

## **5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

### **5.1 MEIO FÍSICO**

#### **5.1.1 Metodologia Aplicada**

Este tópico tem como objetivo a descrição dos aspectos de meio físicos presentes na área de influência direta e indireta do empreendimento objeto deste licenciamento. As informações aqui presentes enfocam o licenciamento ambiental e estão apresentadas de forma a responder o Termo de Referência emitido pelo IBAMA. A interpretação dos dados coletados em campo teve como foco o diagnóstico do Meio Físico para o licenciamento ambiental.

Para o atendimento do Termo de Referência a equipe dividiu o trabalho em três fases, sendo elas a etapa de pré-campo, o campo propriamente dito e os trabalhos de escritório.

##### **5.1.1.1 Pré-Campo**

Emitida a ordem de serviço a equipe técnica reuniu os dados referentes ao projeto executivo para a otimização das atividades de campo. Também foram utilizados mapas topográficos da área de influência indireta na escala de 1:50.000 e imagem de satélite LandSat e CBERS.

A partir da utilização destes dados foram determinados todos os pontos de parada obrigatória, além de pontos notáveis, que a equipe técnica definiu como potencialmente problemáticos. A maior parte dos pontos de parada obrigatória foram referentes às áreas-fontes e travessias de drenagens ao longo da rodovia.

Para fins de orientação e contextualização, foi confeccionado um relatório de dados secundários a partir de informações oficiais, tendo como base a literatura presente nas referências bibliográficas, além de consultas em páginas oficiais da esfera federal e estadual.

Neste momento também foram programados os locais de coleta de água, para fins de atendimento do Termo de Referência.

##### **5.1.1.2 Atividades de Campo**

Programadas as atividades, o campo foi desenvolvido em três etapas:

- Coleta dos dados referentes aos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e dos recursos hídricos, onde também foram detectados os passivos

ambientais presentes na faixa de domínio da rodovia, bem como os potenciais passivos que podem ser deflagrados a partir do início das obras.

O campo foi realizado utilizando-se a observação visual dos aspectos do Meio Físico, a confecção de perfis de solo, bem como a coleta de material para classificação do solo e das rochas.

- Coleta dos dados referentes à pressão sonora, onde foi realizado um diagnóstico das condições atuais, detectando-se pontos problemáticos para o andamento das obras. A coleta das informações foi realizada utilizando-se decibelímetro em pontos definidos pela equipe, sempre levando-se em consideração as fontes de ruído, que dificultam a aquisição dos dados. Neste caso, as chuvas são potencialmente um condicionante para a execução dos serviços.
- Coleta de águas para análise e atendimento ao Termo de Referência. A equipe deslocou-se com os pontos de coleta pré-definidos. Uma vez que o acesso e as condições de coleta são impeditivos para a realização dos trabalhos, foi orientado que a equipe se deslocasse do ponto previsto o suficiente para não prejudicar as análises, muito menos a caracterização da qualidade das águas.

#### **5.1.1.3 Trabalhos de Escritório**

O objetivo maior desta fase foi a construção do documento que contem o diagnóstico do Meio Físico. Além das reuniões para a interpretação das informações coletadas em campo, a equipe trabalhou na sistematização dos dados, bem como na normalização das informações trabalhadas para evitar problemas de escala da informação.

#### **5.1.2 CLIMA**

Entende-se por clima o registro histórico e a descrição da média diária e sazonal de eventos climáticos que ajudam a descrever uma região. As estatísticas são extraídas de várias décadas de observação (AYOADE, 2002).

O extenso território brasileiro, a diversidade de formas de relevo, a altitude e dinâmica das correntes e massas de ar possibilitam uma grande diversidade de climas no Brasil. Atravessado na região norte pela Linha do Equador e ao sul pelo Trópico de Capricórnio, o Brasil está situado, na maior parte do território, nas zonas de latitudes baixas, chamadas de zonas intertropicais, nas quais prevalecem os climas quentes e úmidos, com temperaturas médias em torno de 20°C.

Na região Sul do Brasil o clima subtropical é representado pela classificação climática de Köppen-Geiger como *Cfa* ou *Cfb*. O primeiro é o subtropical com verões quentes,

cuja temperatura do mês mais quente é superior aos 22°C, enquanto a segunda sigla corresponde ao clima subtropical com verões amenos. O Clima *Cfa* pertence às regiões mais baixas, enquanto o clima *Cfb* corresponde às áreas de maiores altitudes.

A vegetação, nas áreas de clima subtropical, é diferente conforme a altitude do local. Nas partes mais altas, ocorrem os bosques de araucárias. Nas planícies, há a predominância de campos, com vegetação rasteira de gramíneas, denominadas pampas.



**Figura 5.1-1. Regiões de clima subtropical**

Na circulação atmosférica do Rio Grande do Sul prevalecem os efeitos determinados pela dinâmica entre o anticlone subtropical Atlântico, os intermitentes deslocamentos de massas polares e a depressão barométrica do nordeste da Argentina. O anticlone subtropical Atlântico é um centro de altas pressões cuja posição média anual é próxima a 30° S, 25° W. A circulação atmosférica, no sentido anti-horário, resulta no predomínio de ventos de leste-nordeste sobre toda a área do Brasil, situada abaixo, da latitude 10° S. A depressão barométrica do nordeste da Argentina é uma área quase permanente de baixas pressões, geralmente estacionária ao leste dos Andes, cuja posição anual média é de aproximadamente 29° S, 66° W. Esta depressão é causada pelo bloqueio da circulação geral atmosférica imposto pelos Andes e acentuada pelo intenso aquecimento das planícies de baixa altitude da região (Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, disponível em <http://www.semc.rs.gov.br/atlas>).

Em relação aos ventos, pode-se dizer que são uma contínua movimentação da atmosfera, fruto da circulação de massas de ar provocadas pela energia solar e pela rotação terrestre. Dentre os mecanismos atuantes, tem-se o aquecimento desigual da superfície terrestre, que ocorre em escala global (latitudes e ciclo dia-noite) e local (mar-terra, montanha-vale). Dessa forma as velocidades e direções dos ventos apresentam tendências diurnas e sazonais dentro de um caráter aleatório. O gradiente de pressão atmosférica entre a depressão do nordeste da Argentina e o anticlone subtropical Atlântico induz um escoamento persistente de leste-nordeste ao longo de

toda a região Sul do Brasil. Desse escoamento resultam ventos com velocidades médias anuais entre 5.5 m/s a 6.5 m/s sobre a maior parte da região.

Segundo o Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, no que diz respeito à área de influência do empreendimento, especificamente nas serras do centro e do oeste, as velocidades dos ventos se intensificam no período noturno, com picos ocorrendo entre as 22 horas até as 6 horas da manhã. Essas velocidades se atenuam durante o dia, e principalmente nos meses de verão e outono.

Ao longo do litoral, as brisas marinhas aumentam a velocidade dos ventos a partir das 11 horas até as 18 horas, ao longo da primavera e se estendem pelos meses de verão. Por causa da grande amplitude térmica anual essa situação se reverte nos meses mais frios do inverno, onde as menores velocidades são registradas no período das 14 horas até as 23 horas.

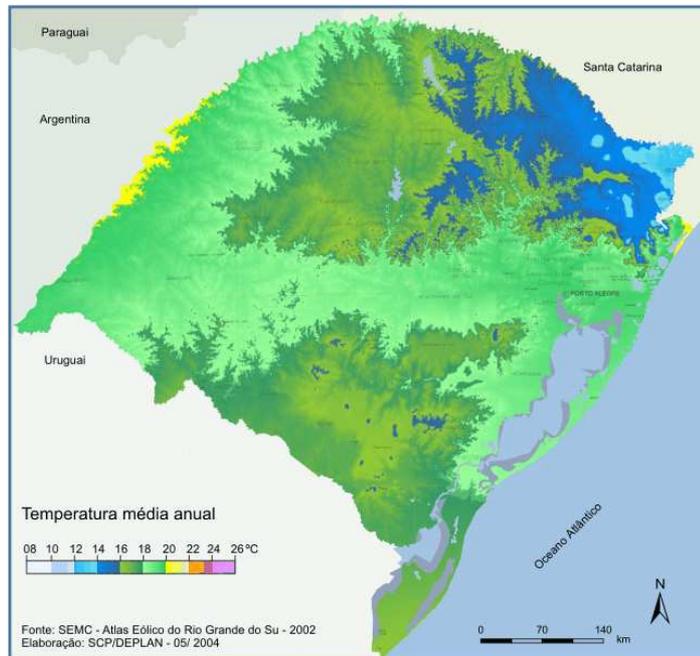
Em relação à sazonalidade dos ventos, na segunda metade do ano ocorrem ventos mais intensos em todas as regiões do Estado, com pequena discrepância dos picos entre os extremos leste e oeste do Estado. Em relação aos regimes diurnos observa-se uma defasagem entre as áreas litorâneas e o interior: no litoral, as brisas marinhas favorecem ventos mais intensos no período da tarde até o anoitecer, enquanto que no interior os ventos são mais intensos no período noturno.

A formação de geadas é um fenômeno normal no Rio Grande do Sul, dada sua latitude e orografia. As geadas são observadas com mais frequência nos municípios de Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Vacaria e São Francisco de Paula, com número de ocorrências superior a 25 geadas por ano, devido à altitude em que se encontram. A precipitação da neve, embora registrada em mais da metade do Estado, ocorre com mais frequência em uma área extremamente restrita. As regiões mais susceptíveis são apenas as situadas nos pontos mais elevados do Escudo e do Planalto Superior. Convém salientar que este fenômeno não ocorre regularmente, podendo passar-se vários anos que se observe qualquer ocorrência.

### **5.1.2.1 Temperaturas**

Com relação às temperaturas foram utilizadas as estações meteorológicas de Porto Alegre e Rio Grande, as duas nas extremidades do projeto, mas que dispõem das informações solicitadas em Termo de Referência. Os dados foram adquiridos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e são referentes ao ano de 2007, devido disponibilidade anual dos dados.

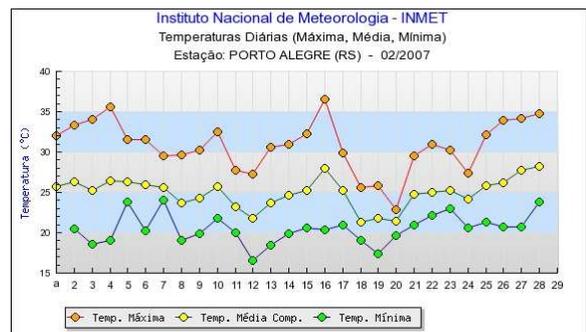
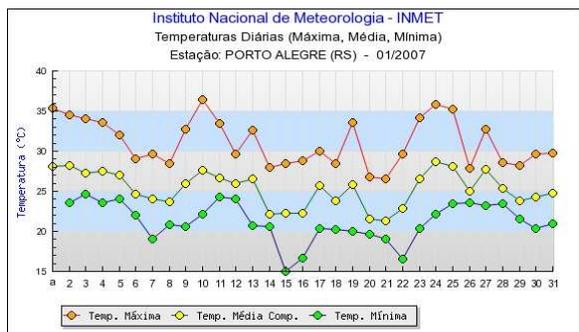
No Estado, as temperaturas médias anuais variam entre 15° C a 20° C (Figura 1.2), com mínimas de até -10° C e máximas de 40° C. Nos locais com altitudes acima de 1.100 m, cai em para aproximadamente 10° C. Apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos bastante rigorosos, com a ocorrência de geada e precipitação eventual de neve.

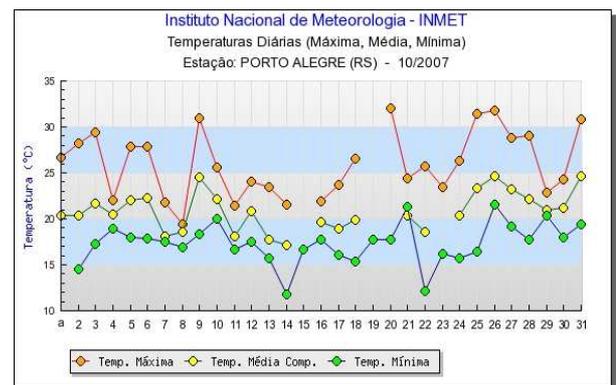
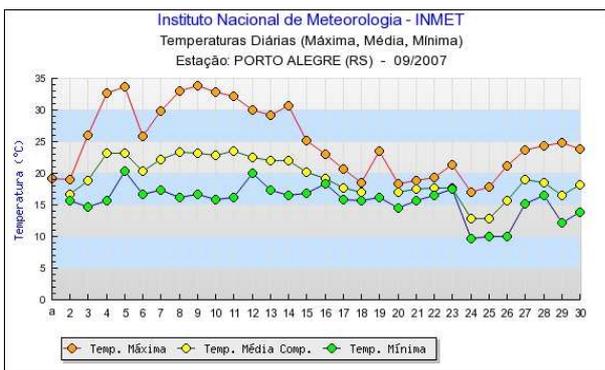
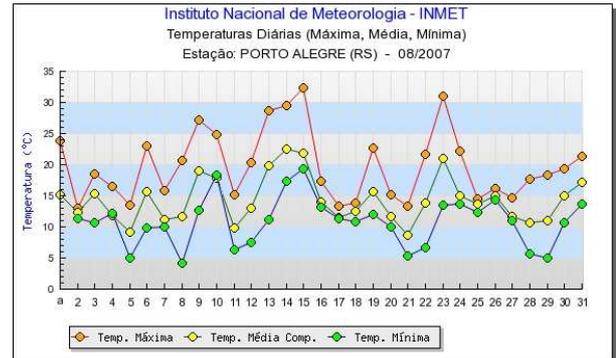
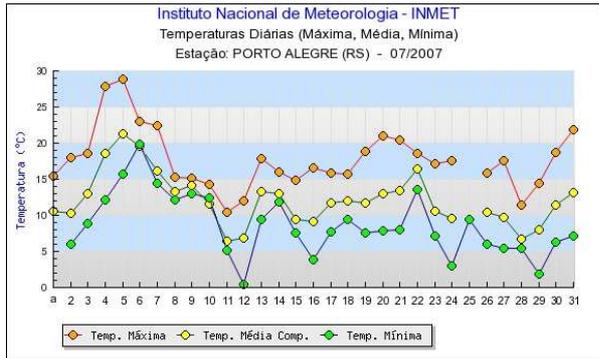
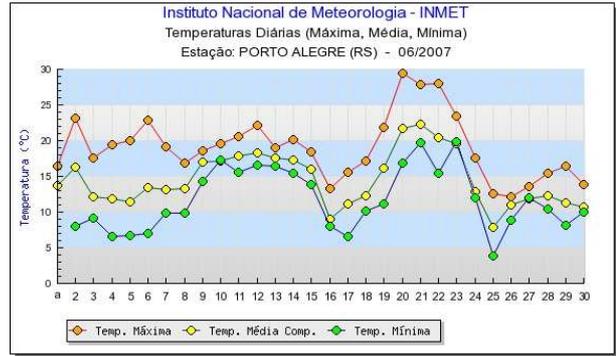
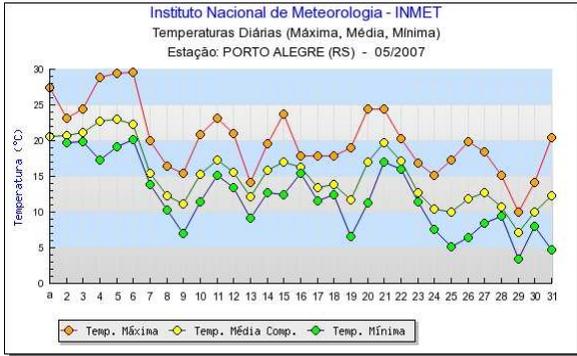
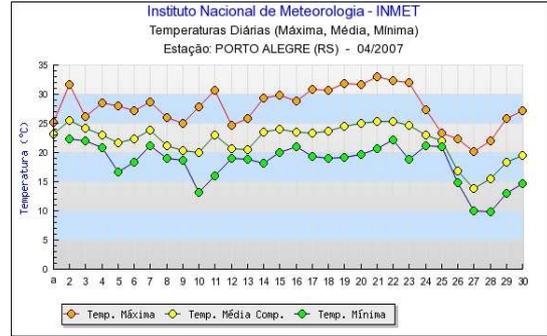
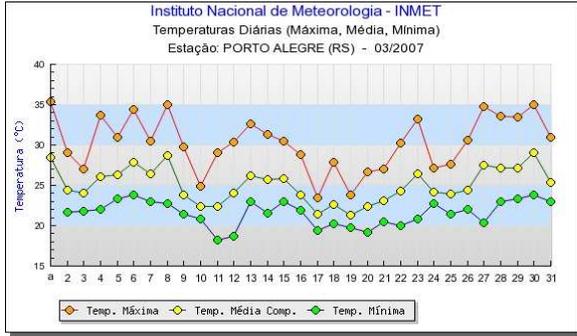


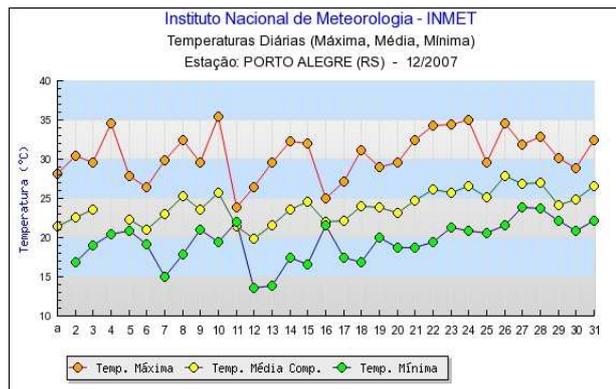
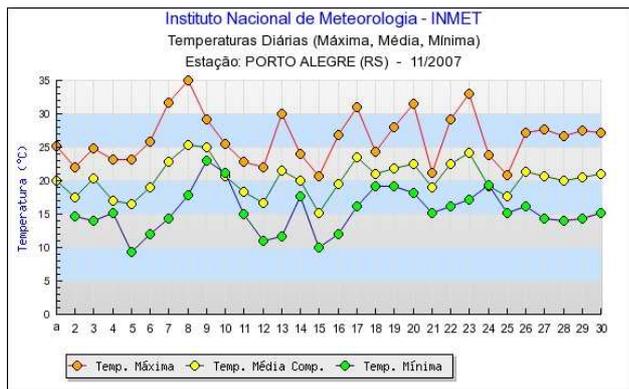
**Figura 5.1-2 Temperatura média anual no Estado do Rio Grande do Sul**

As figuras abaixo contêm dados das médias de temperaturas diárias, entre janeiro e dezembro do ano de 2007, a partir dos dados coletados na Estação Meteorológica de Porto Alegre. Conforme observado, entre os meses de janeiro a abril, as temperaturas médias diárias ficam em torno de 20° a 22° C, caindo no mês de maio para uma média entre 14° a 16°C. De junho a agosto, meses mais frios, as temperaturas caem para cerca de 12° C, e aumentam gradativamente nos meses de setembro e outubro. O mês de novembro registra as temperaturas médias mais altas, acima de 24°C, diminuindo em dezembro e seguindo as médias diárias de 20° a 22°C até março.

**Temperaturas Médias Diárias - Estação Porto Alegre – 2007**







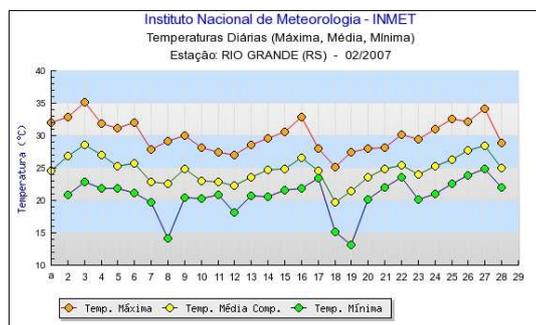
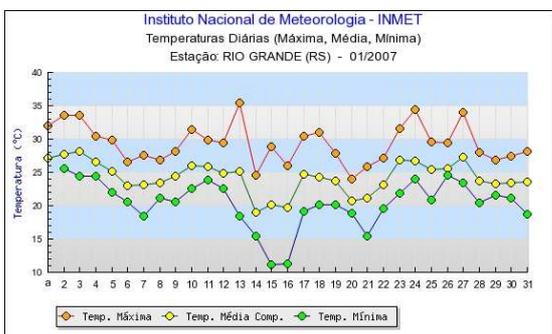
**Figura 5.1-3 Médias de temperaturas diárias, entre janeiro e dezembro do ano de 2007**

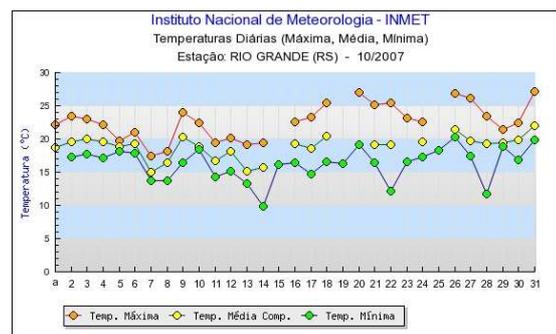
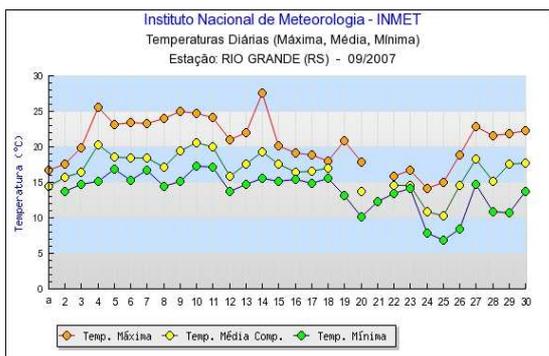
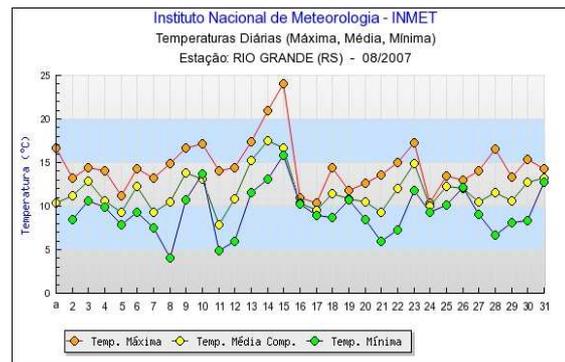
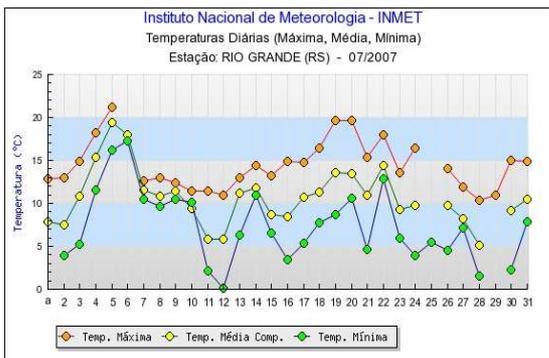
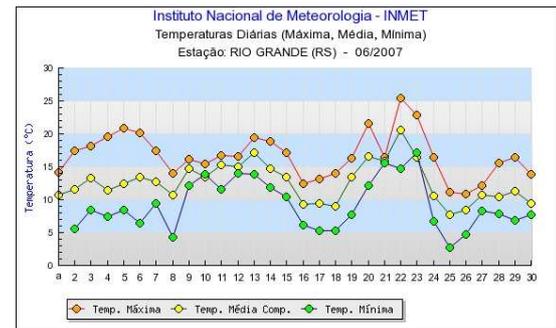
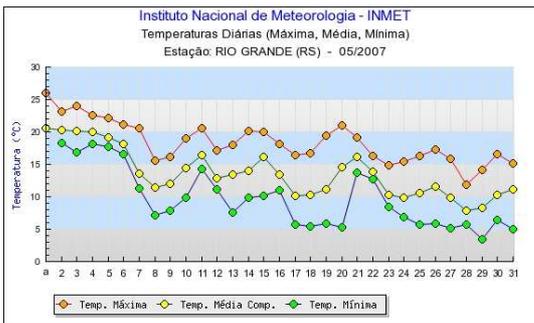
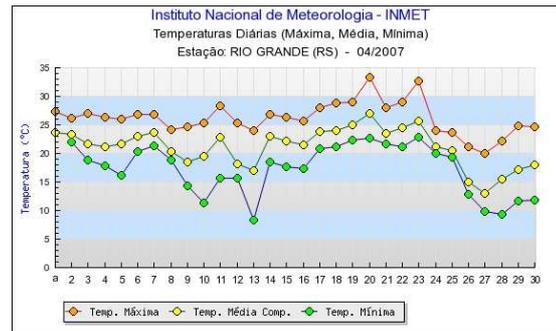
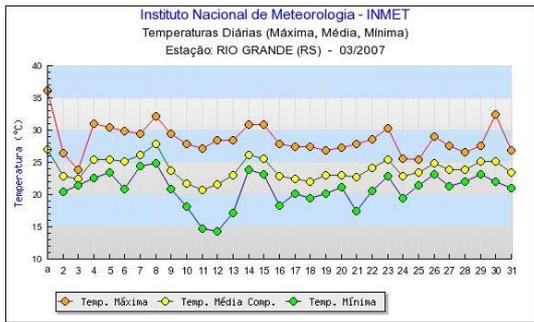
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

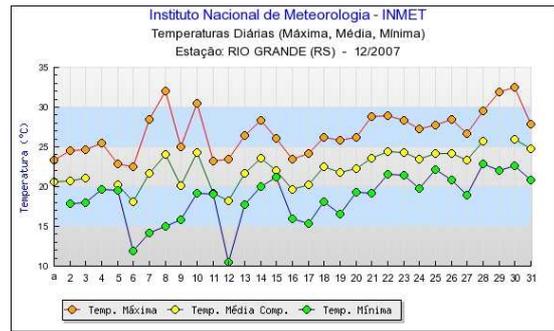
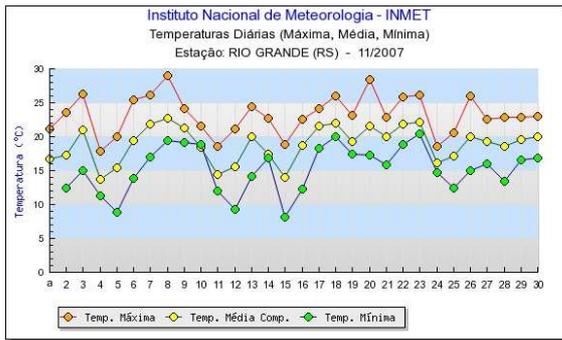
As figuras abaixo se referem aos dados da Estação Meteorológica de Rio Grande. Nesta estação as temperaturas médias diárias, entre os meses de janeiro a março, ficam em torno de 25°C a 30°C. No mês de abril a temperatura cai para uma média de 15°C a 25°C, e continua caindo entre os meses de maio a agosto para uma média diária em torno de 10°C a 25°C, que o período mais frio do ano. A partir do mês de setembro, até novembro, as temperaturas sobem para uma média de 20°C a 25°C, retornando em dezembro as médias do início do ano, em torno de 25°C a 30°C, sendo os meses mais quentes do ano.

