre interferência direta das águas de recarga e, particularmente, do ambiente que percola. Com maior taxa de recarga é previsível se ter maior dissolução de sais e, conseqüentemente, menores concentrações de cloretos.

O uso dessas águas é voltado particularmente, segundo os dados cadastrados, para o contexto doméstico (Figura 8.37e) (76,5%), certamente atendendo localidades e/ou pequenas comunidades onde o abastecimento hídrico não é plenamente satisfatório.

## Sistema Hidrogeológico Barreiras

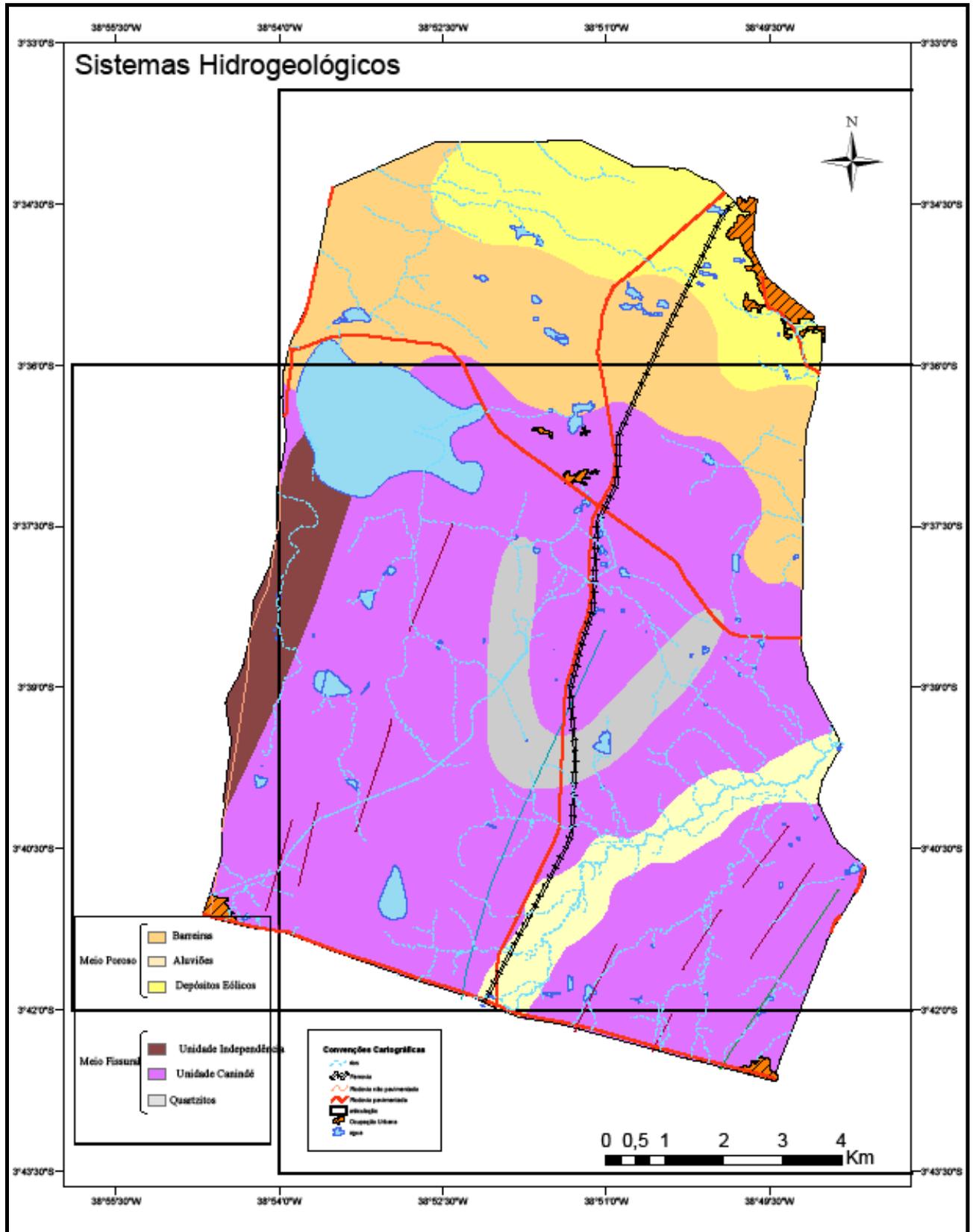
O domínio hidrogeológico constituído pelos sedimentos da Formação Barreiras caracteriza-se por expressiva variação de níveis clásticos com diferentes porosidades e permeabilidades, que se traduzem em potencialidades diferenciadas quanto à produtividade de água subterrânea. Essa situação confere, localmente, características de um aquífero, ou seja, uma formação geológica que possui baixa permeabilidade e que transmite água lentamente.