Vale ressaltar que em climas temperados, a temperatura varia regularmente durante todo o ano, com a definição nítida das quatro estações do ano, possuindo uma grande amplitude térmica no decorrer do dia. A altitude e a influência marinha também afetam sobremaneira a temperatura do ambiente.

### Temperaturas Diárias - Estação Rio Grande - 2007





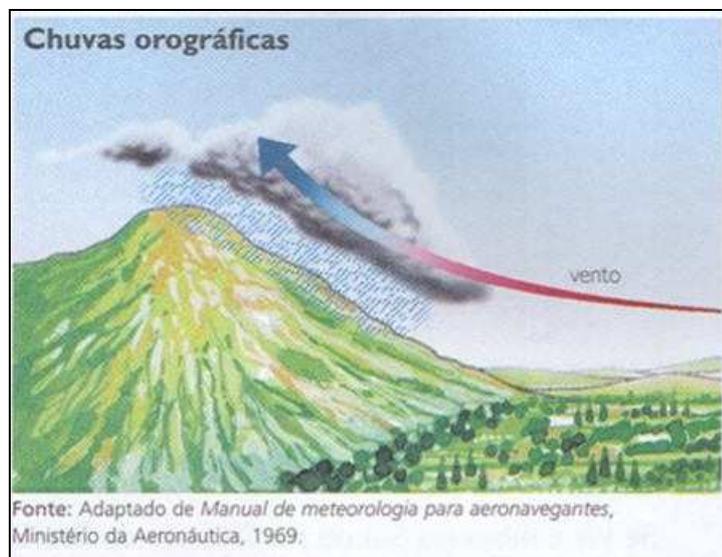


Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

**Figura 5.1-4 Dados da Estação Meteorológica de Rio Grande**

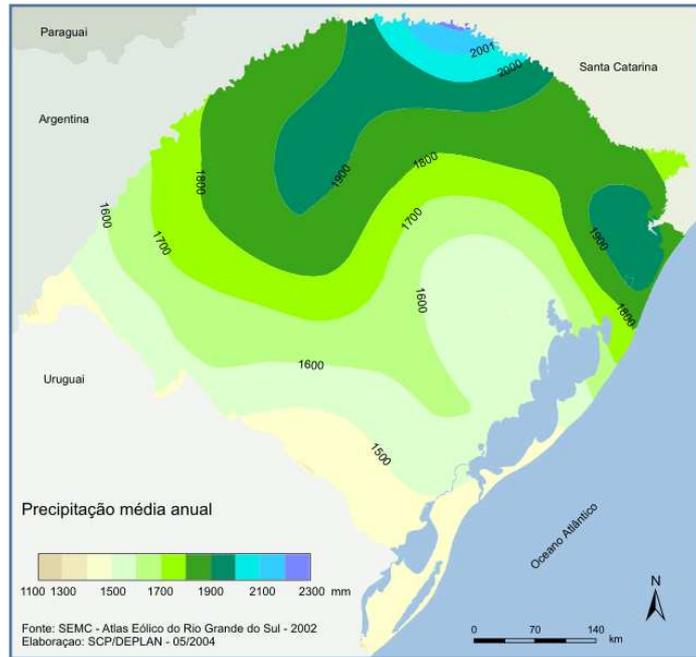
### 5.1.2.2 Precipitações

Com relação às precipitações, o Estado apresenta uma distribuição relativamente equilibrada das chuvas ao longo de todo o ano, em decorrência das massas de ar oceânicas que penetram no Estado. O volume das chuvas, no entanto é diferenciado: ao sul, a precipitação média situa-se entre 1.299 e 1.500 mm e, ao norte, a média está entre 1.500 e 1.800 mm, com intensidade maior de chuvas a nordeste do Estado, especialmente na encosta do planalto, local com maior precipitação no Estado, devido aos processos orográficos de formação de chuvas.



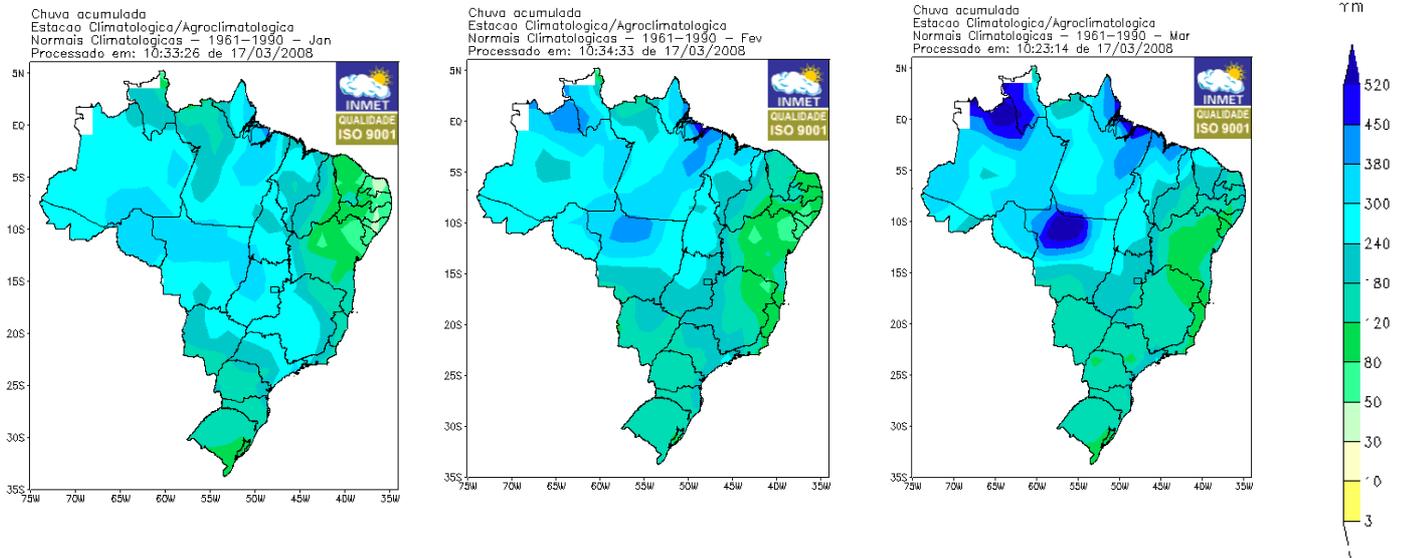
**Figura 5.1-5 Esquema das chuvas orográficas**

Na figura abaixo pode-se observar que a precipitação média anual na área de influencia varia entre 1500 a 1600 mm, segundo dados da Secretaria de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul.



**Figura 5.1-6 Precipitação Média Anual no Rio Grande do Sul**

**Normais Climatológicas – 1961/1990 – Chuva Acumulada.**



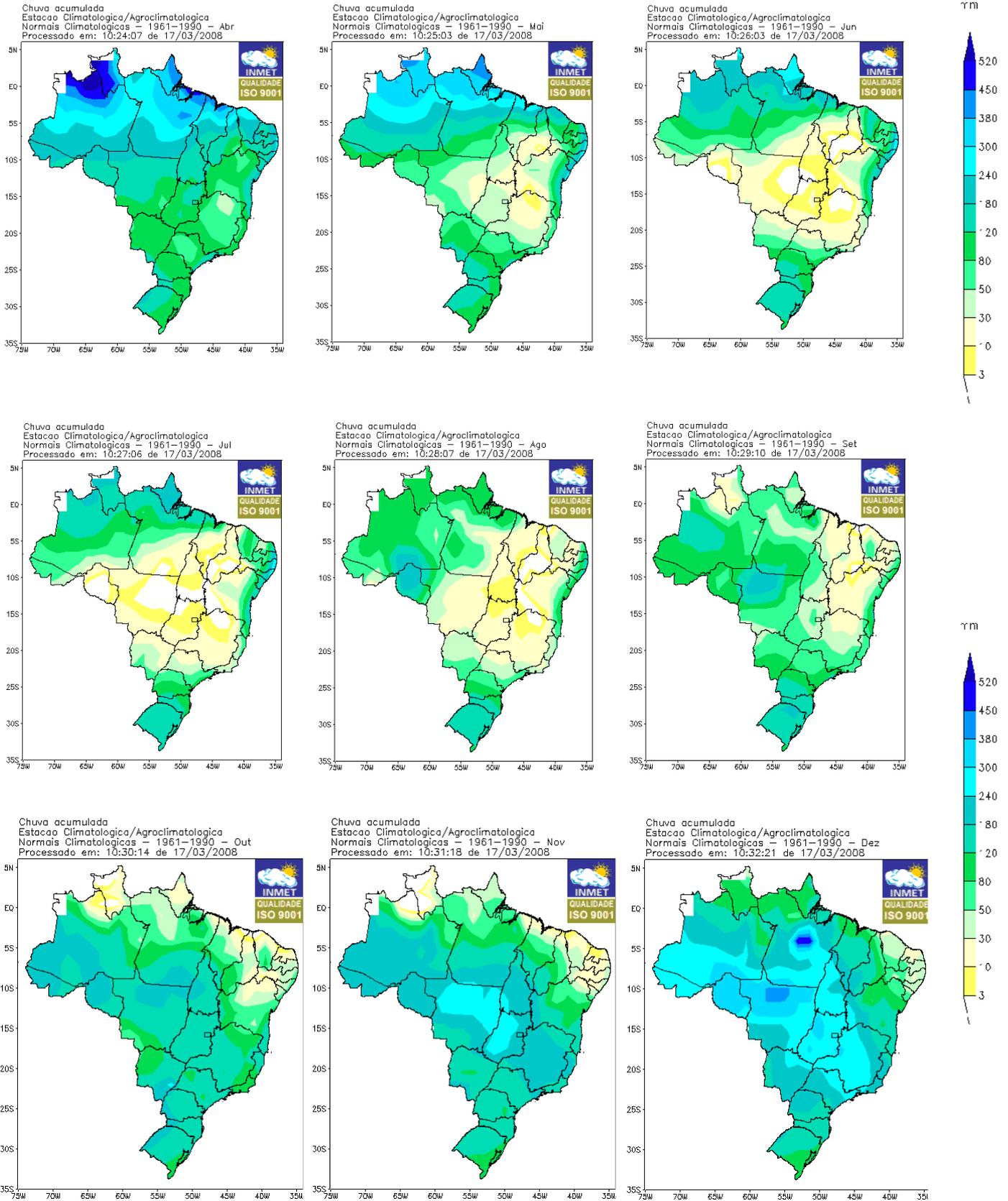


Figura 5.1-7 Normais Climatológicas – 1961/1990 – Chuva Acumulada

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

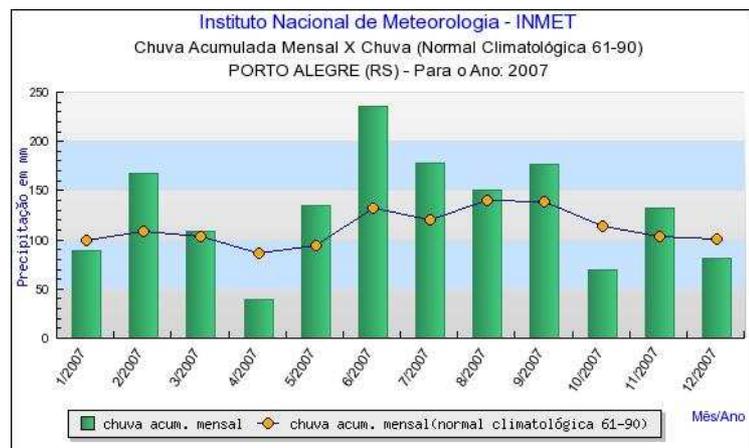
De acordo com as figuras acima, o Estado do Rio Grande do Sul possui uma variação da chuva acumulada, em cada mês do ano, em torno de 180 e 80 mm, concordando com os dados de médias anuais apresentados pela Secretaria de Meio Ambiente. Os meses de abril, maio, novembro e dezembro são os que registram menor quantidade de chuva acumulada na área de influência do empreendimento, estando dentro de uma média de 80 mm acumulados durante o mês. Os meses de fevereiro, junho, julho, agosto e setembro representam os meses com maior média de chuva acumulada, em torno de 180 mm mensais, conforme gráfico abaixo (para a Estação de Rio Grande):



**Figura 5.1-8 Meses com maior média de chuva acumulada - Estação de Rio Grande**

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

Para a Estação Meteorológica de Porto Alegre, segundo gráfico abaixo, os meses que apresentam maior índice de chuva acumulada na região são junho, com aproximadamente 230 mm/mês, seguido pelos meses de julho e setembro, com 180 mm/mês e fevereiro, com 170 mm/mês.

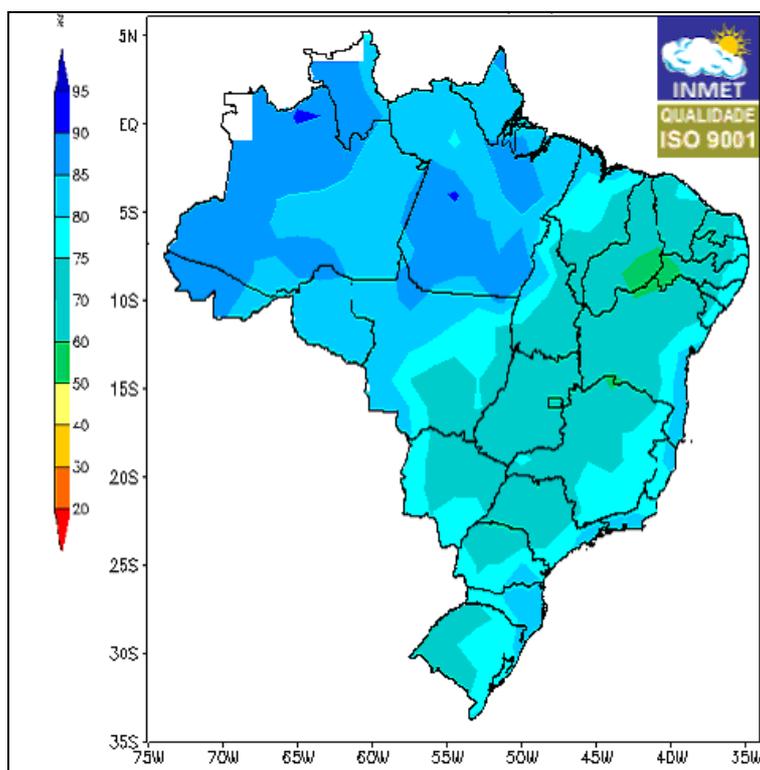


**Figura 5.1-9 Estação Meteorológica de Porto Alegre**

Fonte: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008

### 5.1.2.3 Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa corresponde à relação entre a quantidade de vapor de água existente na atmosfera, a uma determinada temperatura, e a quantidade para a qual o ar fica saturado a essa mesma temperatura, e exprime-se em percentagem (%). No caso de ar absolutamente seco ter-se-á 0%, e no caso de ar saturado, 100%. A umidade relativa varia não só com a quantidade de vapor de água existente, mas também com a temperatura do ar. A área onde se localiza o empreendimento está na zona, segundo a figura a seguir, onde a umidade relativa do ar encontra-se entre 75 e 80%, segundo média calculada em um período de 30 anos.

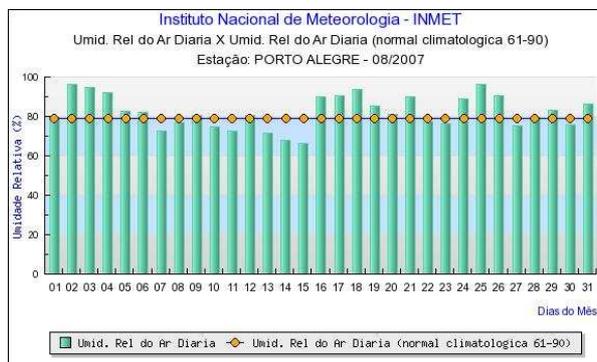
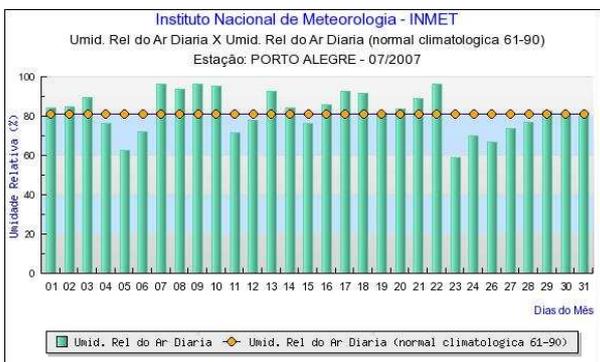
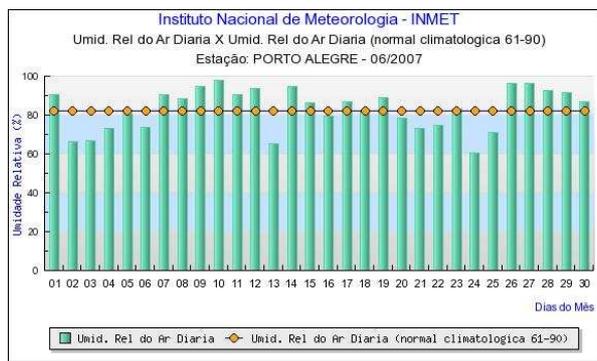
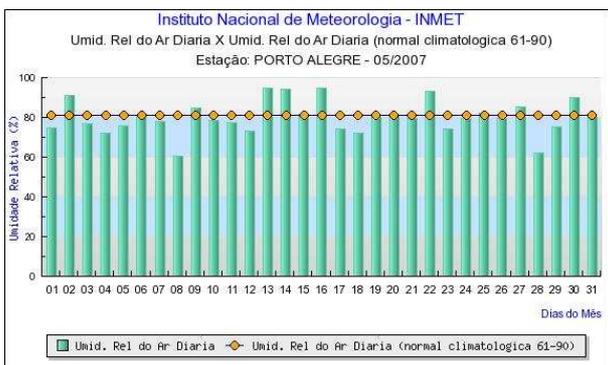
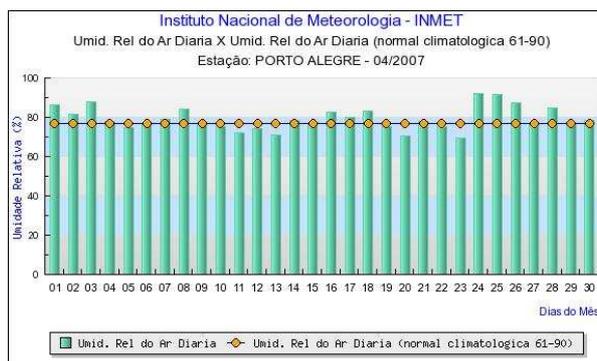
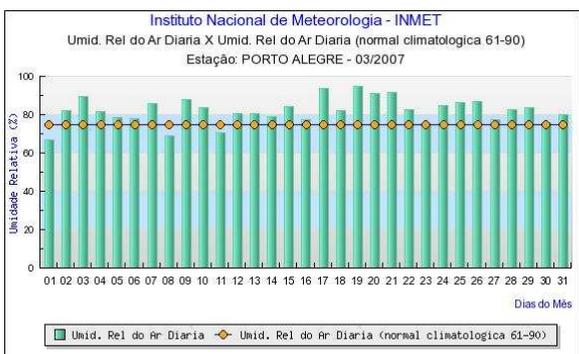
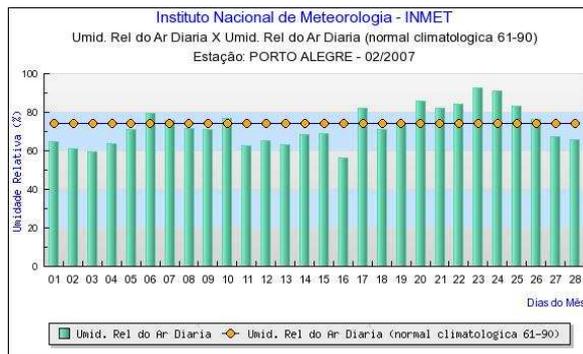
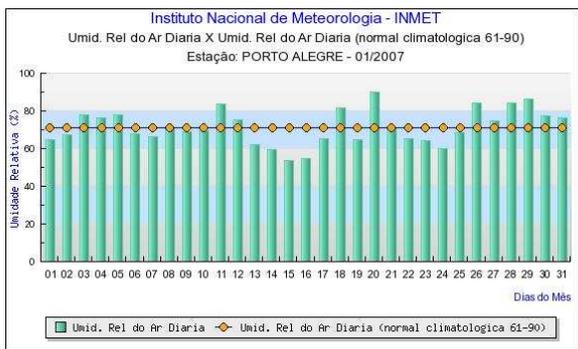


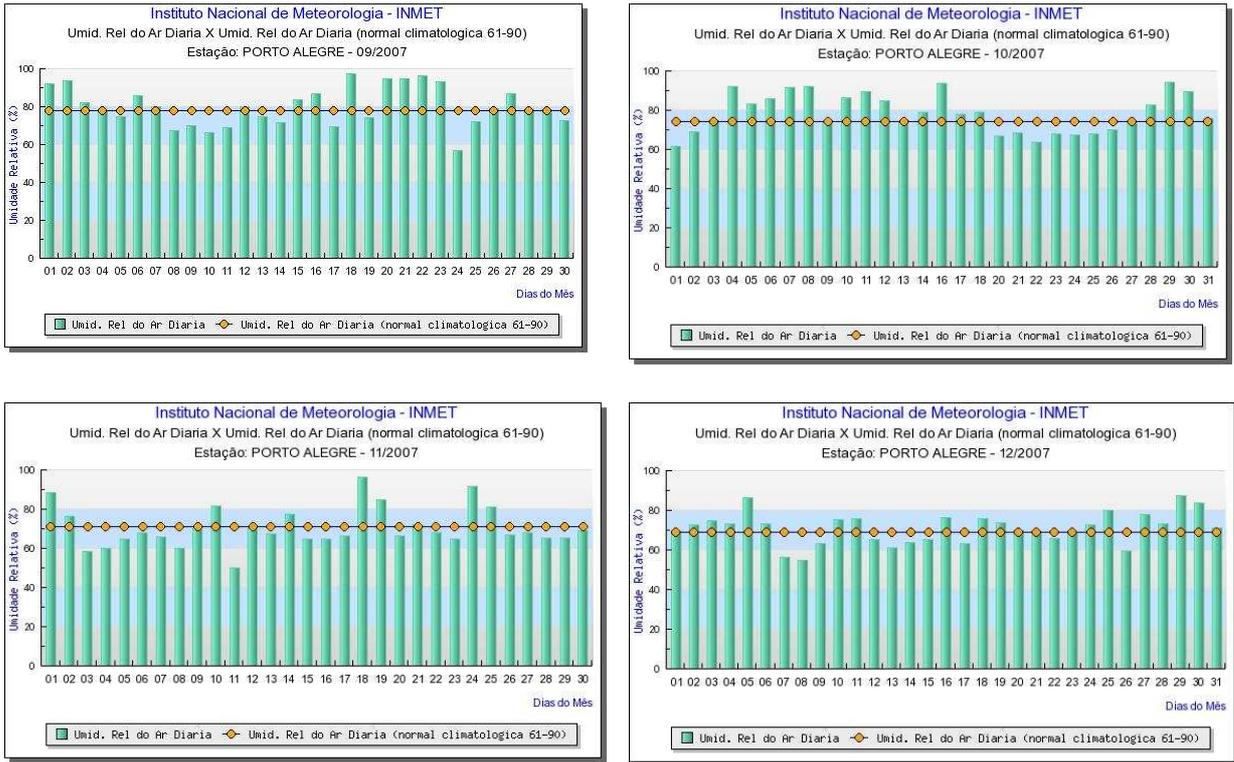
**Figura 5.1-10 Umidade Relativa do Ar**

**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

De acordo com os gráficos, dados da Estação de Porto Alegre, os meses que possuem maiores índices de umidade relativa são março, junho, agosto, setembro e outubro, com médias diárias acima de 80%. Os meses com menores índices diários de umidade são janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, com médias em torno de 60%. Se for feita relação entre os dados de precipitações, anteriormente descritos, e umidade relativa, observa-se uma relação estreita entre esses dois fatores.