Porém, em observações de campo nas áreas utilizadas para extração de areia, observa-se, pelo menos superficialmente, a predominância de níveis areno-siltosos, o que melhora a configuração deste domínio como armazenador de água.

No geral, o número de poços com dados técnicos é pequeno conforme observado nos gráficos específicos, porém para a área enfocada merecem ser citados. A profundidade do nível estático (Figura 8.38) é inferior a 10,0 metros, com média de 5,0 metros, compatível com que se observa em nível de Região Metropolitana de Fortaleza.

Não existem dados de profundidade dos poços do Sistema Hidrogeológico Barreiras na área afetada pelo empreendimento, mas pelos dados regionais da Região Metropolitana, entende-se que ela seja inferior a 40,0 metros. Igualmente não existem dados de vazão dos poços, mas acredita-se, comparativamente a RMF, que sejam predominantemente inferiores a 3,0 m<sup>3</sup>/h.

Figura 8.36 – Mapa Hidrogeológico



**Figura 8.37 - Nível Estático (a), Profundidade (b) e Vazão dos Poços (C), STD (d) e uso (e) das águas do Meio Cristalino**

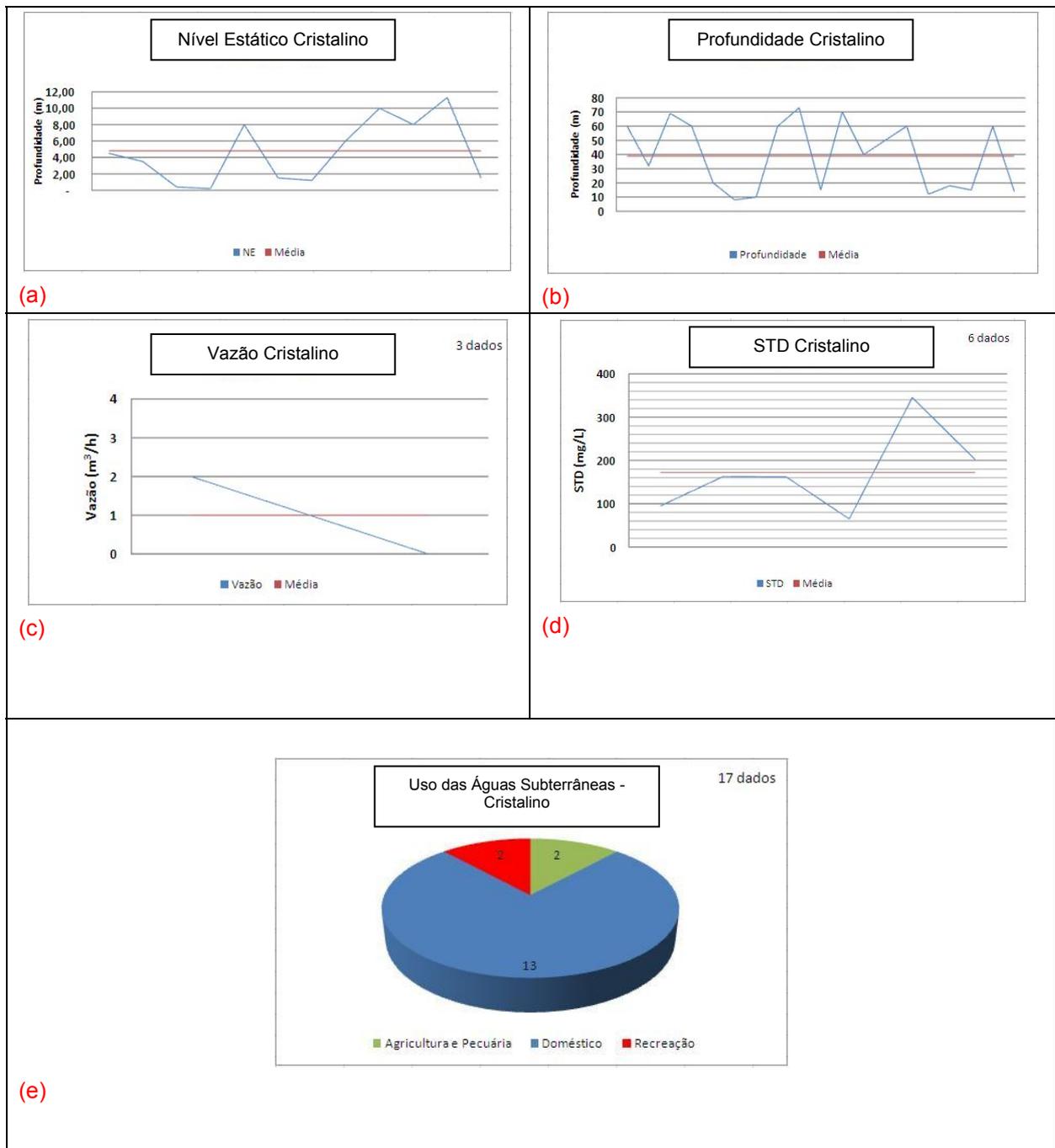
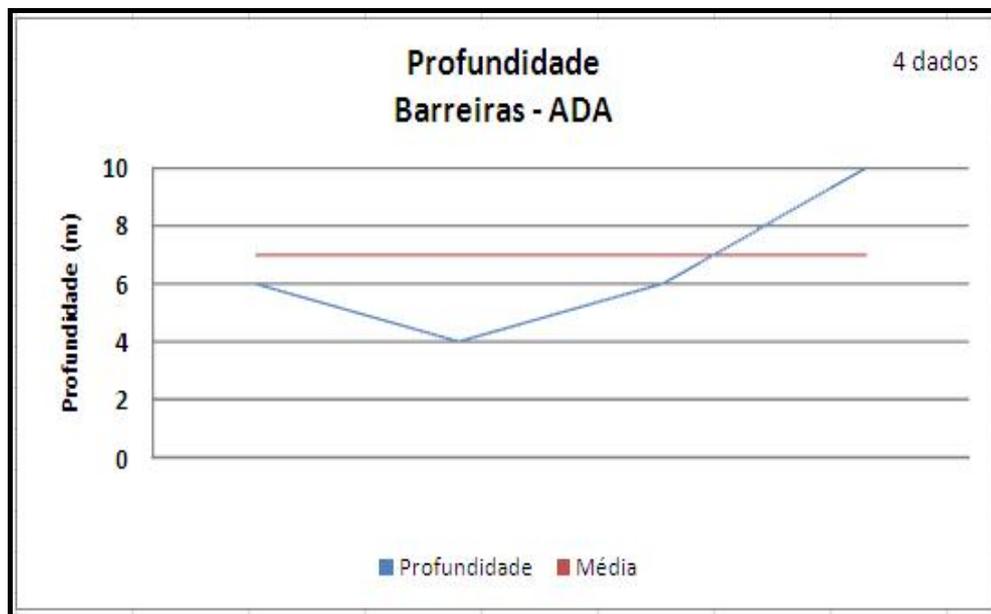


Figura 8.38 – Nível estático das águas subterrâneas do Sistema Hidrogeológico Barreiras (4 dados)



As concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos – STD são inferiores a 500 mg/L (Figura 8.39), portanto, totalmente compatíveis com o padrão requerido para águas potáveis para consumo humano (1000 mg/L) da Portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde, com média de 220 mg/L refletindo a pequena mineralização destas águas.

Observa-se que o uso destas águas subterrâneas (Figura 8.40) mantém o padrão observado para a área geral do Projeto, sendo captadas predominantemente para consumo doméstico (75%). É recomendável ressaltar que a construção de poços tubulares fica restrita a pequenas comunidades, onde a obra é executada pelo governo estadual/municipal, ou em chácaras/fazendas com proprietários de maior poder aquisitivo.

### Sistema Hidrogeológico Dunas/Paleodunas

As dunas móveis formam um cordão contínuo de areias secas bordejando a linha costeira, constituídas por areias claras, comumente esbranquiçadas, de granulação fina, formadas por grãos de quartzo arredondados e bem selecionados. As dunas fixas avançam um pouco mais para o interior, repousando discordantemente sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, assim como as paleodunas, em cujos níveis já se têm o desenvolvimento pedogenético.

Figura 8.39 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD) das águas no Sistema Hidrogeológico Barreiras (4 dados)

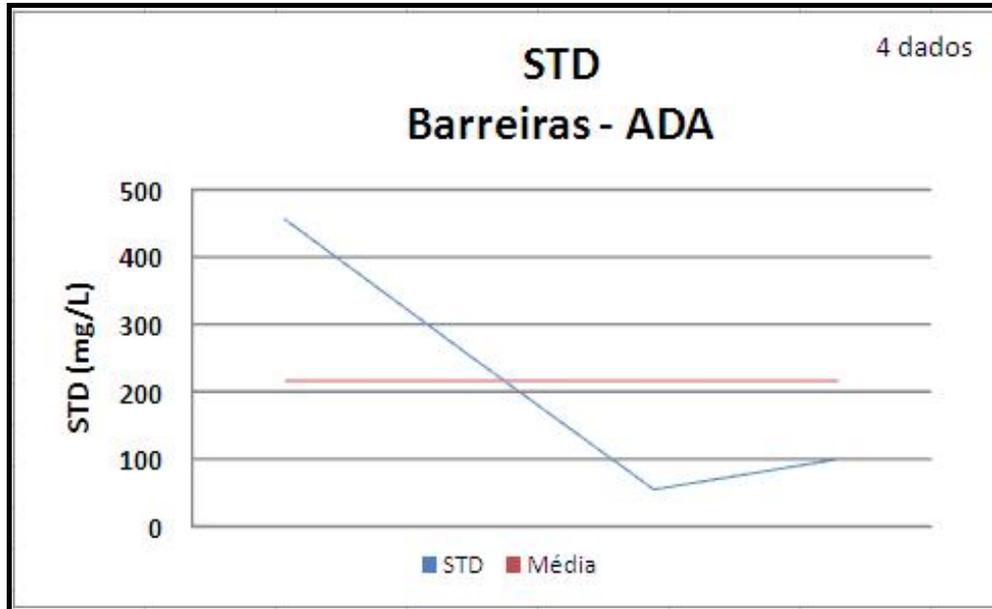


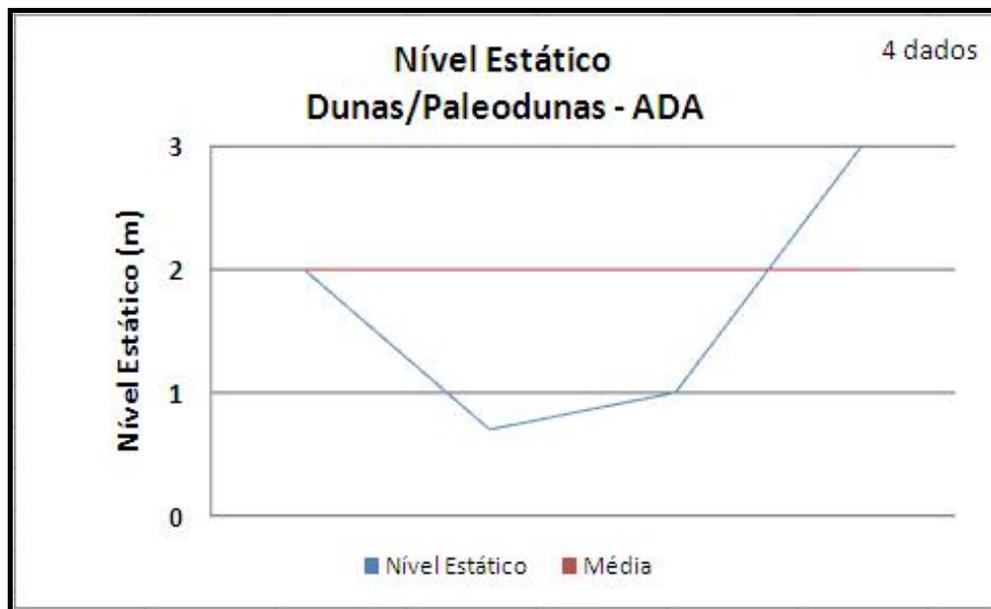
Figura 8.40 - Uso das águas no Sistema Hidrogeológico Barreiras