**Umidade Relativa do Ar – Estação Meteorológica de Porto Alegre - 2007**



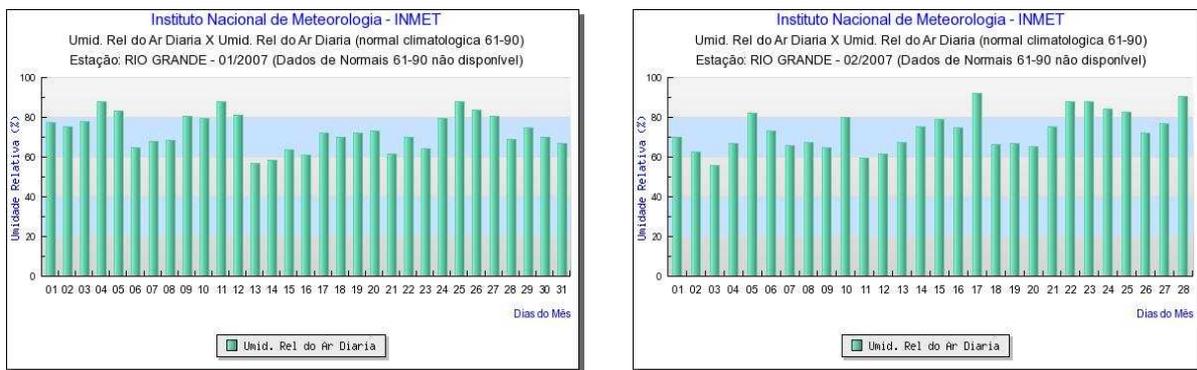


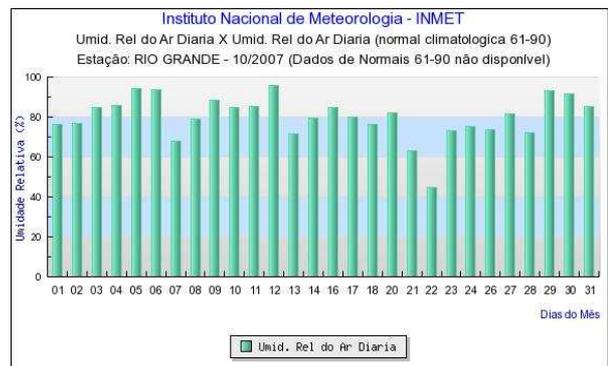
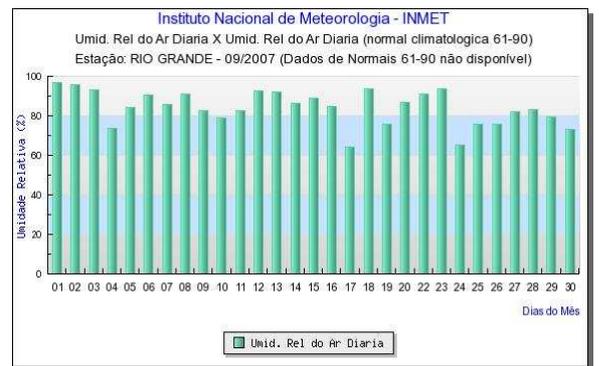
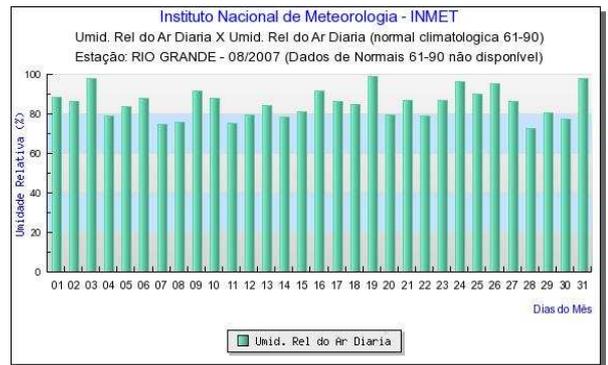
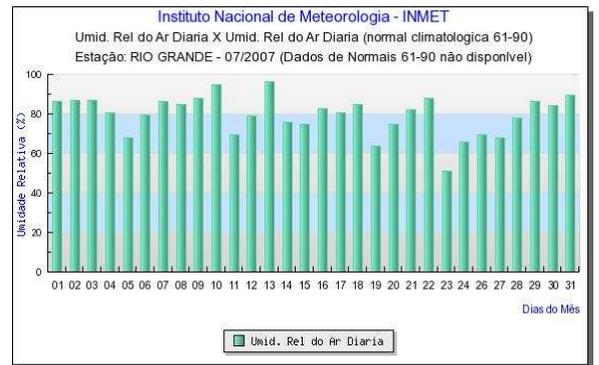
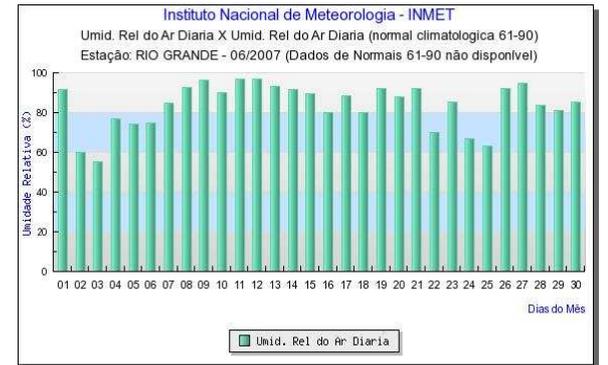
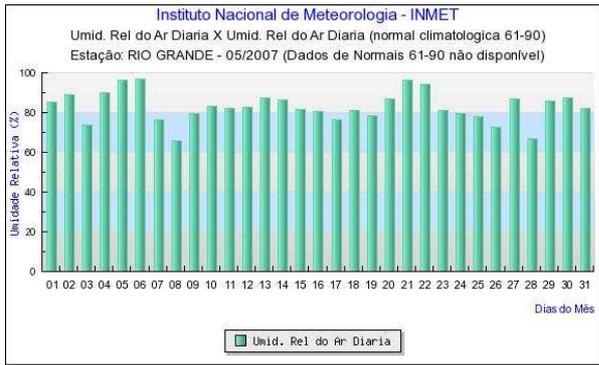
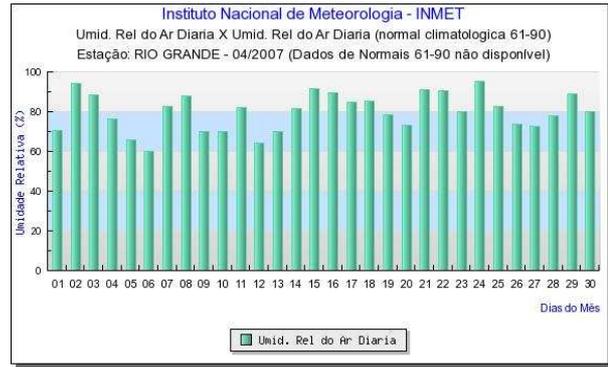
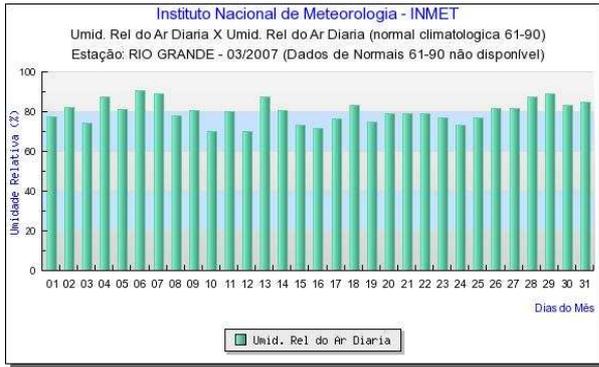
**Figura 5.1-11 Umidade Relativa do Ar – Estação Meteorológica de Porto Alegre – 2007**

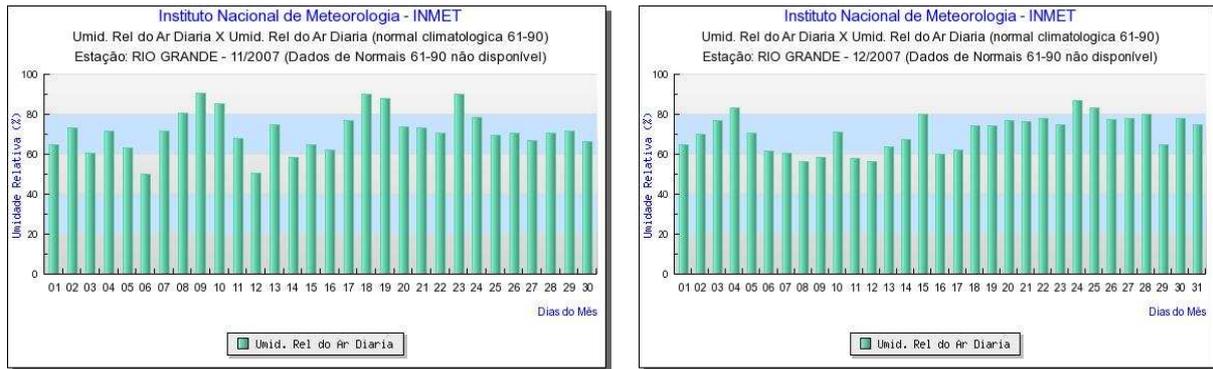
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

Para a Estação de Rio Grande, no ano de 2007, conforme quadro abaixo, os meses que apresentam maior índice de umidade relativa são março, maio, junho, agosto e setembro, com médias superiores a 80%. Os meses com menor índice são janeiro, fevereiro, outubro, novembro e dezembro. Pode-se observar também, para essa Estação, a relação direta entre quantidade de precipitação diária e umidade relativa.

**Umidade Relativa do Ar – Estação Meteorológica de Rio Grande – 2007**





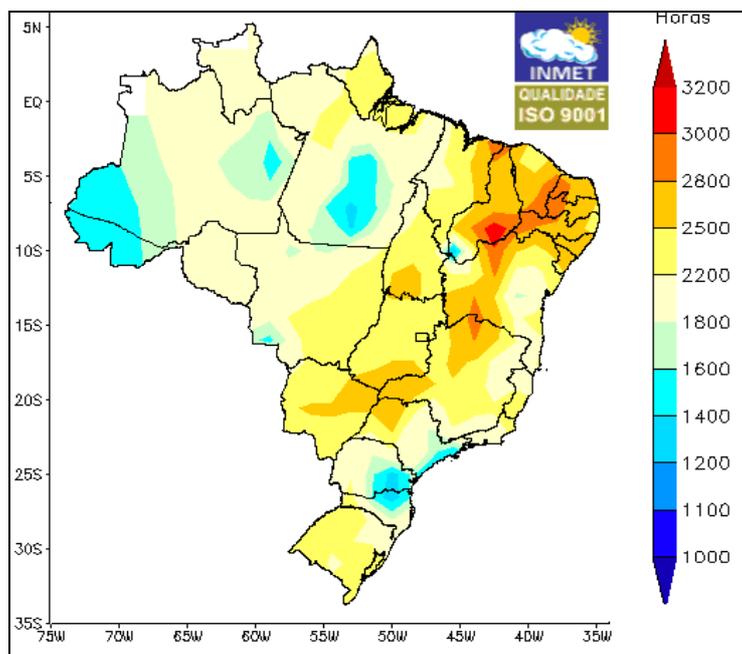


**Figura 5.1-12 Umidade Relativa do Ar – Estação Meteorológica de Rio Grande – 2007**

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

### 5.1.2.4 Insolação

A taxa de insolação é a radiação solar recebida pela Terra, ou mais precisamente, a taxa com que a energia solar é recebida em um determinado ponto. Ela varia com o tempo e com o espaço, e depende do grau de exposição ao sol e do ângulo de incidência dos raios solares. Em uma escala global, a distribuição desigual da insolação é a causa fundamental da circulação atmosférica e de muitos fenômenos climáticos, através do mecanismo polar de transferência de calor. As variações na insolação também podem causar mudanças climáticas (AYOADE, 2002). A taxa de insolação observada na área de influência do empreendimento varia entre 1.800 a 2.500 horas, conforme mostrado na figura abaixo:

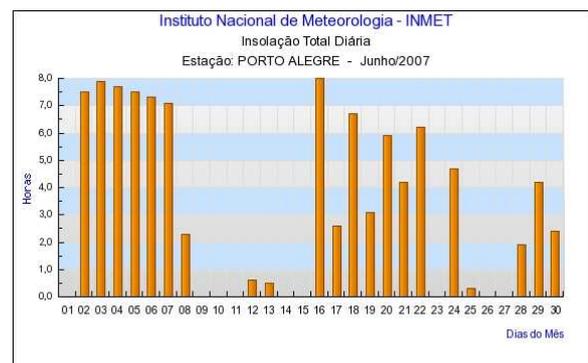
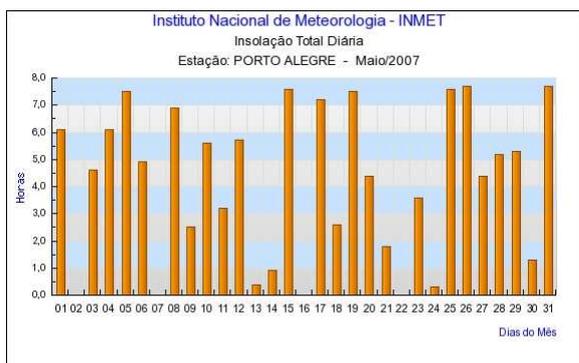
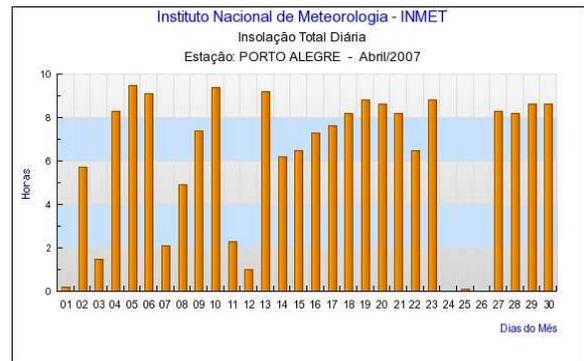
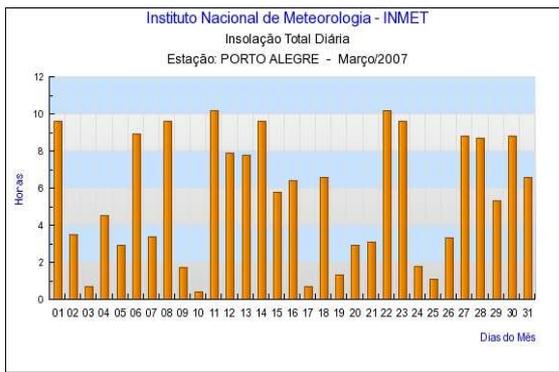
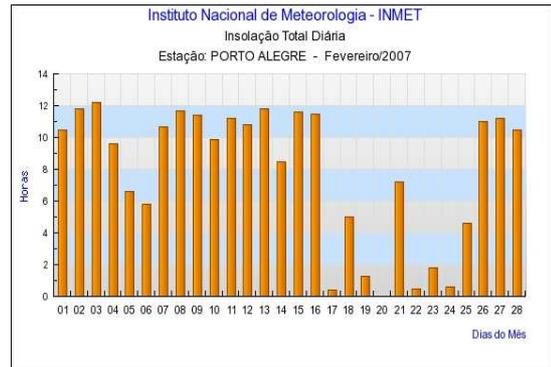
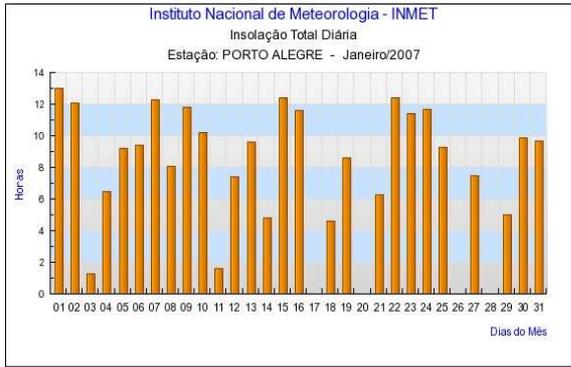


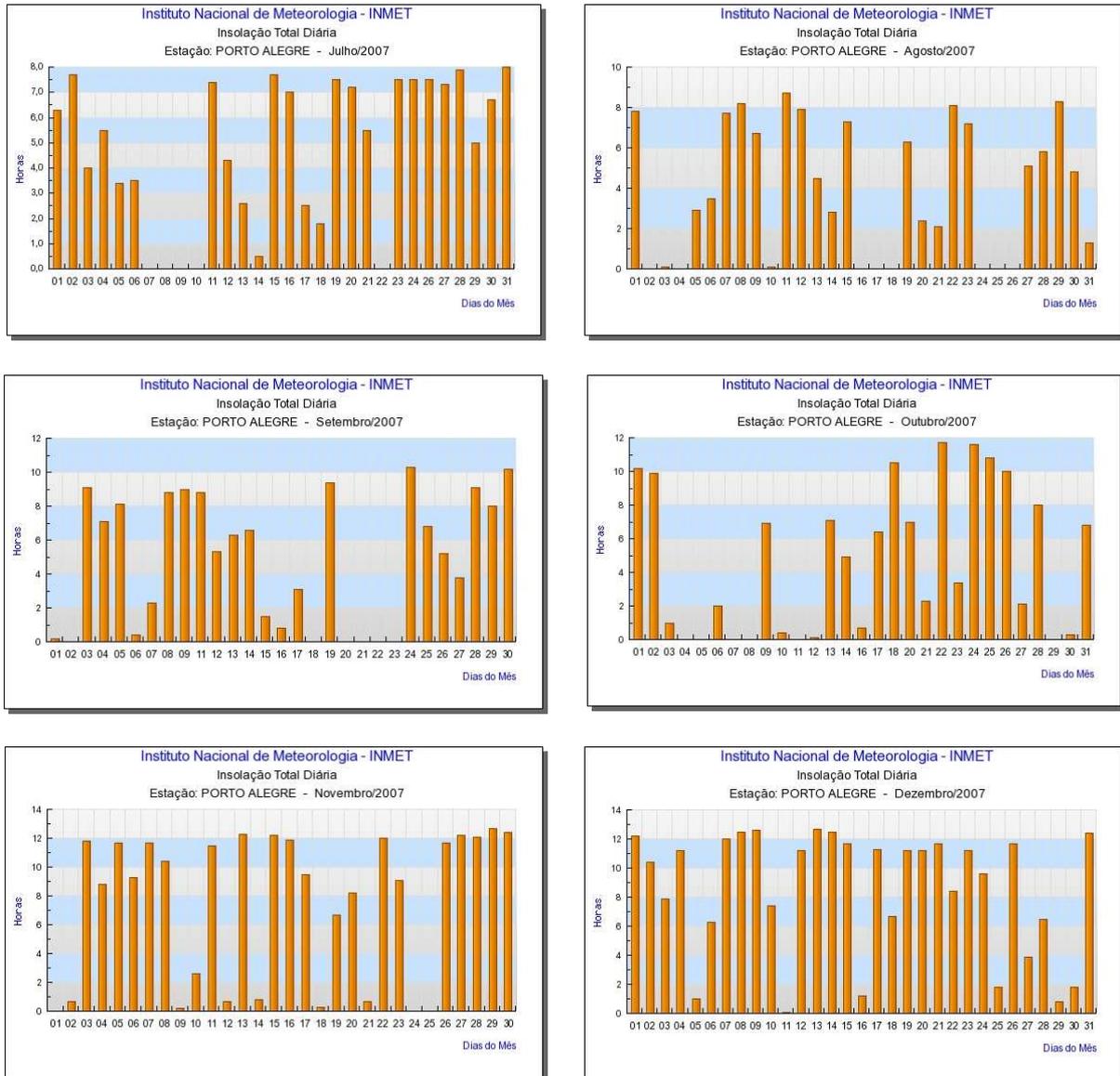
**Figura 5.1-13 Insolação**

Fonte: INMET

Segundo os dados fornecidos pela Estação Meteorológica de Porto Alegre, no ano de 2007, os meses com maiores índices de insolação diária são dezembro, janeiro, fevereiro e março, coincidindo exatamente com o verão, caracterizadas taxas médias acima de 10 horas diárias. Os meses com menores taxas de insolação são junho, julho, agosto, setembro e outubro, meses de inverno e outono, com taxas médias de insolação abaixo de 6 horas diárias.

**Insolação Total Diária – Estação Meteorológica de Porto Alegre – 2007**



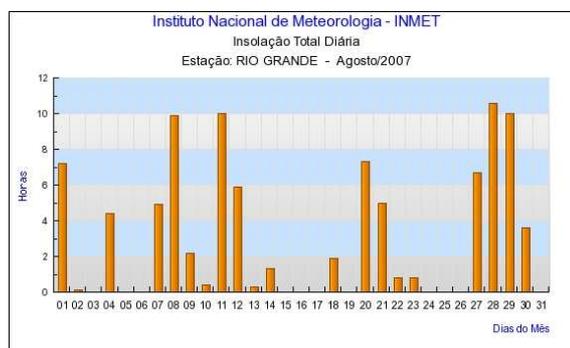
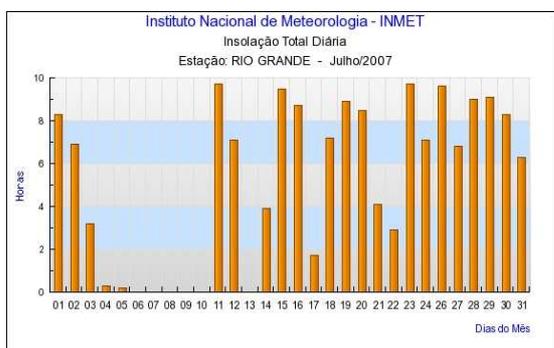
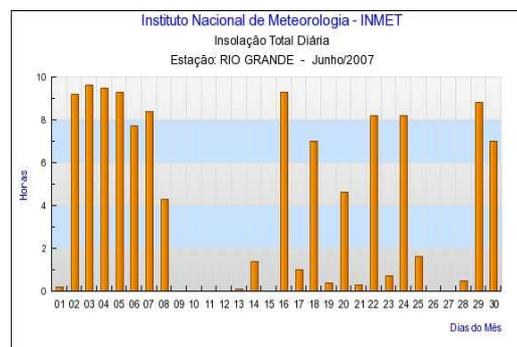
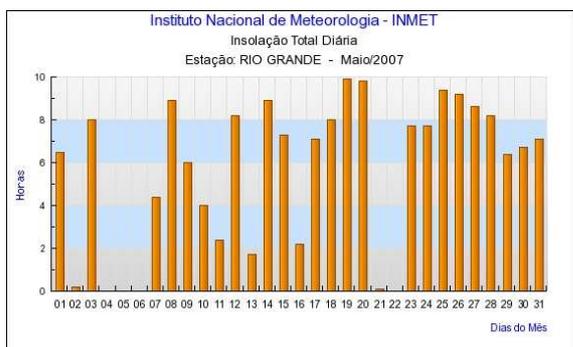
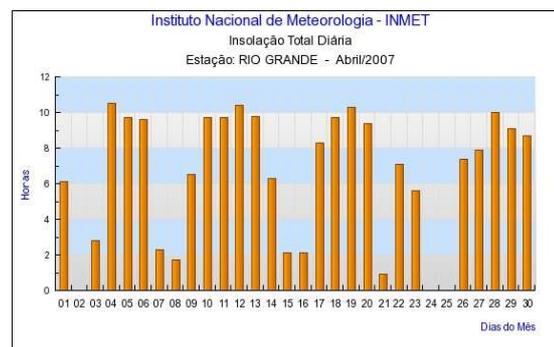
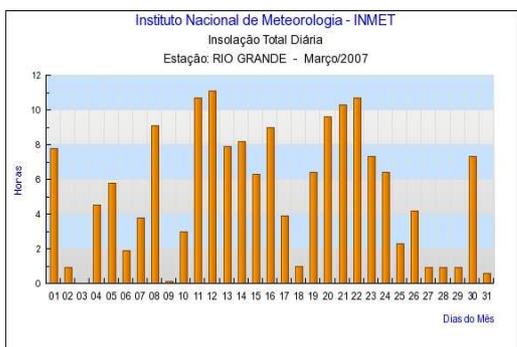
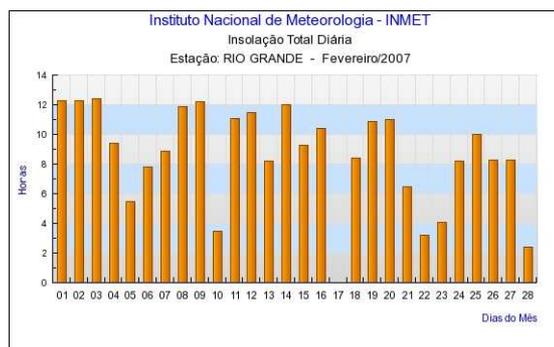
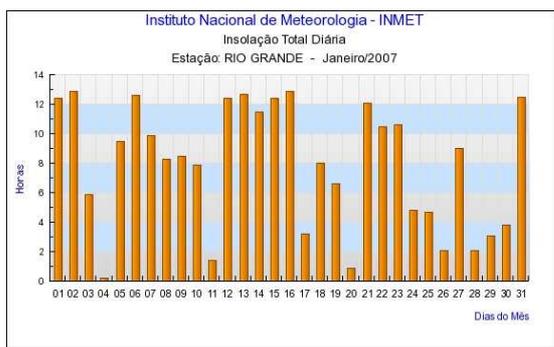


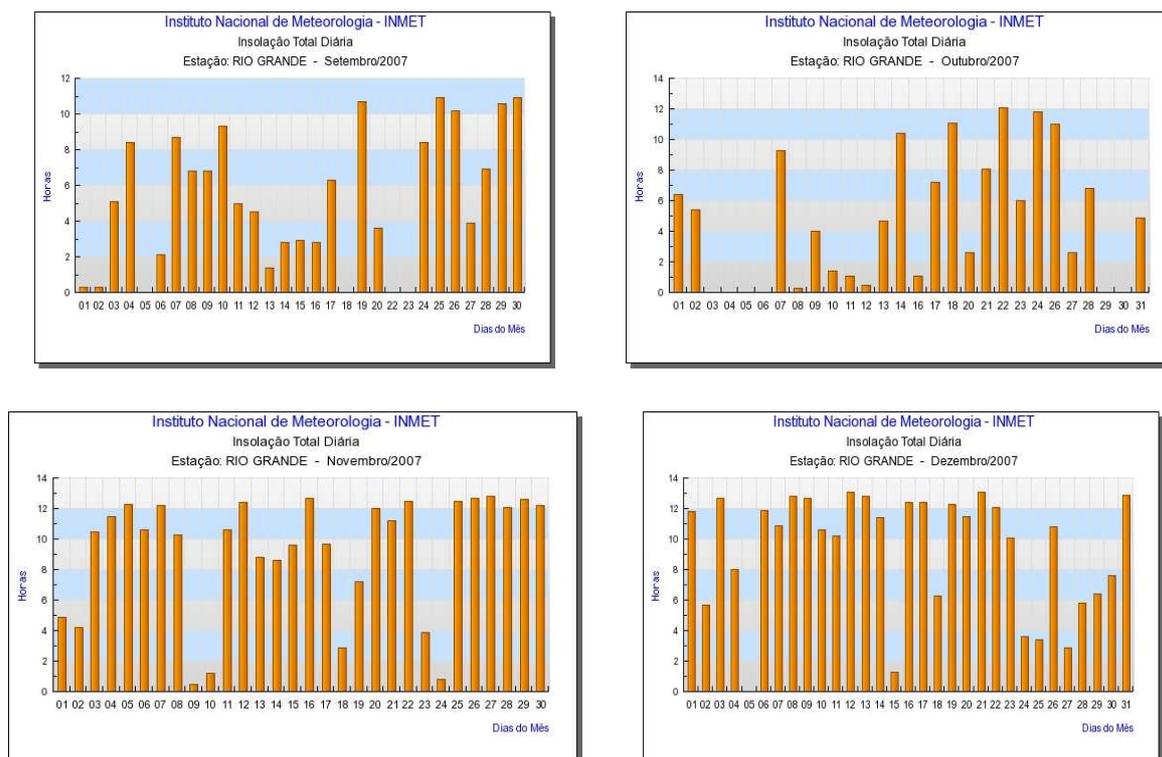
**Figura 5.1-14 Insolação Total Diária – Estação Meteorológica de Porto Alegre – 2007**

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

Para a Estação Meteorológica de Rio Grande, por estar em uma localização meridional em relação ao município de Porto Alegre, observa-se que os meses de junho a outubro são os que possuem menores taxas diárias de insolação, e meses de outono e inverno, sendo no mês de agosto o menor índice, com uma média mensal de aproximadamente 3 horas diárias. Os meses com maior índice de insolação diária são de janeiro a maio, novembro e dezembro, meses de primavera e verão, com médias diárias superiores a 10 horas diárias.

**Insoleção Total Diária – Estação Meteorológica de Rio Grande – 2007**



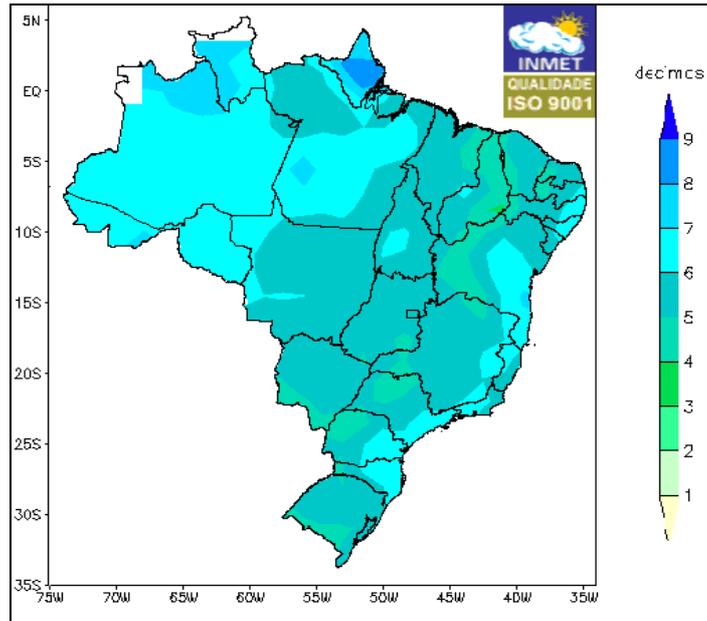


**Figura 5.1-15 Insolação Total Diária – Estação Meteorológica de Rio Grande – 2007**

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

### 5.1.2.5 . Nebulosidade

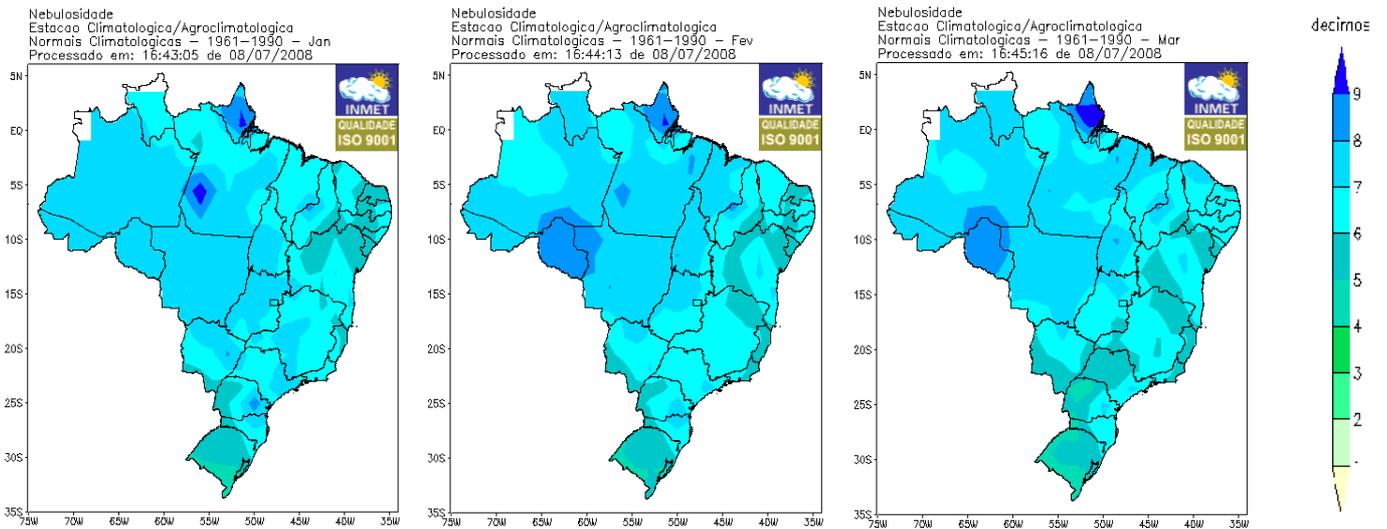
A nebulosidade refere-se à fração do céu coberta pelas nuvens quando observadas de uma localização em particular. Segundo as normas meteorológicas atuais, o céu é dividido em octas (ou décimas, dependendo da região). De acordo com o número de octas com cobertura total de nuvens, a nebulosidade pode ser dividida em: céu limpo ou ensolarado; céu quase limpo; céu pouco nublado; céu parcialmente nublado; céu quase nublado e céu nublado (VIEIRA, 1984).

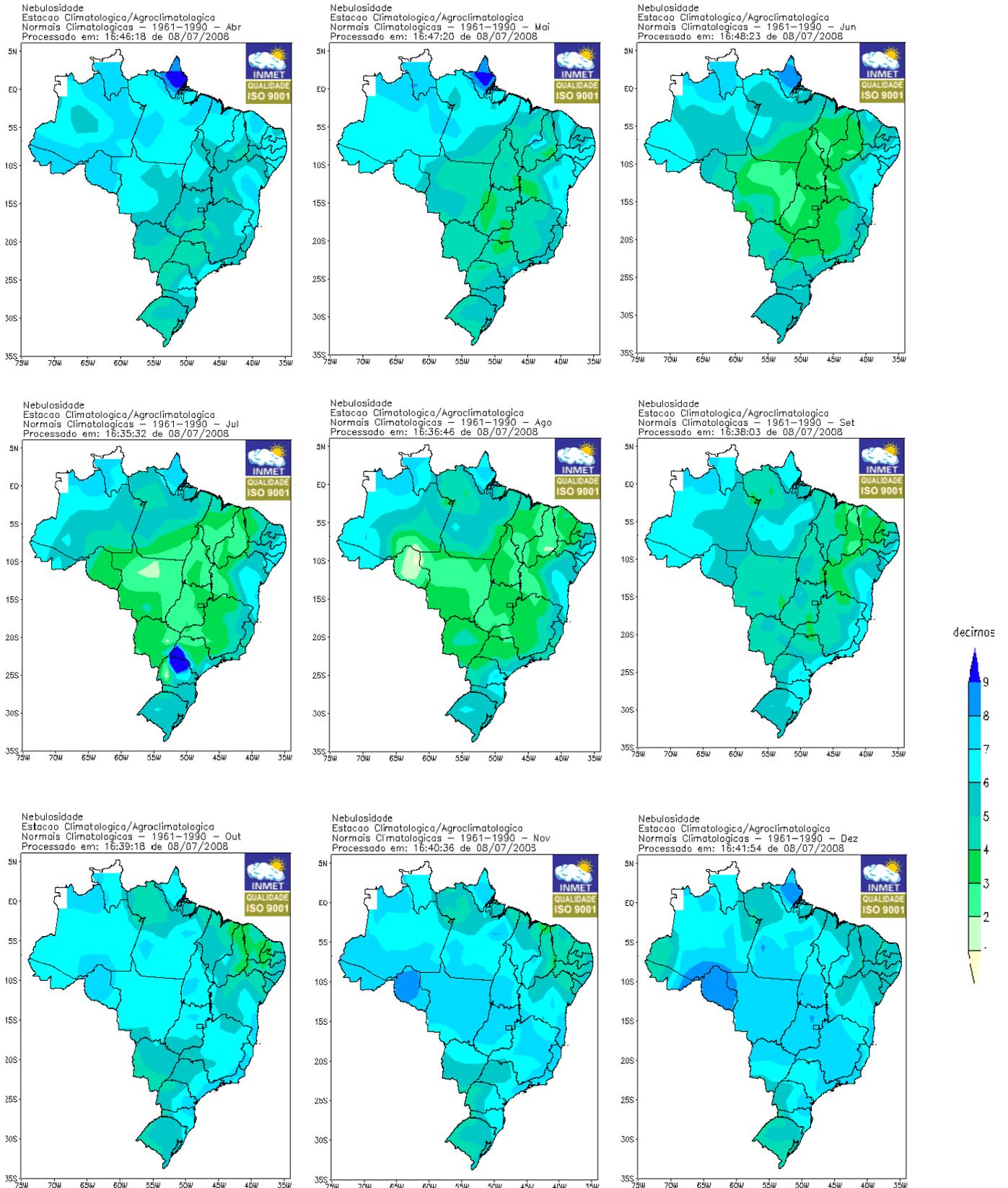


**Figura 5.1-16 Nebulosidade**

Fonte: INMET

Normais Climatológicas





**Figura 5.1-17 Nebulosidade – Normais Climatológicas 1960-1990**

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

Comparando-se com o restante do Brasil, de forma geral, a taxa de insolação na área de influência do empreendimento encontra-se na média geral. As maiores taxas de insolação encontram-se na região Nordeste e norte de Minas Gerais. As menores taxas encontram-se na região norte e litoral de São Paulo, Paraná e Santa Catarina.

Segundo as informações apresentadas nas figuras acima, a área de instalação do empreendimento está em uma área onde a nebulosidade se encontra entre 5 e 6 décimos de nebulosidade média anual, considerado como “céu quase nublado”. Os meses de junho a outubro são os mais nublados, coincidindo com o período de maior precipitação no Estado.

No final dos anos 80, a Organização Meteorológica Mundial e as Nações Unidas criou um Fórum para tratar de mudanças climáticas, conhecido na comunidade científica como IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change). Desde então, o IPCC vem divulgando resultados de pesquisas que mostram o aquecimento do nosso Planeta, especialmente no último século.

O final da década de 70, década de 80 e 90 foram as que tiveram as maiores elevações da temperatura, com taxas de 0,2°C a 1,0° C por década, dependendo da região. Ondas de calor, precipitações mais intensas, enchentes, com grande impacto na sociedade aumentaram significativamente em vários continentes. Ainda, segundo o IPCC, essas tendências observadas no passado recente, apresentam alta probabilidade de continuarem no mesmo sentido neste século XXI.

No Rio Grande do Sul, especificamente, resultados de pesquisa mostram que no período de 1913 a 1998 as temperaturas mínimas anuais, médias de todo o Estado, aumentaram a uma taxa linear média de 0,0168° C por ano, totalizando, nesses 86 anos do último século, um incremento de aproximadamente 1,4°C. A precipitação pluvial anual também aumentou nos últimos 50 anos a uma taxa média para todo o Estado de 6,2 mm por ano. É importante destacar a coerência espacial do incremento tanto de temperatura quanto da precipitação pluvial. Por exemplo: no caso da precipitação pluvial anual, 100% das 28 estações meteorológicas que foram estudadas, bem distribuídas no Estado, apresentaram sinal positivo, ou seja, aumento da precipitação pluvial anual. Em princípio, isso indica que fenômenos de grande escala seriam as causas dessa tendência. (BERLATO, 2004).

A análise de índices derivados da precipitação pluvial e das temperaturas diárias mostra aumento de ondas de calor e noites quentes, aumento de dias com precipitações intensas ( $\geq 20$  mm), aumento de períodos chuvosos, redução de períodos secos e redução de dias com geadas severas. Para a agricultura essas

possíveis mudanças nos extremos climáticos são preocupantes. Embora se possa pensar em algumas vantagens para a produção agrícola do Estado, como no caso de tendência de redução de períodos secos e de geadas severas, é muito provável que o balanço geral seja negativo: os impactos potenciais estão relacionados com perda de rendimento de importantes culturas, pragas e doenças, problemas de danos na pós-colheita, eficiência de pesticidas, entre outros (BERLATO, 2004).

### 5.1.2.6 Balanço Hídrico

Devido ao fato de a quantidade de água no planeta ser um recurso finito, deve-se encarar o ciclo hidrológico como um sistema fechado. O balanço hídrico pode ser desenvolvido para explicar os componentes hidrológicos.

O balanço hídrico é a somatória das quantidades de água que entram e saem de certa porção do solo em um determinado intervalo de tempo. O resultado é a quantidade líquida de água que nele permanece disponível às plantas. Os vários componentes de entrada do balanço hídrico de uma zona radicular hipotética podem ser representados através de um diagrama esquemático (TAMASELLA & ROSSATO, 2005). Nesta representação considera-se somente o movimento vertical de água dentro do volume de solo analisado. O que entra neste sistema é apenas a água da precipitação. O que sai é resultado da evapotranspiração real e da água que percola abaixo do alcance do sistema radicular das plantas que ali se encontram.

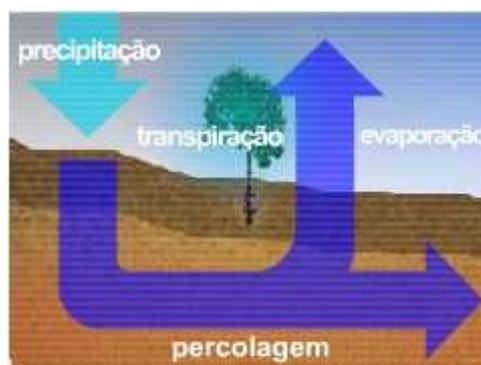


Figura 5.1-18 Balanço hídrico

A principal utilidade do balanço hídrico é identificar locais onde uma determinada cultura pode ser explorada com maior eficácia. Os balanços hídricos têm sido utilizados para estimar parâmetros climáticos e, a partir deles, estabelecer comparações entre as condições predominantes em locais diferentes (TAMASELLA & ROSSATO, 2005). Se a mesma metodologia de cálculo do balanço hídrico for adotada para todos os locais de uma mesma região, é possível identificar os locais

climaticamente favoráveis para a exploração de uma determinada cultura a partir da comparação dos resultados obtidos.

Determinar o balanço hídrico não é uma atividade simples, às vezes nem sempre possível: os pesquisadores estão buscando diversas formas de estimar o balanço hídrico como, por exemplo, a partir de variáveis meteorológicas. Estes tipos de estudos ficam restritos a pequenas áreas e tem o objetivo de apenas verificar modelos matemáticos desenvolvidos para simular o balanço hídrico. As medidas necessárias ao balanço hídrico exigem equipamentos sofisticados e de mão-de-obra especializada (TAMASELLA & ROSSATO, 2005).

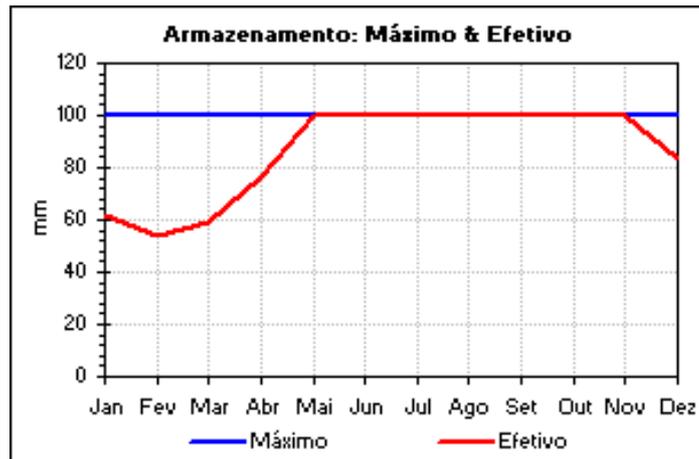
Existem diversos métodos para o cálculo do balanço hídrico, sendo que cada um tem uma finalidade diferente. Um dos modelos mais conhecidos foi proposto por Charles Warren Thornthwaite, em 1948 e posteriormente modificado por John Russ Mather, em 1955. Sua principal função é servir como base para uma classificação climática.

O método proposto por Thornthwaite e Mather tem sido amplamente utilizado, por possibilitar a previsão da variação temporal do armazenamento de água no solo. Ele inclui estimativas da evapotranspiração real, déficit hídrico e excedente hídrico. Esse método considera que a taxa de perda de água por evapotranspiração varia linearmente com o armazenamento de água no solo. Em condições naturais, um ecossistema cultivado apresenta um balanço hídrico que pode ser expresso da seguinte forma:

$$P + I - ET - R \pm D \pm \Delta A = 0$$

Sendo: *P* a precipitação; *I* a irrigação; *ET* a evapotranspiração; *R* o escoamento superficial da água; *D* a drenagem profunda e;  $\Delta A$  a variação da água armazenada no solo.