Na área de estudo elas bordejam todo o litoral, representando as maiores elevações dos pacotes sedimentares e formando campos homogêneos, recortados ocasionalmente pela rede de drenagem e possibilitando a existência de lagoas interdunares, comumente observados na área de influência.

O nível estático oscila predominantemente abaixo dos 3,0 metros, com média de 2,0 metros (Figura 8.41), sendo resultado da variação sazonal e, conseqüentemente, da data em que os dados foram obtidos, ficando evidente o predomínio de dados com até 2,0 metros de profundidade destas águas, o que torna o meio geológico extremamente vulnerável a poluição e dependente do uso e ocupação do solo.

**Figura 8.41 – Nível Estático das Águas Subterrâneas nas Dunas/Paleodunas (4 dados)**



A profundidade dos poços neste contexto é, regionalmente, inferior a 20,0 metros. Porém, o que se observa na Figura 8.42 são profundidades que alcançam até 37,0 metros, com média de 14,6 metros. No geral, as profundidades superiores a 20,0 metros são encontradas para poços construídos em altitudes maiores de dunas, normalmente ocupadas por mansões com vistas panorâmicas, ou que atravessam o pacote sedimentar dunas/paleodunas e adentram o Barreiras. Na área do CIP, em função da geomorfologia e uso do solo, acredita-se que a perfuração de poços com mais de 20,0 metros esteja adentrando os sedimentos clásticos do Barreiras.

As vazões das Dunas/Paleodunas oscilam abaixo de 8,0 m<sup>3</sup>/h, com mínima de 3 m<sup>3</sup>/h e média de 5,0 m<sup>3</sup>/h (Figura 8.43). Representam boas vazões para este contexto, onde normalmente encontramos vazão média deste porte para poços com bons projetos técnico-construtivos ou que captam significantes espessuras saturadas (superiores a 10,0 metros) neste contexto.

Figura 8.42 – Profundidade dos Poços no Sistema Dunas/Paleodunas (9 dados)