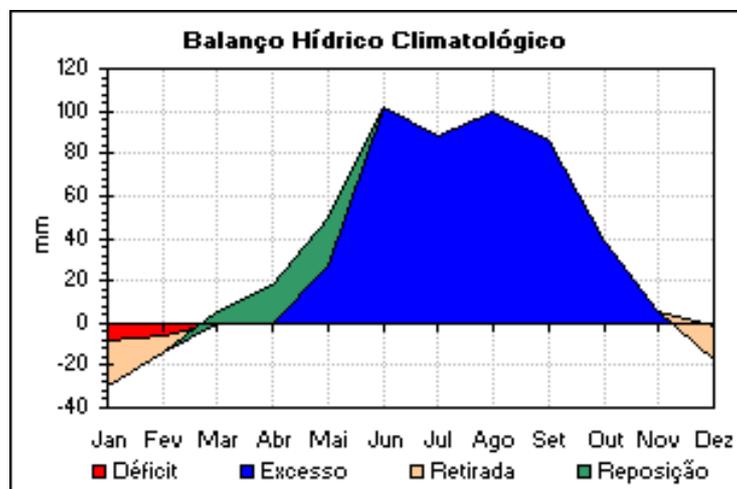
Os gráficos abaixo apresentados sobre o Balanço Hídrico da Estação Porto Alegre/RS foram obtidos no site do INMET (<http://www.inmet.gov.br/html/agro.html>), e segundo a Instituição, calculados a partir do método de Thornthwaite & Mather, para uma capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100 mm e com a evapotranspiração potencial (ET0) sendo estimada pelo método de Thornthwaite. Os valores de temperatura e precipitação foram obtidos pelas normais climatológicas compreendidas em intervalos de 30 anos na localidade de interesse.



**Figura 5.1-19 Armazenamento Máximo e Efetivos Normais Climatológicos (1961-1990) – Estação Porto Alegre**

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

O armazenamento máximo possível é no valor de 100 mm. O gráfico acima demonstra que entre os meses de janeiro a março, época de menor precipitação na localidade, não há armazenamento efetivo de água no solo. Somente a partir do início das chuvas, no início do mês de abril até maio, o coeficiente efetivo aumenta, até atingindo o limite máximo de armazenamento. No mês de dezembro, final do período de maiores precipitações, é que o coeficiente de armazenamento começa a decrescer novamente.



**Figura 5.1-20 Balanço Hídrico Climatológico**

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) – acesso em 15/10/2008)

O gráfico acima mostra que nos períodos de menor precipitação (dezembro, janeiro e fevereiro), há um déficit no armazenamento de água, havendo uma maior retirada do que sua reposição. A partir do início das chuvas, no mês de março, começa a haver a reposição hídrica, e esta aumenta até o final de junho, chegando ao valor máximo de 100 mm, representando o excesso ou armazenamento máximo de água no solo.

### **5.1.2.7 Circulação atmosférica**

Os dados referentes à circulação atmosférica restringem-se à região do litoral e às serras localizadas a oeste do empreendimento, o que abrange a área de influência indireta do empreendimento. Os dados foram retirados do Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, vinculado à Secretaria de Infraestrutura e Logística do Estado do Rio Grande do Sul.

Na região do litoral as brisas marinhas aumentam a velocidade do ventos a partir das 11:00h às 18:00h ao longo da primavera estendendo-se pelos meses de verão. Uma vez que a amplitude térmica na região é alta, essa situação pode se reverter nos meses mais frios, durante o inverno, quando são registradas as menores velocidades no período das 14:00h às 23:00h.

Nas porções mais altas da área de interesse, os ventos se intensificam durante o período noturno, com picos ocorrendo a partir das 22:00h até as 6:00h da manhã. Essas velocidades diminuem ao longo do dia, especialmente nos meses de verão e outono.

No que diz respeito à sazonalidade os ventos tornam-se mais intensos durante a segunda metade do ano, diminuindo sempre de intensidade quando adentra o interior do Estado.

Os fenômenos atmosféricos atuantes na área de interesse proporcionam um regime de ventos com velocidades variando entre 5,5 a 6,5m/s na área de interesse, podendo haver variações relacionadas com o relevo que podem provocar ventos com velocidades superiores a 7m/s.

### **5.1.3 Geologia**

Apesar do Estado do Rio Grande do Sul possuir uma extensa área sob o domínio das rochas sedimentares da Bacia do Paraná, a área de interesse deste estudo encontra-se instalada, predominantemente, sobre os maciços rochosos Pré-Cambrianos e Cambrianos do Cinturão Orogênico Dom Feliciano (Figura 3.1). Apenas parte da área de influência indireta encontra-se situada sobre os litotipos sedimentares da Bacia do Paraná.

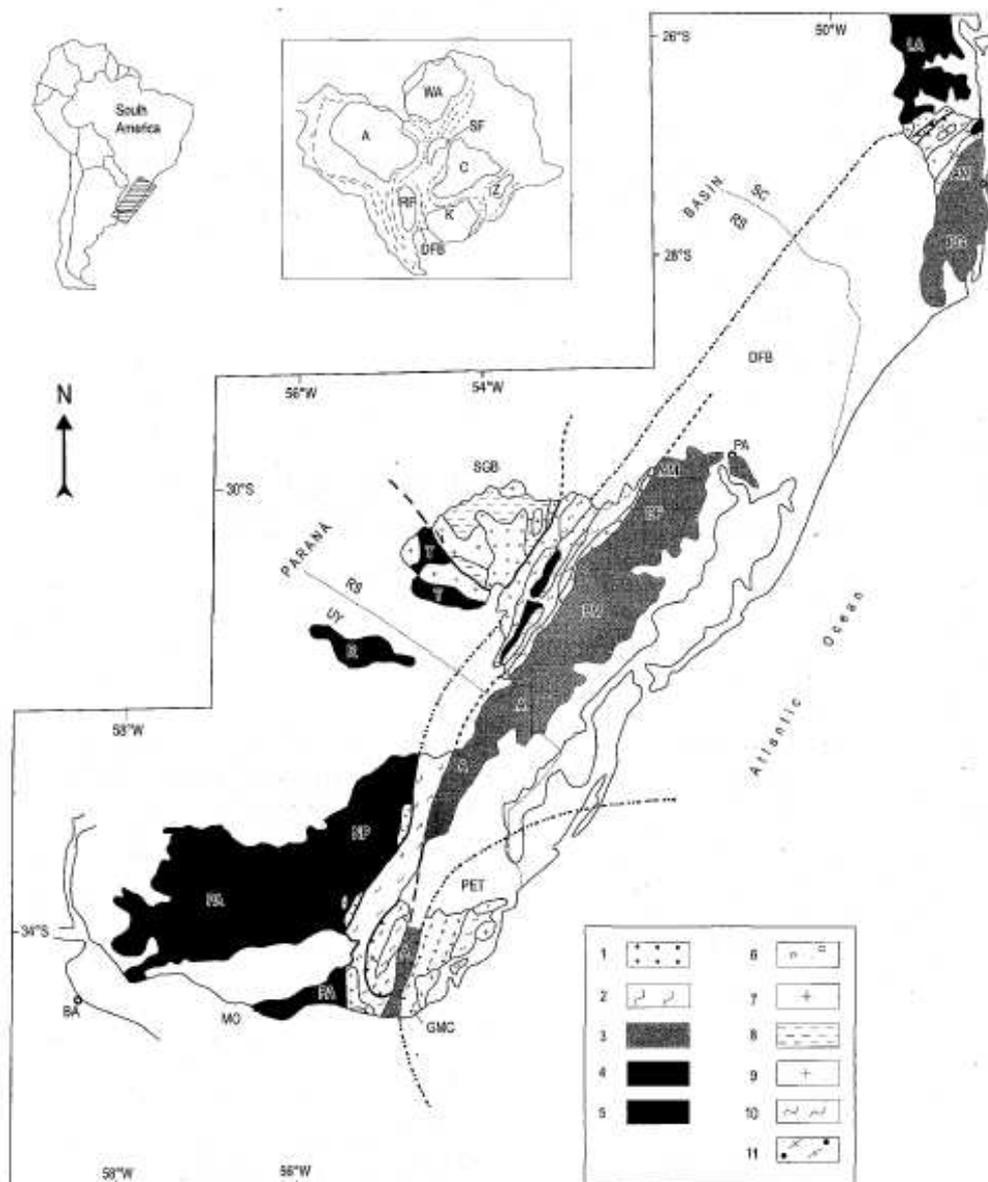
Neste Cinturão Orogênico, encontra-se representado terrenos granito-gnáissicos retrabalhados no Neoproterozóicos. O Cinturão Dom Feliciano tem sua origem vinculada à instalação de um processo de subducção que produziu um ambiente tectônico peculiar, denominado arco magmático. Em conjunto com a formação deste sistema, instalaram-se também, na crosta terrestre, uma série de outros processos

ligados ao ambiente magmático e que deram origem a intrusões granitóides, o desenvolvimento de rochas supracrustais sedimentares, típicos de ambiente de bacias *back-arc*, bacias molássicas nas porções externas do arco, preenchidas por sedimentos anquimetamórficos e rochas vulcânicas.

A figura abaixo ilustra o desenvolvimento do Cinturão Dom Feliciano (DFB), com a junção das áreas cratônicas que se uniram no Neoproterozóico e como resultado obrigou a deformação das rochas situadas nas porções medianas. A esta deformação e às rochas associadas é que se dá o nome de Cinturão Dom Feliciano.

Pode-se observar a associação típica de um ambiente de arco magmático, com a presença de “bacias de *foreland*” (1); cinturões de rochas xistosas e granitóides intrusivos (2); cinturão granítico, representado pelo Batólito de Florianópolis, Batólito de Pelotas (3) e Batólito de Aiguá; embasamento granito-gnáissico deformado (4); as áreas estáveis (crátons), internamente preservados (5); as “bacias de *foreland*” de Marica e Santa Bárbara (6); granitóides intrusivos (7); rochas metamórficas (8); granitóides intrusivos de *Santa Tereza* e *San Inácio* (9); cobertura metassedimentar (10); embasamento gnáissico com enclaves metassedimentares (11).

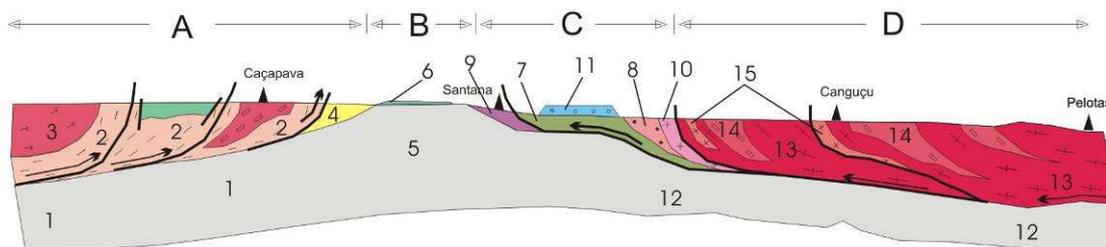
Esta associação tectônica tem sua importância marcada pela evidência de um evento importante na história geológica da América do Sul, pois mostra a união de paleocontinentes, que resultou na cratonização do continente e na fisiografia de relevo, que hoje se encontra na porção sudeste do Estado do Rio Grande do Sul.



**Figura 5.1-21 Cinturão Dom Feliciano**

A observação do perfil geológico ilustra e exemplifica o movimento das rochas que culminaram na formação do cinturão. De noroeste para sudeste, pode-se observar a deformação no sentido leste-oeste, com a formação de cavalgamentos e deformação das entidades geológicas presentes, ou instaladas durante o evento: Cráton Rio de la Plata (1); Gnaisses Vacacaí e Cambaí (2); Granitos Sepé e Caçapava (3); as bacias foreland de Maricá e Santa Bárbara (4); o gnaisse de Encantadas (5); Formação Guaritas, cobertura fanerozóica da Bacia do Paraná (6); as rochas metavulcanossedimentares da formação Cerro da Árvore (7); gnaisse Encruzilhada (8); os mica-xistos Serra do Pereira (9); os granitos a duas micas Cordilheira (10); bacia foreland Camaquã (11) embasamento de filiação africana (12); granitóide calci-

alcalino deformado da suíte Pinheiro Machado (13); suíte granítica Viamão (14); suíte Dom Feliciano (15).



**Figura 5.1-22 Perfil geológico do Cinturão Dom Feliciano, modificado de Tectonic Evolution Of South América.**

No Programa de Levantamentos Geológico Básicos do Serviço Geológico Brasileiro – CPRM, observa-se a evolução dos estudos a respeito do Cinturão Dom Feliciano. Percebe-se que o estudo evoluiu da constatação da existência de um batólito denominado Batólito Pelotas, para a definição de um ambiente tectônico de arco magmático, sendo que os trabalhos e as interpretações podem ser observados na figura abaixo.

AUTORES		ÁREAS DE ESTUDO		TIPOS LITOLÓGICOS		UNIDADE LITO-ESTRUTURAL & TIPOS LITOLÓGICOS		Idade Ma		Idade Ma	
Frantz & Remus (1986) Frantz & Nardi (1992a) a		PIRATINI PINHEIRO MACHADO		ENCLAVES QUARTZO-DIORÍTICOS, TONALÍTICOS E ANFIBOLÍTICOS.		MONZOGRANITOS COM DEFORMAÇÃO REGIONAL.		864±19 Ro=0,707		827±25 Ro=0,707	
Soliani Jr. (1996)		PIRATINI PINHEIRO MACHADO		GNAISSES QUARTZO-DIORÍTICOS, TONALÍTICOS E TRONDHJEMÍTICOS.		GRANODIORITOS E GRANITOS ACINZADOS E FOLIADOS.		775±36 Ro=0,706		775±36 Ro=0,706	
Fragoso Cesar <i>et al.</i> (1996) 1 Santos <i>et al.</i> (1989) 2 Philipp (1990) 1 Figueiredo <i>et al.</i> (1990) 3		PIRATINI PINHEIRO MACHADO PELOTAS CANGUÇU		SEPTOS DO BATOLITO PELOTAS (rochas supracrustais)		SUÍTE GRANÍTICA 1 CORDILHEIRA LEUCOGRANITO 3 CORDILHEIRA.		544±5 Ro=0,709		544±5 Ro=0,709	
Tommasi (1991) 1 Fernandes <i>et al.</i> (1992) 2		PIRATINI PINHEIRO MACHADO		ORTOGNAISSES 1 MIGMATÍTICOS E GNAISSES OFTÁLMICOS		GRANITOS SINCINEMÁTICOS 1 A DEFORMAÇÃO TARDIA		517±10 Ro=0,708		517±10 Ro=0,708	
UFRGS (1988; 1992) 2 Fernandes <i>et al.</i> (1988) 1 Tommasi (1991) 1 Fernandes <i>et al.</i> (1992a) 1		ENCRUZILHADA DO SUL QUITÉRIA CAPIVARITA		GNAISSES 2 QUARTZO FELDSPÁTICOS E AUGEN-GNAISSES		METAGRANITOS PORFIRÍTICOS GROSSOS		675±21 Ro=0,716		675±21 Ro=0,716	
				GNAISSES GRANODIORÍTICOS.		SUÍTE GRANÍTICA 2 CORDILHEIRA		723±13 Ro=0,710		723±13 Ro=0,710	
				GNAISSES 2 QUARTZO FELDSPÁTICOS E AUGEN-GNAISSES		METAGRANITOS PERALUMINOSOS (Arroio Francisquinho e Cordilheira)		618±22 Ro=0,733		618±22 Ro=0,733	
				GNAISSES 2 QUARTZO FELDSPÁTICOS E AUGEN-GNAISSES		METAGRANITOS PORFIRÍTICOS GROSSOS		617±10 Ro=0,709		617±10 Ro=0,709	
				GNAISSES 2 QUARTZO FELDSPÁTICOS E AUGEN-GNAISSES		METAGRANITOS PERALUMINOSOS (Arroio Francisquinho e Cordilheira)		559±5 Ro=0,716		559±5 Ro=0,716	
				GNAISSES 2 QUARTZO FELDSPÁTICOS E AUGEN-GNAISSES		METAGRANITOS PERALUMINOSOS (Arroio Francisquinho e Cordilheira)		517±10 Ro=0,709		517±10 Ro=0,709	
				GNAISSES 2 QUARTZO FELDSPÁTICOS E AUGEN-GNAISSES		METAGRANITOS PERALUMINOSOS (Arroio Francisquinho e Cordilheira)		559±5 Ro=0,716		559±5 Ro=0,716	

Figura 5.1-23 Evolução do Estudo do Cinturão Dom Feliciano

Para este trabalho, interessa a região que se encontra no extremo sudeste do Rio Grande do Sul. Trata-se de uma área onde predominam as coberturas terciário-quadernárias, mas que também expõe afloramentos graníticos e granito-gnáissico. Tais exposições foram largamente descritas e serão discutidas neste tópico, com o objetivo de dar conhecimento aos aspectos geológicos que são importantes na descrição dos aspectos de meio físico daquela porção do Estado do Rio Grande do Sul.

Dentro deste contexto geológico, podem ser separadas algumas entidades litológicas para uma discussão particular dos aspectos importantes para a caracterização deste trabalho. Desta forma, foram separados: o embasamento granito-gnáissico, representado pelo Complexo Canguçu, representando aí a unidade Pré-Cambriana existente na região; como representante do Cambriano podem ser citadas a suíte granítica Arroio dos Ladrões e o, capeando estas entidades litológicas, sedimentos variados de idade Terciário-Quadernária, representados pelas formações Guaxaim, Chuí e pelos depósitos de estuário (aluvionares, lacustres, eólicos, marinhos, coluviais, atuais e subatuais).

Também serão tecidos comentários a respeito da presença secundária de rochas da Bacia do Paraná na área de influência indireta do empreendimento.

#### **5.1.3.1 Complexo Canguçu**

O Complexo Canguçu é constituído por uma variedade de rochas metamórficas fácies anfíbolito, com ocorrência localizada de granulitos. Também compõem esta unidade corpos graníticos de idade semelhante, como os Complexo Gaúcho e Pedra Grande. Suas estruturas evidenciam deformações notadamente pertencentes ao Ciclo Brasileiro, muito embora possua entidades litológicas anteriores como o Bloco Encruzilhada, por exemplo.

De um modo geral, este complexo é representado por um conjunto de migmatitos, cuja origem são granitóides de textura porfiroblástica de extrema variação textural. Tais rochas originais surgem como restos da composição primária dos migmatitos e apresentam-se como granitos de composição alcalina, podendo também ser encontradas entidades metabásicas.

Nos domínios do Complexo Canguçu, na região de Pinheiro Machado e Pelotas, podem ainda ser encontradas rochas de fácies granulito e rochas retrometamorfizadas a

anfíbolitos, que podem ser interpretadas como maciços pertencentes ao embasamento, de idade anterior ao Ciclo Brasileiro.

Além dos granulitos, afloram na região de Pinheiro Machado, rochas gnáissicas maciças de filiação máfica, sendo representadas por metabasitos, metadioritos e anfíbolitos, como silimanita gnaíse.

O entendimento desta unidade litológica passa pela interpretação do ambiente de arco magmático, cuja dinâmica tanto formou uma série de rochas metamórficas, como uniu em um só pacote um conjunto de rochas que estavam presentes na região, ou foram formadas naquele momento. Portanto, é importante a descrição de cada entidade presente, não apenas para este entendimento, mas para listar os tipos de rochas presentes na área de interesse deste trabalho.

- **Diatexitos**

Trata-se das rochas graníticas assim formadas a partir da fusão parcial da crosta terrestre. Frequentemente apresentam enclaves de natureza básica, de tamanho variado e formato arredondado ou angular, com contatos nítidos ou difusos.

São rochas de tonalidade cinza-claro a rosa-claro, com granulação média a grosseira, de textura predominantemente porfiroblástica, constituídas predominantemente de quartzo, feldspato e máficos secundários. A composição destas rochas encontra-se entre os granitos e os granodioritos.

- **Granitos Associados**

Próximo a Pinheiro Machado e ao sul do rio Camaquã, encontra-se rochas graníticas homogêneas, de coloração rosada e granulação média a fina, geralmente afetadas por cataclase.

As rochas apresentam-se equigranulares, com raros cristais porfíricos, mostrando coloração cinza claro a rosada, conforme grau de alteração do feldspato potássico.

- **Metatexitos**

Estão agrupadas nesta unidade, as rochas de aspecto heterogêneo onde se pode distinguir uma porção paleossomática, transformada pela granitização, e uma porção neossomática de aparência leucogranítica, aplítica ou pegmatítica. Os neossomas podem

ter sua gênese tanto ligado à segregação, quanto à injeção de fundidos anatéticos em níveis crustais mais baixos.

As maiores exposições destas rochas podem ser observadas nas proximidades do rio Camaquã, prolongando-se para o Uruguai e na região de Encruzilhada do Sul.

- Neossomas

Essas rochas apresentam coloração rosa-claro, granulação variável entre fina e grossa, constituídas basicamente por quartzo e feldspato. Ocorrem como veios, lentes ou camadas irregulares de espessuras variáveis.

- Paleossomas

Foram caracterizados vários tipos de rochas. São granulitos de origem ígnea, norítica, tonalítica, fácies anfibolito e sedimentar.

#### **a) Granulitos**

Trata-se de metanoritos de coloração verde-escura, estrutura maciça e granulação média. Ocorrem nas proximidades de Alto Alegre, município de Pelotas e em Pinheiro Machado, constituindo uma estrutura semi-circular com núcleos noríticos e bordas metanorítica. Charnoenderbengitos também são entidades básicas, presentes entre os granulito, estes possuem coloração cinza-escura e granulação média.

Entre os granulitos também se encontram os de origem félsica, que são representados pela andesina, com aspecto de hábito prismático e zonação bem desenvolvida. Estes estão associados a rochas máficas que se acumulam no maciço em locais preferenciais fornecendo um bandamento composicional à rocha.

#### **b) Anfibolitos**

Estas rochas ocorrem dispersamente dentro do Complexo Canguçu, exibem tonalidade verde-escura a cinza-escura, texturas equigranulares média com lineações bem visíveis.

#### **c) Metadioritos**

Estas rochas encontram-se amplamente distribuídas no Complexo Canguçu, formando um conjunto diversificado de paleossomas, os quais guardam remanescentes de origem ígnea. Podem ser encontrados como representantes os metadioritos, metaquartzo dioritos e metatonalitos. Podem possuir textura gnáissica ou maciça, apresentando coloração acinzentada a verde escura.

#### d) Gnaisses

Os gnaisses encontram-se isolados na região, sendo dispersamente distribuídos em toda a área do complexo, compondo restitos não tão intensamente atingidos pela migmatização. Podem ser encontrados quartzo-biotita-feldspato gnaisses e quartzo-hornblenda-feldspato gnaisses. São rochas bandadas, têm granulação média a fina e possuem coloração cinza-escura.

#### 5.1.3.2 - Batólito Pelotas ou Suíte Arroio dos Ladrões

A Suíte Intrusiva Arroio dos Ladrões ou Batólito Pelotas já foi interpretado como sendo apenas produto de uma fusão parcial da crosta, promovendo a consolidação de granitóides. Como foi colocado anteriormente, esta interpretação evoluiu para um sistema mais complexo, onde o ambiente de formação estaria vinculado à presença de uma zona de subducção em um ambiente de arco magmático.

*“O Batólito Pelotas, situado na porção leste do Escudo Sul-Rio-Grandense, tem cerca de 400 km de comprimento e entre 80 km e 120 km de largura.” (Phillip et al., 2002).* Estende-se na direção NE-SW cortando o Rio Grande do Sul até as imediações de Porto Alegre, onde é sobreposto por coberturas fanerozóicas, reaparecendo em Santa Catarina, nas proximidades de Florianópolis. Portanto, trata-se de uma estrutura geológica de caráter continental e uma das evidências do arco magmático Neoproterozóico.

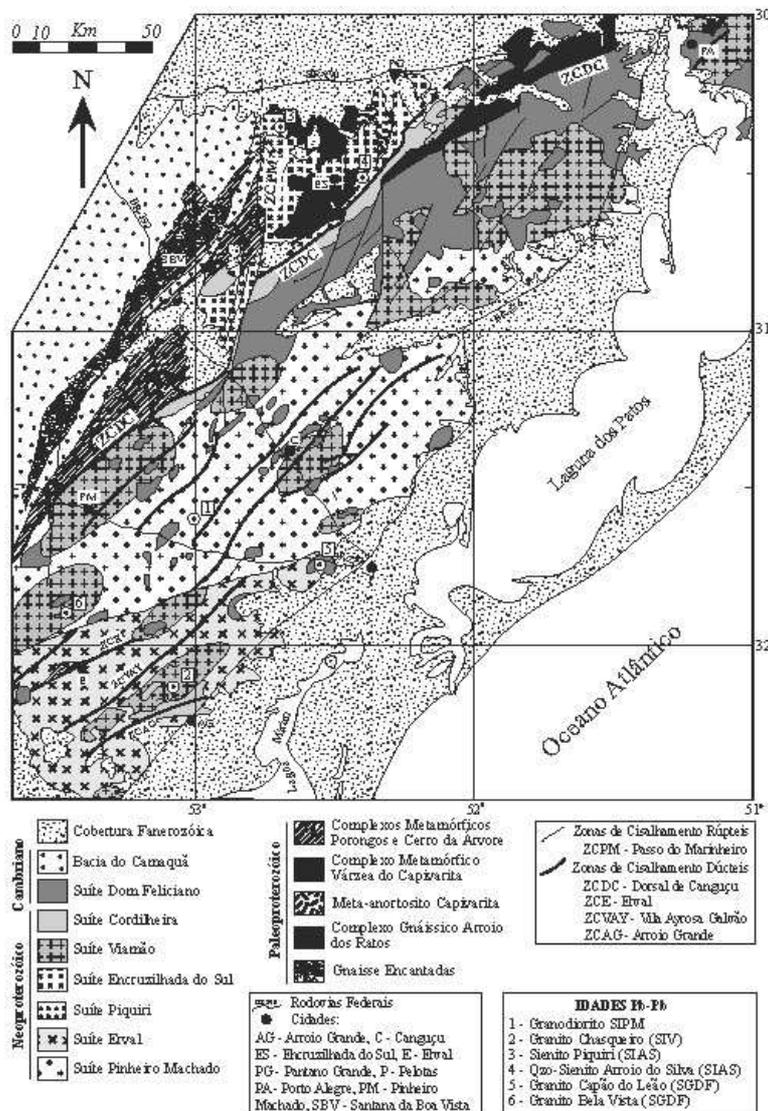
Trata-se de um complexo plutônico composto de várias suítes, cujo magmatismo teve duração de cerca de 70 Ma (entre 630 Ma e 570 Ma). Tem sua formação em virtude da adição de processos tectônicos sobrepostos, durante a orogênese Dom Feliciano, final do Ciclo Brasileiro.

*“No batólito foram caracterizadas seis suítes graníticas denominadas de Pinheiro Machado, Erval, Viamão, Encruzilhada do Sul, Cordilheira, Dom Feliciano e uma sienítica, a Suíte Piquiri. Nestas suítes, constituídas essencialmente por rochas graníticas, comumente ocorrem corpos básicos e enclaves máficos microgranulares, os quais apresentam relações de contato indicativas de mistura química e física com os líquidos de composição granítica. Os corpos básicos mais expressivos ocorrem nas imediações das cidades de Pinheiro Machado e Dom Feliciano, tendo sido descritos como Gabros Passo da Fabiana e o Diorito Capim Branco. As rochas básicas têm sido descritas como associadas geneticamente com as suítes Viamão e Dom Feliciano.” (Phillip et al., 2002)*

**Suíte Pinheiro Machado**

“Esta suíte ocupa faixa alongada na direção NE-SW na porção central do Batólito Pelotas e perfaz cerca de 30% de sua área (Figura 3.4). É a suíte mais antiga do batólito.

Caracteriza-se pela presença de foliação de baixo ângulo atribuída ao evento deformacional D1. Possui composição expandida, de granodiorítica a monzogranítica, com tonalitos, dioritos e quartzo-dioritos subordinados. Estas rochas apresentam cor cinza, textura equigranular hipidiomórfica média a grossa, localmente inequigranular, com pequenas proporções de fenocristais (1 a 3 cm) esparsos de feldspato potássico.” (Phillip et al., 2002).



**Figura 5.1-24– Geologia do Batólito Pelotas**

### **Suíte Viamão**

“Os granitos desta suíte afloram em diferentes porções do Batólito Pelotas, e ocupam área de cerca de 15% do mesmo. Constituem corpos alongados na direção N40-50E, com 25 km a 40 km de comprimento e entre 5 km e 15 km de largura. A colocação dos maciços desta suíte está associada à movimentação das zonas de cisalhamento de alto ângulo. A variação composicional é dominada por monzogranitos, com granodioritos e sienogranitos subordinados. A textura é porfírica a heterogranular grossa, com foliação magmática definida pelo alinhamento de fenocristais de feldspato potássico e lamelas de biotita.” (Phillip et al., 2002).

### **Suíte Encruzilhada do Sul e Piquiri**

“Os granitos da Suíte Encruzilhada do Sul são restritos à porção NW do batólito e perfazem cerca de 10% de sua área. A suíte é composta pelos granitos Encruzilhada do Sul, Pinheiros, Campinas e Pitangueiras. Os corpos dispõem-se em faixas alongadas segundo N40E, limitada a leste pela Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu e a oeste pelo Complexo Metamórfico Cerro da Árvore.

A Zona de Cisalhamento Passo do Marinheiro, de direção próxima a N-S, afeta estes granitos com intensa cataclase e fraturamento. O Granito Encruzilhada do Sul é o corpo mais expressivo da suíte e contém duas fácies petrográficas principais: biotitagranitos porfíricos a heterogranulares grossas, acinzentados a róseo-acinzentados ou alaranjados, e leucogranitos equigranulares, rosa e cinza-claros.

O Sienito Piquiri tem cerca de 130 km<sup>2</sup> e é intrusivo em uma seqüência vulcanosedimentar do estágio pós-colisional do Ciclo Brasileiro. O sienito tem idade estimada em 600 Ma.” (Phillip et al., 2002).

### **Suíte Dom Feliciano**

“Esta é a suíte mais jovem do batólito e, embora seus granitos apresentem composição muito próxima das observadas nas suítes Viamão e Encruzilhada do Sul, seu posicionamento é posterior às estruturas transcorrentes do evento D2. A suíte ocupa cerca de 20% da área do batólito e suas exposições se concentram na porção norte do mesmo. Possui contato tectônico à W com a Suíte Cordilheira, e é intrusiva nas suítes Pinheiro Machado e Viamão e no Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos. O principal corpo

da suíte é alongado segundo N50-60E, tem cerca de 180 km de comprimento e entre 15km e 45 km de largura.” (Phillip et al., 2002).

### **5.1.3.3 BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ**

A Bacia Sedimentar do Paraná é um pacote rochoso que ocupa uma região de aproximadamente 1.000.000 km<sup>2</sup> no Brasil, estendendo-se ainda para território paraguaio, argentino e uruguaio, onde ocupa uma região de 400.000 km<sup>2</sup>. Trata-se de uma das maiores bacias sedimentares do mundo, apresentando os maiores derrames basálticos do mundo (formação Serra Geral) em sua porção vulcanossedimentar (Juro–Cretáceo).

É um conjunto de rochas importante dado o interesse estratégico sobre os diversos aquíferos que compõem o Aquífero Guarani, o maior aquífero em armazenamento de água do mundo, que possui um volume aproximado de 45.000 km<sup>3</sup> (considerando uma espessura média de 250 m e uma porosidade de 15%).

A Bacia Sedimentar do Paraná possui um formato elíptico com eixo maior orientado, segundo NNE-SSW, com dois terços de sua superfície cobertos por lava basáltica de idade Mesozóica. A estratigrafia da bacia inclui a presença de rochas magmáticas e sedimentares, ultrapassando a espessura de 7000 m em sua porção central, onde também se instalou o rio Paraná.

As porções a leste da Bacia correspondem às regiões crustais bastante afetadas pelo rifteamento que originou o Oceano Atlântico. Soerguimento e processos erosivos relacionados ao final do Cretáceo foram responsáveis pela remoção de grandes quantidades de sedimentos Paleozóicos. O Arco de Assunção define a borda oeste da bacia, trata-se de uma flexura positiva relacionada ao soerguimento dos Andes, borda oeste da placa. As bordas norte e sul da bacia localizam-se sobre as rochas pré-cambrianas cratônicas do embasamento.

A evolução da Bacia do Paraná iniciou no Ordoviciano com a sedimentação continental ocorrida após a cratonização do supercontinente, denominado Gondwana. Este processo de formação do supercontinente trouxe como consequência o surgimento de inúmeras faixas móveis, cuja característica principal foi a formação de relevos positivos. Ao longo do tempo geológico, a evolução deste relevo propiciou a formação de diversas bacias sedimentares de idade Neo-Proterozóica-Mesozóica, dentre as quais a Bacia do Paraná se destaca.

A evolução tectônica do terreno também exerceu grande influência na formação de superseqüências que encerram a Bacia do Paraná. Assim como a influência tectônica, as variações climáticas também são definitivas no tipo de sedimento e nas estruturas geradas. Nessa linha de raciocínio podem ser destacadas seis superseqüências que compõem este pacote rochoso: Rio Ivaí (Caradociano-Llandoeriano), Paraná (Lochkoviano-Frasniano), Gondwana 1 (Westphaliano-Scythiano), Gondwana 2 (Anisiano-Norian), Gondwana 3 (Jurássico-Barriasiano), Bauru (Aptiano-Maastrichtiano).

### **Superseqüência Rio Ivaí**

A sedimentação Rio Ivaí inicia com os arenitos da Formação Alto Garças, com aproximadamente 300 m de espessura, seguida por acamamentos de diamictitos da Formação Ivaí datados da glaciação gondwanica Ordo-Siluriana.

As seqüências superiores fazem parte da Formação Vila Maria que, resumidamente, trata-se de argilitos micáceos e arenitos finos, provavelmente resultado de uma reativação tectônica local. Tais sedimentos contêm macro e microfósseis de idade Llandoeriana.

### **Superseqüência Paraná**

A sedimentação Devoniana da Bacia do Paraná se confunde com a litologia da Superseqüência Paraná, composta inicialmente por camadas de arenitos grossos, ricos em caulinita, denominada Formação Furnas. Acima desta formação, podem ser encontrados os siltitos subordinados e unidades de arenitos deltáicos da Formação Ponta Grossa.

As seções pelíticas da sedimentação devoniana são povoadas por uma fauna de invertebrados endêmica do Emsiano-Eifeliano, evidenciando a datação relativa desta formação como sendo do Devoniano Inferior ao Médio.

### **Superseqüência Gondwana 1**

Trata-se do pacote mais volumoso da Bacia do Paraná, com uma espessura que pode atingir 2.500m, engloba vários ambientes sedimentares que retratam a variedade paleoambiental que ocorreu no continente gondwânico. As estruturas sedimentares e os tipos litológicos presentes nesta superseqüência resgatam uma história de sedimentações ocorrida em ambientes glaciais, ocorrida no Pensilvaniano (Carbonífero – 318 a 303 Ma) em períodos onde predominou a sedimentação típica de ambientes desérticos, mais precisamente durante o Triássico (251 – 199 Ma).

A Superseqüência Gondwana 1 é representada por uma seqüência de depósitos glaciogênicos, incluindo o Grupo Itararé e a Formação Aquidauana no Brasil, Formação Coronel Oviedo no Paraguai e Formação San Gregório no Uruguai. Essas unidades encerram diamictitos, arenitos turbidítico, conglomerados, varvitos e camadas de tilitos. Trata-se de uma sedimentação expressiva, podendo chegar a uma espessura de 1500 m.

Estes sedimentos glaciogênicos são seguidos por uma seqüência transgressiva denominada Grupo Guatá. Inclui camadas de carvão e arenitos de origem deltáica da Formação Rio Bonito, bem como siltitos e argilitos da Formação Palermo. A Formação Irati posiciona-se estratigraficamente acima da Formação Palermo e é composta por argilitos negros, com conteúdo de 23% de carbono orgânico. Estratigraficamente importante, esta formação pode ser datada relativamente por causa de seu conteúdo faunístico.

O topo da superseqüência é formado pelo Grupo Passa Dois, composto pelas seguintes formações:

Formação Rio do Rastro: seqüências de “red beds”;

Formação Pirambóia e Sanga do Cabral: sedimentos continentais.

### **Superseqüência Gondwana 2 e 3**

“Red beds” de origem lacustre, associado aos depósitos fluviais e eólicos, iniciam a Superseqüência Gondwana 2 da Bacia do Paraná. Este pacote possui em sua matriz importante conteúdo faunístico Tetrapode pertencente ao Triássico Superior.

Os sedimentos eólicos da Formação Botucatu e o magmatismo basáltico da Formação Serram Geral, formam a Superseqüência Gondwana 3 (Grupo São Bento). Estas duas formações possuem idade Mesozóica, abrangendo um período que vai do Jurássico Superior ao Cretáceo.

### **Superseqüência Bauru**

A Bacia do Paraná é encerrada com um pacote de 280 m de sedimentos aluviais, fluviais e eólicos. Litologicamente são conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos, também ricos em conteúdo fóssil do Senoniano, incluindo *Chelonia*, *Crocodylia* e *Dinossauria*.

#### **5.1.3.4 . Cobertura Cenozóica**

##### **Grupo Patos**

Ao longo de toda a restinga que compartimenta a Lagoa dos Patos, existem sedimentos de origens diversas dentro de uma unidade denominada Grupo Patos. Esta unidade encerra todas as seqüências Pleistocênicas da área, ou seja, os sedimentos eólicos da Formação Itapoã, os sedimentos fluviais da formação Graxaim e os sedimentos marinhos da Formação Chuí. Para este estudo interessam as formações Graxaim e Chuí.

##### ▪ **Formação Graxaim**

Com idade terciário-quadernária, esta formação ocorre a oeste da Lagoa dos Patos, desenvolvendo-se desde o norte do Arroio Grande, nos municípios de Pedro Osório, Pelotas, São Lourenço do Sul, Camaquã, Tapes, Barrado Ribeiro e Guaíba. Exposições dessa formação podem ser encontradas ao longo da BR-116/RS em locais onde há elevação do embasamento. A ocorrência de seus sedimentos constitui uma faixa alongada no sentido Lagoa dos Patos (NE-SW).

Esta formação é composta por um conjunto de sedimentos arenosos, siltsos e argilosos não consolidados, incluindo depósitos de cascalho, tendo sido originados pela intemperização de rochas graníticas. Dentre os sedimentos presentes, descreve-se a presença de arcóseos não consolidados.

##### ▪ **Formação Chuí**

Esta formação desenvolve-se desde a fronteira com o Uruguai, constituindo uma faixa de exposição ao longo das lagoas dos Patos e Mirim. Exposições destes sedimentos podem ser encontradas nos municípios de Chuí, Santa Vitória do Palmar, Arroio Grande, Pelotas, Rio Grande, Camaquã, São Lourenço do Sul e Tapes.

Diferentemente da Formação Graxaim, a Formação Chuí é constituída por areias diversas, médias a finas, semiconsolidadas e com pouca presença de argilas. Seus grãos encontram-se arredondados e polidos.

##### **Depósitos Fluvio-Marinho-Lacustres Quaternários**

Os depósitos fluviais correspondem aos argilo-arenosos, que compõem as planícies fluviais das drenagens que segmentam a rodovia BR-116/RS. No estuário do Rio Guaíba foram descritos terraços de idades Pleistocênicas e Holocênicas.

Os sedimentos marinhos são compostos por areias quartzosas, de granulação fina a média, de deposição eólica.

Os sedimentos lagunares concentram-se às margens das lagoas dos Patos e Mirim.

#### **5.1.3.5 Avaliação das Características Geotécnicas e Localização das áreas de ocorrências**

Neste tópico serão feitos comentários a respeito da estabilidade de taludes em maciços rochosos, uma vez que no que concerne aos aspectos de Geologia de Engenharia, os maiores condicionantes geológicos para a região são as ocorrências de solos moles, a estabilidade de taludes em solo e a estabilidade de taludes rochosos.

No que diz respeito à estabilidade de taludes de solo e ocorrência de solos moles, estes temas estão discutidos no Capítulo de Pedologia, uma vez que foi detectado em campo que as ocorrências de solo possuem uma estreita relação com a morfologia do local.

#### **Situação dos Taludes em Rocha**

Geologicamente, todos os taludes de rocha são provenientes de afloramentos de intrusivas ou litotipos metamórficos, pertencentes à Suíte Arroio dos Ladrões e aos constituintes do Embasamento Granito-Gnáissico.

Ao longo do trecho de interesse, não é comum a ocorrência de taludes em rocha, aqueles que foram detectados são de baixa estatura, porém são preocupantes, uma vez que sua inclinação em relação ao plano da estrada é, em geral, de 90°. Foi observado que em todos os taludes de rocha expostos, é necessário que se façam adequações para aumentar a segurança dos usuários da rodovia. Estas adequações, como provenientes de um condicionamento geológico pela presença de material consolidado (rocha), devem ser orientadas pelo acompanhamento de um geólogo-geotécnico para a definição das soluções de estabilidade, uma vez que, pela geometria da estrada e sua relação com os entes geológicos presentes em cada afloramento, a solução deverá ser dada caso a caso.

Abaixo segue a lista de todas as ocorrências de taludes com rochas:

**1 - PONTO 67**

**LOCALIZAÇÃO:** N: 6.637.509 E: 457.854

Erosão em corte de estrada, no lado esquerdo, e afloramento de rochas.



**2 - PONTO: 120**

**LOCALIZAÇÃO:** N: 6.591.089 E: 433.862

Afloramento de granito, blocos arredondados, apresentando em sua composição quartzo, feldspato e biotita.



**3 - PONTO: 159**

**LOCALIZAÇÃO:** N: 6.569.665 E: 399.650

Corte de estrada com afloramento de rocha



**4 - PONTO: 160**

**LOCALIZAÇÃO:** N: 6.563.879 E: 399.574

Ponte sobre rio Camaquã. 1 km a frente do Perímetro urbano de Cristal, novo afloramento de rocha em corte de estrada, em ambos os lados, semelhante ao afloramento do ponto anterior.



**5 - PONTO: 182**

**LOCALIZAÇÃO:** N: 6.541.794 E: 404.964

Talude em rocha e em solo, lado direito da rodovia.



**6 - PONTO: 183**

**LOCALIZAÇÃO:** N: 6.538.727 E: 404.124

Talude em rocha e em solo, lado direito da rodovia



**7 - PONTO: 223**

**LOCALIZAÇÃO:** N: 6.540.107 E: 404.372

Talude em corte de estrada, com afloramento de granito.



**8 - PONTO: 225**

**LOCALIZAÇÃO** (coordenadas): N: 6.538.512 E: 404.085

Talude em corte de estrada com afloramento de rocha.



## **Localização das Ocorrências**

Em Anexo, ao final do estudo, estão listadas as ocorrências de materiais vistoriados em campo, segundo informações das projetistas.

Trata-se de um conjunto de descrições de cada área a ser explorada em conformidade com as informações cedidas pelas projetistas. Essas ocorrências foram numeradas de acordo com o andamento dos trabalhos de campo, portanto, sua identificação segue o padrão de ordem crescente, à exceção do Lote 3, quando a equipe se separou em duas. Desta forma, a numeração do Lote 3 inicia-se no número 1 seguindo ao 16. Para o Lote 4, retoma-se à contagem de pontos inicial.

### **5.1.4 GEOMORFOLOGIA**

Neste capítulo, o relatório analisa, sob uma perspectiva geomorfológica, os impactos ambientais que poderão ser originados durante, e posteriormente, às obras de duplicação da rodovia BR-116/RS. O trecho a ser duplicado situa-se entre os municípios de Porto Alegre e Pelotas, ambos no estado do Rio Grande do Sul.

Além da análise de impactos ambientais, este trabalho também busca caracterizar a área de influência direta e indireta da rodovia, abordando a fisiografia e a morfologia do terreno, incluindo aspectos como declividade e forma de relevo, presença ou propensão à erosão, escorregamento de encostas e taludes, presença ou propensão ao assoreamento.

#### **5.1.4.1 Procedimentos Metodológicos e Operacionais**

Para realização deste estudo fez-se necessário uma revisão bibliográfica morfogênese local, com o objetivo de compreender as alterações do relevo ao longo do tempo geológico e, assim, melhor caracterizar as atuais feições geomorfológicas.

A caracterização geomorfológica teve como base teórica o Projeto RADAMBRASIL (1983). A maneira perspicaz de classificação geomorfológica e a metodologia bastante confiável apresentada nos relatórios deste Projeto, foram pontos fundamentais e definitivos para a determinação do referencial teórico.

Posteriormente ao levantamento bibliográfico, realizaram-se entre os dias 08 e 17 de agosto de 2008, os trabalhos de campo. Nesta fase do trabalho, os dados obtidos com as

pesquisas bibliográficas foram confrontados com as observações, interpretações e análises feitas em campo.

#### **5.1.4.2 . Caracterização Geomorfológica**

Geomorfologicamente, a região analisada nos estudos de campo faz parte do chamado cinturão orogênico do Atlântico (Ross, 2006), o qual se estende desde a Região Nordeste do Brasil até a porção sudeste do estado do Rio Grande do Sul<sup>1</sup>. Para este trabalho restringir-nos-emos a parte do cinturão referente ao Rio Grande do Sul.

O cinturão orogênico do Atlântico corresponde a uma estrutura geológica bastante antiga, formada ao longo do Pré-Cambriano. Essa estrutura era constituída por cadeias montanhosas que, atualmente, encontram-se extremamente desgastadas, devido às várias fases erosivas decorrentes. Contudo, é possível perceber facilmente, sua preservação até os dias atuais, as feições serranas dessa formação, o que faz desta área um planalto formado em um cinturão orogênico (Ross, 2006). A faixa orogênica descrita, fora no passado uma bacia geossinclinal estreita e alongada, marginal às bordas da plataforma continental (cráton). O material sedimentado nas bacias geossinclinais foi por diversas vezes dobrado em função das pressões do cráton, resultado das movimentações da crosta terrestre (ver evolução no capítulo de geologia). Como resultado dessa movimentação crustal, os sedimentos dobrados foram metamorizados e intrudidos, sofrendo até, em alguns casos, efusões vulcânicas. Esse cinturão orogênico passou por três fases de dobramentos, acompanhadas de metamorfismos e intrusões alternadas por longos períodos, marcados por processos erosivos.

Uma grande complexidade estrutural e litológica compõe o cinturão orogênico do Atlântico, onde predominam rochas metamórficas de diferentes tipos e idades, como gnáisses, migmatitos, quartzitos, filitos, dentre outros. Além de rochas intrusivas, como granitos e sienitos.

Nesta área também se encontra a planície da Lagoa dos Patos, como é popularmente chamada. A Lagoa dos Patos é, na verdade, uma extensa laguna, situada na planície costeira do Rio Grande do Sul, estendendo-se na direção NE-SW, entre as latitudes 30°30' e 32°12'S e entre as longitudes 050°30'e 052 °32'W. Com uma área de

---

<sup>1</sup> Geologicamente a região é conhecida como Província Mantiqueira (vide tópico de Geologia)

aproximadamente 10.227 km<sup>2</sup>, é considerada a maior laguna do tipo “estrangulada” do mundo. Conecta-se ao Oceano Atlântico na sua porção sul por meio de um único canal estreito na cidade de Rio Grande, estado do Rio Grande do Sul.

Esta laguna atua como uma bacia de compensação, recebendo água de uma bacia de drenagem de 200.000 km<sup>2</sup>, onde estão situados 260 municípios e onde vive uma população de 7.000.000 de habitantes, cerca de 80% da população do Estado. Possui uma vazão média anual de 4.800 m<sup>3</sup>/s e o tempo de residência médio da água em seu interior é da ordem de 108 dias/ano (Toldo Jr, 1994). A sua grande dimensão e conexão com o mar fazem da Lagoa dos Patos um recurso hídrico considerável que, além de ser um local de refúgio e reprodução de diversas espécies de animais, tem sido utilizado para navegação, irrigação, turismo, lazer e outras atividades. A unidade estuarina representa 10% da área total da laguna. As profundidades nesta região são muito variáveis, ressaltando-se que 80% da área têm profundidade inferior a 2m. A navegação nesta região é realizada por meio do Canal de Rio Grande, fixado por dois molhes.