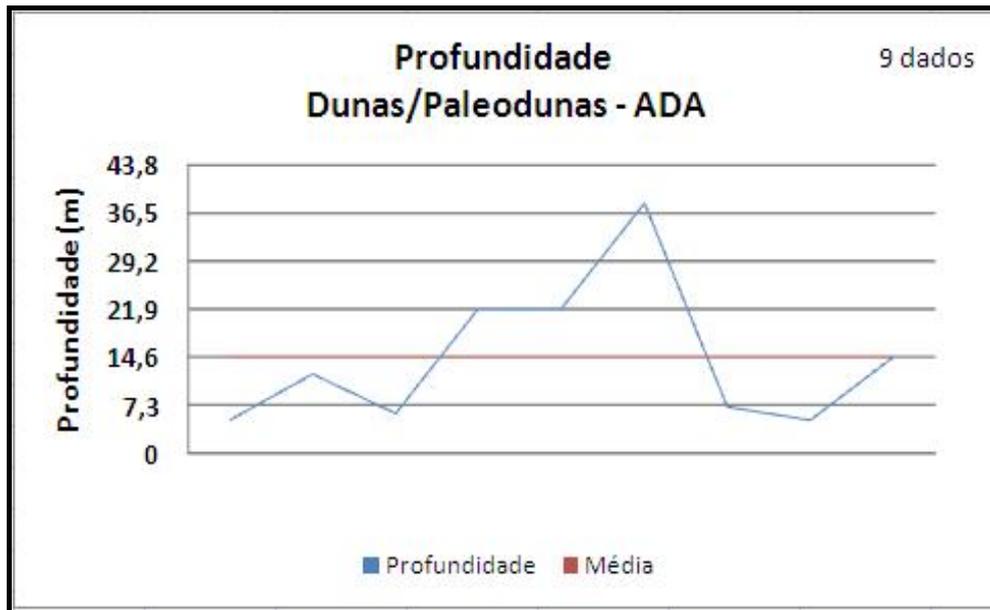
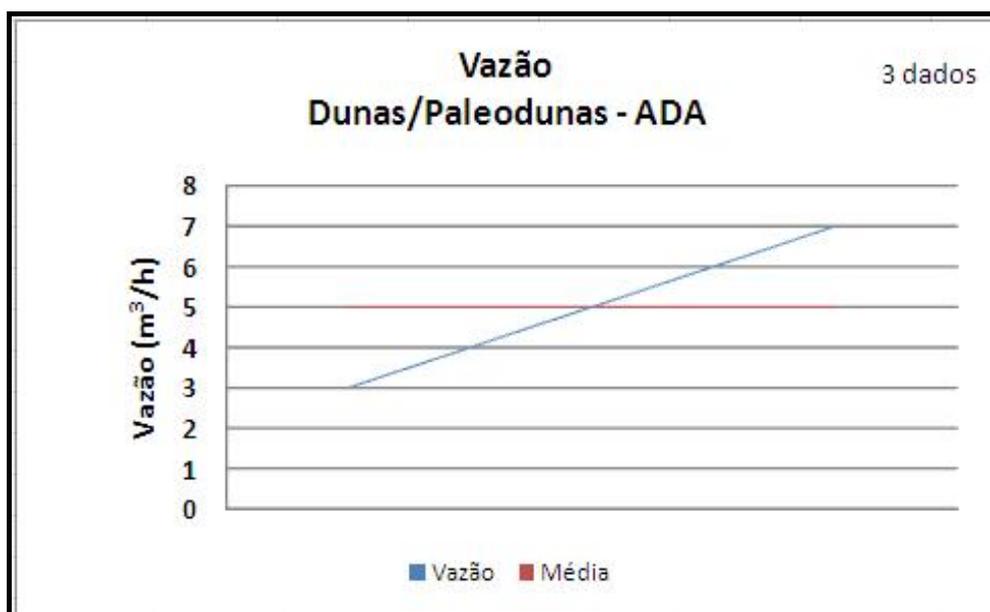


Figura 8.43 – Vazão dos Poços no Sistema Dunas/Paleodunas – 3 dados



Não existem dados de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) das águas no Sistema Hidrogeológico Dunas/Paleodunas na área potencialmente afetada. Pelo contexto hidrogeológico e capacidade efetiva de recarga das águas, permitindo uma renovabilidade hídrica e, ainda mais, comparativamente as águas deste meio em nível de RMF, supõe-se águas com STD inferior a 500 mg/L, totalmente dentro dos padrões de potabilidade regidos pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

A ausência de dados quanto ao uso destas águas na região do CIP também é um fato. Ressalta-se o comportamento expressivo quanto a captação das águas subterrâneas para consumo humano e, dentro desta observação, acredita-se que este uso predomine também na área.

### Sistema Hidrogeológico Aluvionar

Constituem aquíferos livres, com espessuras de até 10m e nível estático sub-aflorante (inferior a 2m), não existindo dados hidrodinâmicos no âmbito do CIP. São representados por sedimentos de granulometria muito fina, frequentemente intercalados com níveis argilosos e orgânicos, derivados de uma ação erosiva sobre rochas sedimentares.

Normalmente suas águas são utilizadas por populações carentes ribeirinhas, que as captam através de cacimbas de pequenas profundidades e diâmetros com a finalidade maior de uso doméstico em geral.