**Foto 5.1-1– Vista da Lagoa dos Patos.**

Essa planície estende-se por quase todo o litoral sul-rio-grandense prolongando-se até o Uruguai. Sua morfogênese pode ser explicada por meio de processos deposicionais de origem marinha e lacustre. Predominam nessas áreas os neossolos quartzarênicos.

A caracterização geomorfológica foi realizada segundo os dados e a compartimentação feita no Projeto RADAMBRASIL. Neste documento a região encontra-se hierarquizada em três táxons distintos. O primeiro grande táxon denomina-se Domínios Morfoesculturais. O segundo táxon, inserido fisicamente no primeiro, é denominado de Regiões

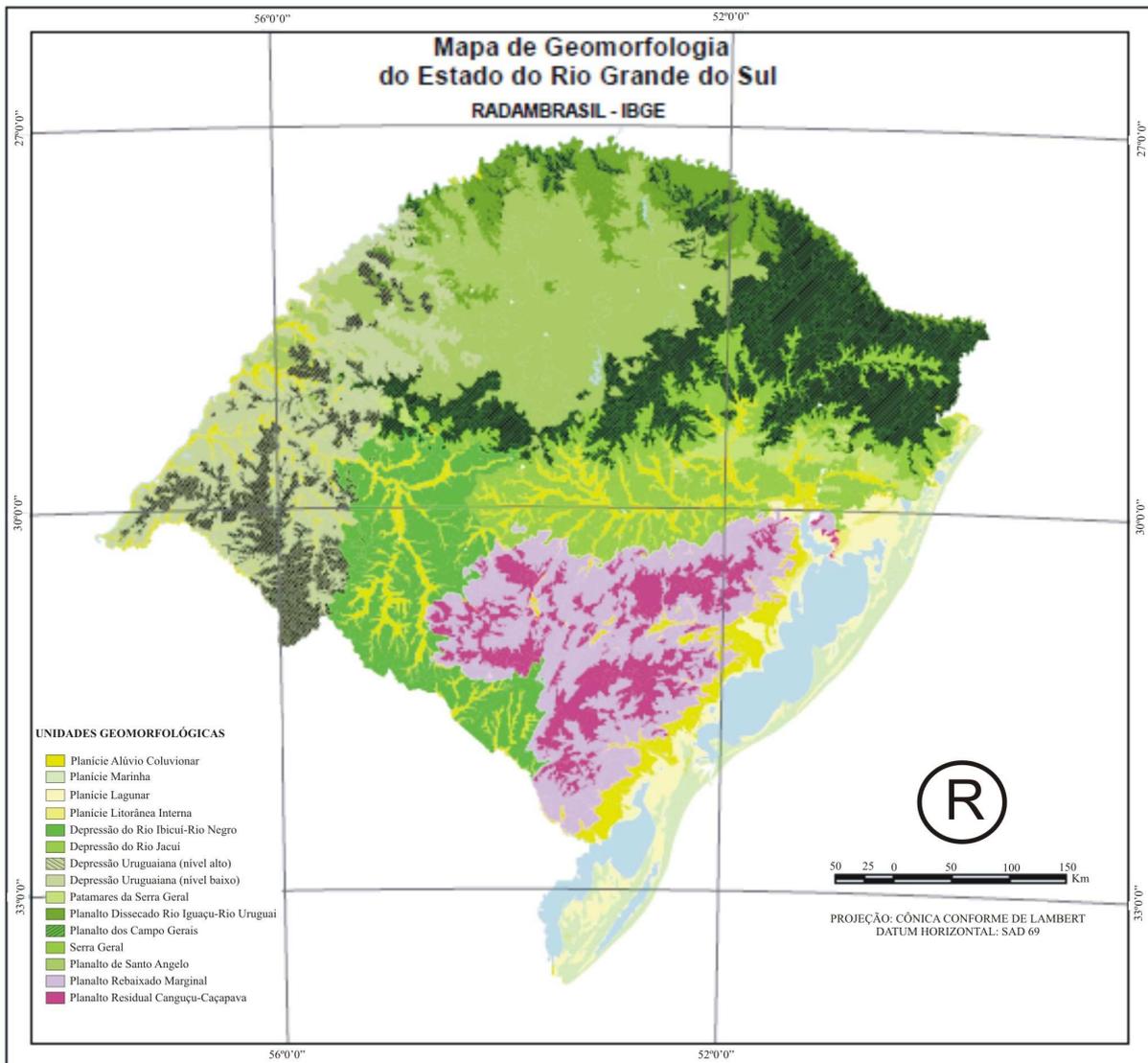
Geomorfológicas. As Regiões Geomorfológicas, por sua vez, estão compartimentadas em Unidades Geomorfológicas, as quais representam o terceiro táxon.

Os Domínios Morfoesculturais correspondem às formas de relevo resultantes da ação dos agentes endógenos e exógenos sobre o arcabouço geológico. Vale ressaltar que as ações climáticas pretéritas, bem como as atuais<sup>2</sup>, são fatores importantíssimos para a classificação dos Domínios Morfoesculturais. Sendo assim, estes são classificados em três tipos: Depósitos Sedimentares, Embasamentos em Estilos Complexos e Bacias e Coberturas Sedimentares. Na região analisada e descrita no presente relatório estão presentes os dois primeiros Domínios.

As Regiões Geomorfológicas, por sua vez, são estabelecidas mediante a correlação das formas de relevo local com os elementos fitoecológicos e pedológicos mais evidentes na região. Apresentando compartimentos bastante individualizados, no que se refere a formação superficial, comportamento da drenagem e tipo de modelado, estas Regiões acabam originando as Unidade Geomorfológicas

---

<sup>2</sup> Neste caso, “atuais” e “pretéritas” devem ser entendidas no tempo geológico.



**Figura 5.1-25 Mapa Geomorfológico do Rio Grande do Sul (modificado de [www.sedam.rs.gov.br](http://www.sedam.rs.gov.br))**

A tabela abaixo resume o contexto geomorfológico da Área de Influência Indireta, seguindo a compartimentação geomorfológica adotada por este documento e citada acima. A seguir serão tecidos comentários sobre as diversas unidades geomorfológicas identificadas em campo, bem como a relação de cada unidade com o empreendimento em questão.

Tabela 5.1-1 Resumo Geomorfológico

Domínios Morfoestruturais	Regiões Geomorfológicas	Unidade Geomorfológica
Depósitos Sedimentares	Planície Litorânea Interna	Planície Alúvio-Coluvionar
		Planície Lagunar
	Planície Litorânea Externa	Planície Marinha
Embasamentos	Planalto Sul Rio-Grandense	Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul
		Planalto Rebaixado Marginal
Bacias e Coberturas Sedimentares	Planalto das Araucárias	Patamares da Serra Geral
	Depressão Central Gaúcha	Depressão do Rio Jacuí

Fonte: Adaptação RADAMBRASIL, 1986.

#### **5.1.4.3 Domínios Morfoestruturais dos Depósitos Sedimentares**

Abrange a maior parte na área analisada, entre os municípios de Porto Alegre e Pelotas, ao longo da BR-116/RS. Esse tipo de formação morfoescultural constitui-se de amplas e extensas planícies costeiras, alongada no sentido NE-SO, possuindo variações no sentido N-S. Ao sul, estas áreas se tornam mais largas, apresentando grandes formações lagunares. São áreas geralmente planas e arenosas, o que possibilita a formação de restingas, as quais isolam do mar alguns espelhos d'água, como lagos e lagunas. Possuem baixa altimetria, compreendida entre 1 a 25 metros, conforme a aproximação da linha da água.

Na porção norte da área analisada, a drenagem do referido Domínio fica a cargo dos rios dos Sinos, Camaquã e Jacuí. Suas nascentes localizam-se nas áreas planálticas a oeste desta região. Dos três cursos d'água, apenas o Rio dos Sinos possui a sua foz no mar. Os outros dois fazem parte de uma bacia endorréica e deságuam na Laguna dos Patos. Na porção sul, a drenagem, também de característica endorréica, fica a cargo de alguns

arrosios como Grande e do Padre. Nesta área não há rios de grande porte, somente ao sul, na bacia da Lagoa Mirim.

Os Depósitos Sedimentares abrangem estruturas litológicas do Quaternário, devido à presença de depósitos aluvionares, detritos coluviais, mangrovitos<sup>3</sup>, e depósitos eólicos subatuais, dentre outros, caracterizando áreas-fontes mistas, ou seja, são materiais tanto marinhos quanto continentais. De acordo com o mapeamento geológico (geológico ou geomorfológico) do RADAMBRASIL, esta área pertence à chamada Província Costeira.



Foto 5.1-2– Depósito arenoso.



Foto 5.1-3 Depósito arenoso de origem marinha

O referido Domínio comporta duas Regiões Geomorfológicas: Planície Costeira Interna e Planície Costeira Externa.

---

<sup>3</sup> Ambientes de pântanos.

– **Região Geomorfológica Planície Litorânea Interna**

Essa região localiza-se entre a Planície Marinha, a leste e o Planalto Sul Rio-Grandense, a oeste. Nesta área é significativa a presença de lagos costeiros.

Os depósitos de origem continental predominam na formação morfológica local. Em trechos pequenos, às margens da Laguna dos Patos, é perceptível a existência de dunas formadas por meio da ação eólica. No local, predomina a vegetação Pioneira, já bastante alterada pela ação antrópica.

É justamente sobre essa Região Geomorfológica que se encontra assentada a maior parte da BR-116/RS, mais precisamente na Unidade Geomorfológica Planície Alúvio-Coluvionar, descrita a seguir. A referida região funciona como um “divisor” de relevos. É possível se afirmar isso, pois, durante todo o trecho percorrido para a confecção deste relatório, fica nítida a existência de duas formações geomorfológicas bastante distintas, margeando toda a rodovia (Foto 5.1-4).



**Foto 5.1-4 Planície costeira interna**

Tendo como referência o sentido Porto Alegre – Pelotas, onde a capital do estado encontra-se ao norte do trecho, e o município de Pelotas ao sul. À margem oeste da rodovia encontra-se, à primeira vista, um tipo de formação geomorfológica constituída por “morrotes” (coxilhas) denominada de Unidade Geomorfológica Planalto Rebaixado Marginal (Foto 5.1-5). Mais internamente, essa formação se eleva podendo alcançar altitude de 400 metros, formando os Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul (foto 5.1-6). Ambas serão discriminadas posteriormente.



**Foto 5.1-5 Ao fundo coxilhas do Planalto Rebaixado Marginal**



**Foto 5.1-6 Formações colinosas do Planalto Residual Canguçu-Caçapava do Sul**

Na margem leste, o relevo quase não se diversifica, é formado por extensas planícies inundáveis, com altitude baixa e inclinação desprezível (levando em consideração a área do terreno), alcançando em poucos trechos 100 metros (Foto 5.1-7). Somente nos raros momentos em que a rodovia prolonga-se inteiramente na Região Geomorfológica do Planalto Sul Rio-Grandense é que o relevo, referente a esta margem se altera.



**Foto 5.1-7 Planícies inundáveis localizadas à margem leste da BR-116. Formação da Planície Costeira Interna**

A Planície Costeira Interna engloba duas Unidades Geomorfológicas: a Planície Lagunar e a Planície Alúvio-Coluvionar.

- **Unidade Geomorfológica Planície Lagunar**

Localiza-se aproximadamente entre as Unidades Geomorfológicas Planície Marinha, a leste, e Alúvio-Coluvionar, a oeste. Os depósitos lagunares e as formações ligadas a esse tipo de terreno foram os fatores que geraram a denominação desta unidade de Planície Lagunar.

É formada por uma área plana, homogênea, sem efeitos de dissecação, onde predomina a acumulação de sedimentos representados pelas planícies e terraços lacustres (foto 4.8. e 4.9). A planície fluvial do baixo Jacuí, sua foz na Laguna Guaíba, por se encontrar encaixada no terraço lacustre, relacionado também a Laguna Guaíba, foi incluída nesta Unidade Geomorfológica. Em determinados pontos, às margens dos lagos mais extensos, a reposição eólica nas praias lagunares, cujo material arenoso já constitui uma acumulação pelas ondas da laguna em antigas restingas, deu origem a modelados eólicos, onde se formam dunas.



**Foto 5.1-8 Solo arenoso de acumulação sedimentar lagunar**



**Foto 5.1-9 Solo arenoso de acumulação sedimentar lagunar (visão aproximada).**

O Rio Jacuí começa a integrar a Planície Lagunar a partir da confluência com o Rio Jaguari, nos arredores de São Jerônimo-RS. Daí, até sua foz na Laguna Guaíba, o Rio Jacuí se comporta em um percurso aproximadamente retilíneo O-E, com inflexões NE-SO e NO-SE, com a presença de duas alongadas ilhas fluviais. Na sua foz, o rio se bifurca em braços principais e outros secundários, formando um delta. Nesse local ocorre intensa sedimentação, o que leva a um processo de colmatção na desembocadura do rio. Na mesma área também deságuam os rios Caí, dos Sinos e Gravataí.

- **Unidade Geomorfológica Planície Alúvio-Coluvionar**

Caracteriza-se por uma superfície plana, suavemente rampeada no sentido leste, em alguns trechos descontínuas, localizada entre a Planície Lagunar, a leste, e os relevos das Regiões Geomorfológicas Planaltos das Araucárias e Sul Rio-Grandense a oeste. O

seu posicionamento espacial possibilita enquadrá-la, do ponto de vista de origem da deposição, como área de transição entre influências continental e marinha.

Nos locais onde predominam os modelados planos ou embaciados, ocorre uma influência de deposição continental, resultante da convergência de leques coluviais de espraiamento, cones de dejeção ou concentração de depósitos de enxurradas nas partes terminais de rampas de pedimentos (Foto 5.1-10). Registra-se ainda, a ocorrência de formas de topos planos ou baixos tabuleiros.



**Foto 5.1-10 Convergência de leques coluviais - depósitos de enxurradas**

Nas proximidades da Laguna dos Patos, encravada na Planície Lagunar, existe uma área alongada no sentido SO-NE, que corresponde à coxilha das Lombas. Representa antigas dunas dissipadas, local em que se registrou uma dissecação do tipo homogênea, com densidade de drenagem fina e média, levando a um aprofundamento de vale que varia entre 20 e 33 metros e 35 a 45 metros; trata-se de uma área de deposição eólica, cuja sedimentação deste material ocorreu com a presença de óxidos, originados por processos pedogenéticos que se registram na área (Foto 5.1-11) . A altitude da coxilha das Lombas varia de 40 a 150 metros e seu limite leste é feito por degraus bem marcados, na direção SO-NE, que remetem, provavelmente, a paleofalésias.



**Foto 5.1-11 Área de deposição e sedimentação arenosa por transporte eólico**

Os principais cursos d'água que drenam esta unidade, como o baixo curso do Rio Camaquã, arroio Grande, arroio Pelotas (Foto 5.1-12), arroio Contrabandista e Rio Piratini, deságuam na Laguna dos Patos. Todos esses rios apresentam planícies fluviais ou correm encaixados em terraços fluviais.



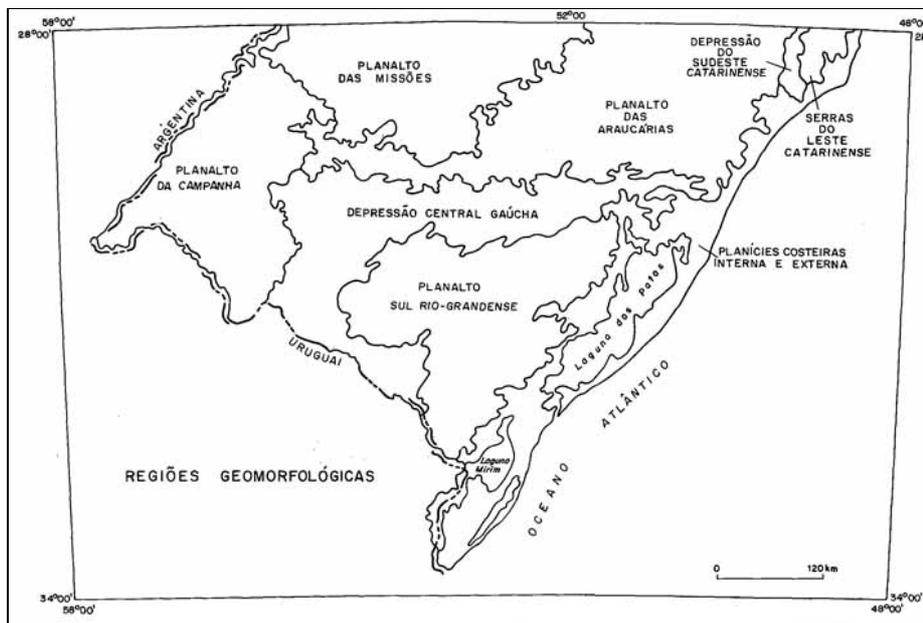
**Foto 5.1-12 Ponte sobre o Arroio Pelotas**

#### - **Região Geomorfológica Planície Litorânea Externa**

Essa unidade estende-se por toda a costa do Rio Grande do Sul e trecho de Santa Catarina, abrangendo uma extensão de 11.494 Km<sup>2</sup>. Localiza-se na área de Influência Indireta do empreendimento. Dentro desta Região Geomorfológica, destaca-se apenas a Planície Marinha, cujas características podem ser apreciadas abaixo.

- **Unidade Geomorfológica Planície Marinha**

Trata-se de uma área onde as ações marinhas e eólicas são pronunciadas, predominando terraços marinhos e os modelados eólicos, incluindo dunas e planícies arenosas e, secundariamente, planícies lacustres às margens dos lagos maiores (RADAMBRASIL, 1986). A costa mapeada pelo RADAMBRASIL apresenta, principalmente, dois direcionamentos principais: um N-S, que vai da cidade de Garopaba, em Santa Catarina, até as proximidades da laguna Garopaba, e o outro NE-SO, (estendendo-se da laguna Garopaba até o Arroio Chuí) seguindo até o Arroio Chuí, extremo sul do País.



**Figura 5.1-26 Unidade Geomorfológica Planície Marinha**

FONTE: RADAMBRASIL, 1986.

O primeiro trecho (N-S) caracteriza-se por apresentar um litoral recortado, mostrando baías e enseadas normalmente guarnecidas por pontas, que quase sempre correspondem a relevos residuais pronunciados. São constituídos por rochas graníticas da Suíte Intrusiva Tabuleiro. As praias são estreitas e arenosas, apresentando dunas (RADAMBRASIL, 1986). Entre as cidades de Garopaba e Imbituba, ambas em Santa Catarina, ocorrem os sambaquis (acúmulo de moluscos marinhos, fluviais e lacustres).

A segunda seção (NE-SO), ao contrário da anterior, possui uma costa retilínea, com largas reentrâncias e amplos avanços em direção ao mar. Em toda a extensão do trecho aparecem formações dunares, essas se encontram ativas em alguns locais e semi-

estabilizadas pela vegetação em outros. Assim, predominam os modelados eólicos e secundariamente os terraços marinhos, onde se encontram cordões de restingas, localizadas nas proximidades de Torres, Rio Grande do Sul e abaixo da Laguna dos Patos (RADAMBRASIL, 1986).

#### **5.1.4.4 Domínio Morfoescultural dos Embasamentos em Estilos Complexos**

Este domínio relaciona-se às localidades de exposição das rochas pré-cambrianas, em especial, que fazem parte da Província da Mantiqueira. Caracteriza-se por uma formação descontínua, representada por dois blocos distintos. O bloco nordeste limita-se a leste e sul, com o Domínio Morfoescultural dos Depósitos Sedimentares; a oeste, limita-se com o Domínio Morfoescultural das Bacias e Coberturas Sedimentares. O bloco centro-sul está em contato com o Domínio Morfoescultural dos Depósitos Sedimentares, a leste, com o Domínio Morfoescultural das Bacias e Coberturas Sedimentares, a norte, oeste e sudoeste, e estendendo-se em direção ao território uruguaio, a sul.

A estrutura geológica complexa desta área está nítida no modelado do relevo, por meio de uma heterogeneidade de tipos dissecados, onde não se observa a predominância de um tipo sobre o outro. Ocorrem relevos planálticos, entrecortados por vários relevos estruturais e residuais, como barras de relevo dobrado, marcas de enrugamento e estruturas falhadas.



**Foto 5.1-13 Relevo planáltico entrecortado por relevos estruturais**

A altimetria varia entre 200 e 500 metros e as cotas mais elevadas configuram um compartimento geomorfológico, onde o relevo se encontra pouco desgastado, conservando restos de superfícies pediplanadas desnudadas.

As linhas de dreno nesta área, na maioria dos casos, estão encaixadas e orientadas pelas tectônicas e estruturas regionais. A estrutura geológica conduziu a um desgaste que, obedecendo às linhas estruturais, traduz-se por meio de sulcos e vales estruturais profundos. As linhas mestras de drenagem são dadas pelos rios Camaquã e Piratini, que deságuam a leste na Laguna dos Patos. Os vales desses cursos são encaixados apresentando, em alguns trechos, canyons. Contudo, em outros trechos apresentam faixas de planícies aluviais.

- **Região Geomorfológica Planalto Sul Rio-Grandense**

Essa Região Geomorfológica corresponde à área de abrangência do Escudo Sul-Rio-Grandense. Apresenta-se em forma triangular a partir do centro do Rio Grande do Sul, rumo ao sul do território.

Limita-se ao norte e a oeste pela Depressão Central Gaúcha e a leste pela Planície Costeira Interna. Ao sul, a referida Região Geomorfológica, adentra em território uruguaio. A localização dessa forma de relevo, o planalto, ocupando a porção centro-meridional do estado gaúcho, permitiu sua denominação de Sul Rio-Grandense.

A complexidade da estrutura geológica, dada principalmente pelas rochas pré-cambrianas do Complexo Canguçu, se revela na paisagem através de um relevo intensamente dissecado. Tal relevo é composto por topos convexos e vales profundos, que apresentam uma certa orientação SE-NO e SO-NE (foto 5.1-14). Ao lado disso, ocorrem áreas menos dissecadas, em posição de topo, que constituem restos de superfícies pediplanas. Os solos locais são, predominantemente, do tipo Podzólico Vermelho-Amarelos e Litólicos, recobertos por uma cobertura vegetal campestre (Savana Arbórea Aberta, Parque e Gramíneo-Lenhosa) e florestal (Floresta Estacional Semidecidual).



**Foto 5.1-14 Vales profundos presentes no Planalto Residual Canguçu-Caçapava do Sul**

O principal eixo de drenagem fica a cargo do Rio Camaquã, juntamente com seus afluentes, e resultam em um padrão de drenagem subdendrítico quando instalados nesta região geomorfológica.

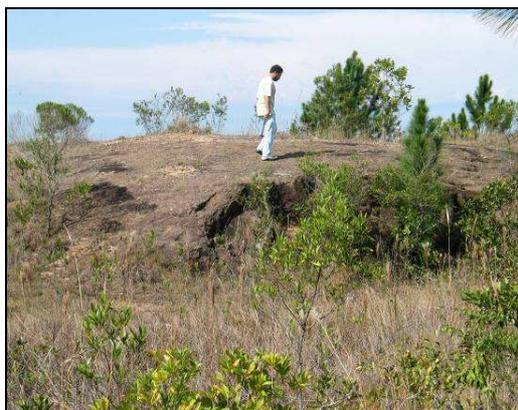
Na referida Região registrou-se duas Unidades Geomorfológicas: Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul e Planalto Rebaixado Marginal.

- **Unidade Geomorfológica Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul**

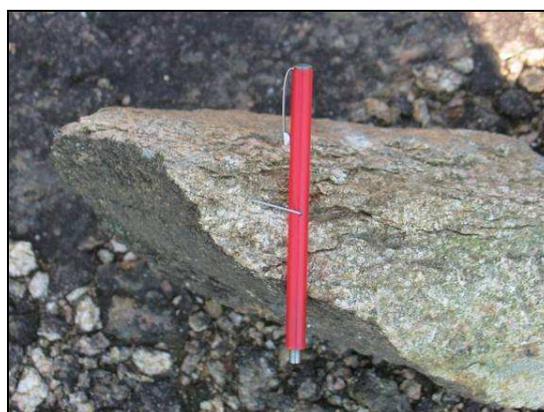
Essa unidade corresponde aos relevos mais elevados, em torno de 400 metros.

Genericamente o relevo se apresenta dissecado em formas de colinas, ocorrendo também áreas de topo plano ou incipientemente dissecado, remanescente de antiga superfície de aplainamento. Para sistematizar a descrição desta Unidade, divide-se a unidade em três setores, dos quais apenas dois incluem-se na área de estudo deste projeto. O primeiro apresenta-se como um divisor de água entre as bacias dos rios Jacuí, a norte, e Camaquã, ao sul. É constituído por topos convexos, ocorrendo distintamente topos agudos, configurando cristas. As vertentes são íngremes, com cobertura de alteração pouco espessa, apresentando muitas vertentes com afloramentos rochosos.

Nesse local o relevo foi entalhado em rochas metamórficas e migmáticas do Complexo Canguçu, ocorrendo também suítes graníticas (Foto 5.1-15 e 5.1-16). A influência estrutural-litológica é traduzida pela presença de vales ou sulcos estruturais, além de escarpas de falhas ou de linhas de falhas.



**Foto 5.1-15– Lagedo do Complexo Canguçu-Caçapava do Sul**



**Foto 5.1-16– Rocha metamórfica do lagedo do Complexo Canguçu-Caçapava do Sul**

O setor ao sul do Rio Camaquã, ou seja, o segundo setor desta unidade, onde se localiza a cidade de Canguçu – RS, constitui uma área dissecada, demonstrando a formação de topo convexo, estreito e vertentes íngremes. Nos topos encontram-se lajedos e pavimentos dentrícos (Foto 5.1-17). Próximo às formas dissecadas ocorrem áreas de superfícies pediplanizadas, configurando uma fraca atuação da drenagem.



Foto 5.1-17– Lagedo de granito dos Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul

- **Unidade Geomorfológica Planalto Rebaixado Marginal**

Relevo de superfície dissecada, com altitudes variando entre 100 e 200 metros, chegando em alguns pontos a 450 metros. Localizado na porção centro-sul do Rio Grande do Sul, essa unidade limita-se com a Depressão Rio Jacuí, a norte e noroeste; com a Depressão Rio Ibicuí – Rio Negro, a oeste e sudoeste; a leste com a Planície Alúvio-Coluvionar, adentrando ao sul no território uruguaio. O nome dessa unidade reflete sua posição rebaixada e às margens do Planalto Residual Canguçu-Caçapava do Sul.

Formado por rochas do Pré-Cambriano, esse relevo encontra-se bastante dissecado, configurando colinas, interflúvios tabulares e secundariamente cristas. São encontrados muitos matacões em encostas íngremes.



Foto 5.1-18– Matacões e afloramentos graníticos (Planaltos Rebaixado Marginal)

O processo de dissecação ocorreu de forma indistinta na área, não havendo assim uma forma predominante de erosão.

Nos locais onde os topos são mais planos, formando interflúvios tabulares, são encontrados afloramentos rochosos em forma de lajedos. Nesses locais são encontrados também pavimentos dentríticos.



**Foto 5.1-19 Lagedo granítico (Planalto Rebaixado Marginal)**

De modo geral, esse planalto é drenado por rios que encontram-se encaixados, porém sem a gênese de vales. O rio Camaquã possui trechos superimpostos, onde formam planícies e terraços, sendo estes, separados por depressões alveolares. Nos trechos onde o talvegue do Camaquã está encaixado, seu leito é assimétrico. Porém, nos trechos onde sua área de drenagem é mais ampla, formam-se meandros (Foto 5.1-20). A maioria de seus afluentes são drenagens encaixadas. Contudo, o arroio Boici, seu afluente de margem direita, nas proximidades da foz, forma terraços fluviais. O Camaquã possui uma drenagem de padrão dentrítico e subdentrítico. Sua margem esquerda é formada por rios que direcionam seus leitos para o sul (arroio dos Nobres, das Pedras, dos Vargas, dentre outros). Já na margem direita, os rios são mais extensos e por isso apresentam uma drenagem dentrítica subparalela.



**Foto 5.1-20 Meandro do Rio Camaquã a leste da BR-116/RS.**

#### **5.1.4.5 Domínio Morfoescultural das bacias e coberturas sedimentares**

Este Domínio ocorre ao norte do empreendimento, na Área de Influência Indireta. Está em contato, a leste, com o Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares através de um relevo escarpado, regionalmente conhecido como Aparados da Serra, de grande desnível altimétrico. Representa uma superfície de 121.835 Km<sup>2</sup>.

Em relação ao contexto geológico, corresponde à Província da Bacia Sedimentar do Paraná, englobando rochas da Bacia do Paraná, onde as formas de relevo foram esculpidas tanto em litologias da fase de sedimentação paleozóica como mesozóica, quanto da fase predominantemente efusiva juracretácica e posteriormente terciária (RADAMBRASIL, 1986).

O contato entre a superfície planática, constituída por rochas efusivas em especial (basaltos), com a interplanática composta de rochas sedimentares, faz-se por meio de escarpamento bem pronunciado, na região de Aparados da Serra. Ao sul, com direção geral Leste-oeste, o escarpamento é menos acentuado, chegando a desaparecer na porção centro-oeste.

##### **- Região Geomorfológica Planalto das Araucárias**

A Região Geomorfológica Planalto das Araucárias corresponde à porção mais oriental do Domínio em questão: o contato com a Região Geomorfológica Depressão Sudeste Catarinense, assim como a Região Geomorfológica Planície Costeira Interna faz-se através de escarpamento abrupto, por vezes com 1.000m de desnível. Esse paredão rochoso apresenta vertentes facetadas triangulares (RADAMBRASIL, 1986).

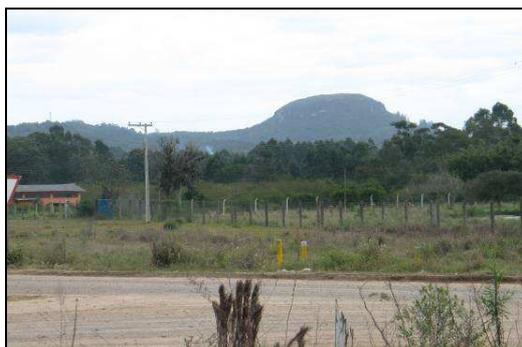
Os principais rios que atravessam a Região são: rio Taquari e seu formador – rio das Antas, rio Caí e rio dos Sinos, todos eles geralmente em seus altos e médios cursos.

##### **▪ Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral**

A Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral ocupa uma superfície de 3.576 km<sup>2</sup>, que representa 6,3% da Região Geomorfológica Planalto das Araucárias. Representa testemunhos do recuo da linha de escarpa, a qual se desenvolveu nas sedimentares de coberturas da Bacia do Paraná. De modo geral, estende-se sobre rochas básicas da Formação Serra Geral. Nas áreas de maior entalhamento da drenagem, observam-se afloramentos de arenitos da Formação Botucatu. Restritamente, nos sopés dos residuais, em contato com as Regiões Geomorfológicas Planaltos Costeiros Internos

e Externos afloram rochas paleozóicas como siltitos, siltitos arenosos e arenitos da Formação Rio do Rasto, e, lamitos, argilitos, siltitos e arenitos finos com concreções calcíferas do subgrupo Estrada Nova, conforme tópico de geologia (RADAMBRASIL, 1986).

A Unidade engloba formas em colinas com pequeno aprofundamento dos vales fluviais, formas de relevo que apresentam forte controle estrutural. Os relevos associados diretamente aos pronunciados escarpamentos, compreendem níveis profundos de dissecação e entalhamento da drenagem. Na área Serrana, apresenta a diminuição do controle estrutural de desnível de escarpa. Na borda da Unidade observa-se uma série de morros testemunhos (Foto 5.1-21) que avançam sobre a Unidade Geomorfológica do Rio Jacuí, demonstrando uma antiga posição da Região Geomorfológica das Araucárias, recuada nos dias atuais.



**Foto 5.1-21 Morro testemunho nas bordas da área serrana, Patamares da Serra Geral**

– **Unidade Geomorfológica Depressão Central Gaúcha**

Está posicionada nas terminações sul e sudeste do Domínio Morfoestrutural das bacias e Coberturas Sedimentares, e apresenta dois segmentos: um leste-oeste e outro norte-sul.

Limita-se a norte com o Planalto das Araucárias, a sul e sudeste com o Planalto Sul Rio-Grandense, a leste com a Planície Costeira Interna e a oeste com o Planalto da Campanha, ocupando uma extensão de 33.971Km<sup>2</sup>. É uma área baixa, interplanáltica, onde os processos erosivos esculpiram em rochas sedimentares, paleozóicas, triássicas e jurássicas da Bacia do Paraná, como colinas alongadas, conhecidas regionalmente como coxilhas (RADAMBRASIL, 1986).

- **Unidade Geomorfológica Depressão do Rio Jacuí**

Localiza-se no segmento leste-oeste da Região Geomorfológica Depressão Central Gaúcha, e corresponde à área de drenagem comandada pelo rio Jacuí. Caracteriza-se por apresentar um relevo sem grandes variações altimétricas, dando à paisagem um caráter monótono, rompido por coxilhas.

Ao lado dessas formas ocorrem vastas superfícies planas, rampeadas, recobertas por colúvios, com dissecação incipiente e mapeadas como superfície pediplanadas. Dessa superfície emergem inúmeros relevos residuais, com vertentes pedimentadas, relacionadas à Serra Geral ou aos Patamares da Serra Geral (RADAMBRASIL, 1986).

A dissecação que se processou na depressão executada pelo rio Jacuí é do tipo homogênea. Os vales dos rios geralmente são largos e de fundo plano, apresentando-se encaixados nas cabeceiras. O rio Jacuí (Foto 5.1-22) tem uma direção geral N-S; a partir daí correm em direção NO-SE até receber o rio Vacacaí. Deste ponto, inflete para leste até sua foz na laguna Guaíba.



Foto 5.1-22– Rio Jacuí

#### **5.1.4.6 Propensão à Erosão ou ao Assoreamento das Formas de Relevo na Interface com a Duplicação da BR-116/RS**

Conforme foi observado, a Área de Influência Indireta pode ser dividida em três grandes Domínios Morfoesculturais:

- Depósitos Sedimentares;
- Embasamentos;
- Bacias e Coberturas Sedimentares.

Estas formas de relevo apresentam características topográficas distintas e como conseqüência os processos geomorfológicos também se alteram. Os processos mais comuns e que podem influenciar ou ser influenciados pela implantação de um empreendimento linear são o aumento da taxa de assoreamento de drenagens e a erosão de taludes ou de encostas naturais.

Esses dois processos são atuantes em todos os Domínios, Regiões e Unidades Geomorfológicas, porém podem ser mais intensos, dependendo da conformação topográfica.

As áreas onde são predominantes os processos de sedimentação e, por isso, propícias ao aumento da taxa de assoreamento das drenagens, estão vinculadas mormente as Planícies Lagunares e Planícies Marinhas. A Planície Alúvio-Coluvionar e a Depressão do Rio Jacuí também são áreas onde a sedimentação é predominante, porém em menor escala do que as anteriores.

Em regiões onde o acúmulo de sedimentos é maior a atenção deve estar voltada para o entorno das drenagens, pois além das altas taxas de sedimentação, as drenagens são susceptíveis ao processo de eutrofização, quando a atividade antrópica é intensa.

No contexto da duplicação da BR-116/RS, a maior parte das drenagens encontra-se na Planície Alúvio Coluvionar, Unidade Geomorfológica que possui, de forma marcante, tanto as características de um ambiente propício ao assoreamento, quanto às áreas onde a erosão apresenta-se como um passivo ambiental para o Empreendedor.



Foto 5.1-23 Relevo típico da Planície Alúvio Coluvionar. Áreas de baixada cortadas por coxilhas

Neste relevo destacam-se os inúmeros arroios marcados por um baixo gradiente topográfico, uma vez que sua altitude encontra-se próxima da Lagoa dos Patos, sendo que as zonas inter-drenagens são compostas por coxilhas (morrotes). Nessas coxilhas, que muitas vezes são utilizadas pelas projetistas como áreas de empréstimo, os processos erosivos são atuantes, podendo, nas encostas naturais apresentarem-se como problemas, pelo conteúdo coluvionar na matriz do solo. Neste sentido é importante que as atenções do Empreendedor estejam voltadas para a proteção dos taludes que serão formados, bem como para aqueles que já existem, bem como para a exploração dos materiais que podem ser foco de material a ser carregado para as drenagens.

Também são importantes as medidas preventivas para conter o vazamento de produtos perigosos, uma vez que em situação de baixa velocidade, estes produtos tendem a se acumular ao longo das drenagens e, ao fim do processo, na Lagoa dos Patos.

Parte da rodovia também se encontra inserida dentro do Planalto Rebaixado Marginal que, embora seja a evolução geomorfológica dos Planaltos Residuais, possuindo encostas menos abruptas, sua intersecção com as obras de duplicação podem ocasionar processos erosivos intensos e mais significativos. Porém esta é uma situação absolutamente controlável, uma vez que esta Unidade Geomorfológica possui pouca importância espacial ao longo da BR-116/RS.

#### **5.1.4.7 A Formação de Depósitos Tecnogênicos como Impactos Ambientais ao longo da BR-116/RS**

##### **– Conceito de Depósitos Tecnogênicos**

Os Depósitos Tecnogênicos são depósitos correlativos aos processos relacionados às formas humanas de “apropriação” do relevo e, devido à originalidade desta determinação, sua época de existência, por decorrência, caracteriza um tempo geológico distinto. Isto é justificado porque, em essência, os períodos e as épocas geológicas se referem as “mudanças ou estabilidades estruturais de matéria ou movimento” (Peloggia,1998). Em outras palavras, caracterizam-se por processos determinados e seus registros correlativos. A autenticidade do Período Quinário ou Tecnógeno se confirma quando as coberturas pedológicas e geológicas, que estão em processo de formação recente, encontram-se completamente influenciadas pela ação do homem.

### – Classificação dos Depósitos Tecnogênicos

Os depósitos, resultantes da atividade humana, podem ser inicialmente classificados em três tipos (genéticos) principais: depósitos construídos (aterros ou corpos de rejeitos); depósitos induzidos, como os sedimentos que se depositam em virtude da erosão decorrente do uso indevido do solo (assoreamento ou aluviões modernos); e depósitos modificados (depósitos naturais alterados tecnologicamente por efluentes e adubos). Apesar de existirem propostas de classificação mais detalhadas para os Depósito Tecnogênicos.

Outra classificação desenvolvida diz respeito à caracterização do material constituinte do depósito, referindo-se aos “solos altamente influenciados pelo homem”. Tal classificação foi criada por Fanning & Fanning (1989). De acordo com Fanning & Fanning *apud* Peloggia (1998), os depósitos são classificados como:

- 1 – Materiais “úrbicos” (do inglês *urbic*): corresponde aos detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem moderno, freqüentemente em fragmentos, como tijolos, vidro, concreto, prego, plástico, metais diversos, dentre outros.
- 2 – Materiais “gárbicos” (do inglês *garbage*): são depósitos de material detrítico com lixo orgânico de origem humana e que, apesar de conter artefatos em quantidades muito menores que a dos materiais úrbicos, são suficientemente ricos em matéria orgânica para gerar metano em condições anaeróbicas.
- 3 – Materiais “espólicos” (do inglês *spoil*): materiais terrosos escavados e redepositados por operações de terraplanagem ou outras obras civis. Incluem-se também depósitos de assoreamento induzidos pela erosão acelerada. São materiais que contêm muito pouca quantidade de artefatos.
- 4 – Materiais “dragados”: materiais terrosos provenientes da dragagem de cursos d'água e comumente depositados em diques, em cotas topográficas superiores às da planície aluvial.

Os Depósitos Tecnogênicos são marcados por sua grande variedade, feições diferenciadas claras, diversidades de composição e grande variação de espessura. Caracterizam uma “classe genética independente” (como os aluviais, os vulcânicos), embora possam ser traçadas analogias com os depósitos naturais.

Os Depósitos Tecnogênicos podem resultar, ainda, das modificações *in situ* do solo natural. Já nas classificações pedológicas denomina-se “horizonte A antrópico” (o *anthropic epipedon* da classificação taxonômica do *Soil Conservation Service* norte-americano), o horizonte formado ou modificado pelo uso contínuo do solo pelo homem por períodos relativamente prolongados, com adição de material orgânico em mistura ou não com material mineral.

Esses depósitos, originários do conjunto de processos por meio dos quais os homens atuam na produção econômica, são a representação da transformação da superfície da Terra numa nova face denominada antropostoma. Esta face, segundo Passerini *apud* Suertegaray (2004), é caracterizada como um “tapete”, devido à associação de artefatos humanos e construções desenvolvidas como uma camada sobre a superfície terrestre. Sua tendência é a evolução para o antropostoma total, considerando que, para os homens industriais-urbanos, a maioria das informações e experiências são supridas pelo próprio antropostoma, não se fazendo necessária a busca de contatos com o que está no seu exterior.

**Tabela 5.1-2 Classificação de Depósitos Tecnogênicos**

AUTORES	GÊNESE	MATERIAIS
Oliveira (1990)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construídos</li> <li>- Induzidos</li> <li>- Modificados</li> </ul>	
Fanning & Fanning (1989)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Úrbicos</li> <li>- Gárbicos</li> <li>- Espólicos</li> <li>- Dragados</li> </ul>
Chemekov (1983)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Subaérea*</li> <li>- Subaquosa</li> <li>- Subterrânea</li> </ul>	<p>* 11 subdivisões quanto ao material constituinte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- depósitos de “pilhas” aterradas;</li> <li>- de aterros de depressões</li> <li>- mistos ou agrotécnicos;</li> <li>- de aluvião artificial;</li> <li>- de drenagem;</li> <li>- obras de terra;</li> <li>- camadas cultivadas;</li> <li>- de deposição em reservatórios;</li> <li>- de assoreamento de canais;</li> <li>- depósitos naturais com componentes tecnogênicos;</li> <li>- de sedimentação natural em reservatórios.</li> </ul>

Fonte – Silbernagel (2005).

#### – Formas de Ocorrência e Abrangência

Os Depósitos Tecnogênicos podem ocorrer em diversos espaços, principalmente nas áreas urbanas e seu entorno, como resultados das diferentes ações antrópicas, tais como: deposição de restos de construção, criação de aterros sanitários, depósitos de lixo a céu aberto, terraplanagem, alteração de cursos d'água, dentre outros.

Quanto à área de ocorrência, a seguir são apresentadas as principais:

- 1 – Centros Urbanos ou áreas de expansão urbana;
- 2 – Rodovias;
- 3 – Bacias Hidrográficas;
- 4 – Lagos de Hidrelétricas;
- 5 – Represas;
- 6 – Regiões Costeiras.

#### – Caracterização dos Depósitos na Área de Estudo

As áreas marginais à rodovia, estendendo-se até 30 metros de cada lado, correspondem à chamada Faixa de Domínio. Essa faixa é influenciada diretamente pela auto-estrada e, por isso, merece uma especial atenção no que se refere a sua ocupação e/ou utilização.

Ao longo do trecho rodoviário estudado foram encontrados, classificados e devidamente localizados alguns depósitos de origem antrópica, ou seja, depósitos tecnogênicos. As áreas contendo tais depósitos estão completamente inseridas na Faixa de Domínio da rodovia. De acordo com a identificação do material constituinte de tais depósitos, é possível afirmar que os mesmos são oriundos de excedente de materiais utilizados para manutenção da rodovia. Justifica-se essa informação quando se constata de que são formados de betume misturado à brita, o que é popularmente conhecido como asfalto.

Para denominar os depósitos encontrados e descritos em campo, será utilizada a classificação de Fanning & Fanning apud Peloggia (1998), a qual prioriza o material genético dos depósitos tecnogênicos. Seguindo essa vertente classificatória, os depósitos encontrados em campo são todos do tipo úrbicos. A morfologia desses depósitos assemelha-se a montículos (murundus) com topos arredondados que podem variar de 0,5 metros a 1,5 metros de altura.

Todo esse material encontrado está acumulado em locais distintos da Faixa de Domínio, na maioria das ocorrências está sofrendo Sucessão Ecológica Secundária. A sucessão

ocorre devido à retomada da vegetação pré-existente. Em alguns casos analisados, a cobertura se dá pelo retorno natural de espécies nativas. E em outros, por vegetais exóticos, como gramíneas implantadas no local para preservação e conservação da rodovia e de suas margens, evitando assim desmoronamento de talude, desbarrancamento da pista, ou ainda, formação de voçorocas na Faixa de Domínio. A sucessão pelo vegetal que estiver mais próximo do depósito.

Nos casos mais avançados, a cobertura vegetal encobriu todo o depósito, dificultando e, até mesmo, impossibilitado visualização de seu material constituinte. Nos estágios menos avançados, é mais fácil definir sua gênese, pois o material úrbico encontra-se expostos. É possível afirmar que o material fora recentemente depositado no local, pois apesar da Sucessão Ecológica Secundária, é fácil identificar os materiais constituintes. Isso vem mostrar que os depósitos nesse local estão impelindo uma nova morfologia à paisagem.

#### - **Localização dos Depósitos Tecnogênicos**

As respectivas localizações foram efetuadas com o uso do aparelho de GPS Garmin E-Trex. Todas as coordenadas estão em UTM, configuradas com o Datum SAD 69. A localização dos depósitos foi feita com no máximo 2 metros de distância dos mesmos. Assim executada com o objetivo de abranger a área em que os materiais betuminosos encontram-se depositados.

#### **Depósito 1:**

Localização: N 6.664,272

E 464.524



**Foto 5.1-24 Depósito de origem úrbica – resto de asfalto sofrendo sucessão ecológica secundária**

**Depósito 2:**

Localização: N 6.657.278

E 461.091



Foto 5.1-25 Depósito de origem úrbica – resto de asfalto sofrendo sucessão ecológica secundária

**Depósito 3:**

Localização: N 6.563.731

E 400.982



Foto 5.1-26 Depósito de origem úrbica – resto de asfalto sofrendo sucessão ecológica secundária

**Depósito 4:**

Localização: N 6.529.551

E 396.919



Foto 5.1-27 Depósito de origem úrbica – resto de asfalto sofrendo sucessão ecológica secundária.



Foto 5.1-28 Depósito de origem úrbica – resto de asfalto sofrendo sucessão ecológica secundária.

**Depósito 5:**

Localização: N 6.526.437

E 391.276



**Foto 5.1-29 Depósito de origem úrbica – resto de asfalto sofrendo sucessão ecológica secundária.**

É importante localizar e identificar os Depósito Tecnogênicos para saber se poderão ou não causar danos a rodovia e a população que vive dentro da região de influência indireta, porque para o meio natural é inegável que os cause. Faz-se necessário entender que não se trata de depósitos naturais, e por isso podem gerar problemas, muitas vezes, irreversíveis ao meio.

No caso dos depósitos úrbicos, por exemplo, podem gerar certa impermeabilização no solo, devido a compactação de seu material constituinte. Sendo assim, em alguns casos, chega a comprometer a existência de uma cobertura vegetal mais exuberante com raízes profundas e, ainda, impede a recarga eficaz do lençol freático, por meio das águas pluviais. Grande parte do material que formador desse tipo de depósito demora milhares de anos para se decompor naturalmente, o que faz com que seus efeitos sejam sentidos por vários períodos geológicos.

No momento em que se reconhece a interferência antrópica sobre a superfície do planeta, admitindo a atuação do homem na produção e intensificação de processos naturais exógenos e até endógenos, introduz-se a questão da aceleração do tempo geomorfológico. A aceleração do tempo geomorfológico pela atividade humana constitui as mudanças provocadas pela ação do homem na superfície terrestre e são comparáveis, em magnitude, às mudanças de origem natural. Isto evidencia a relevância antropogênica na construção, em muito pouco tempo, considerando idades geológicas, de depósitos

sedimentares. Evidencia a aceleração de processos que "naturalmente" levam milhões de anos para consolidarem-se.

Nesta perspectiva, foram identificados e classificados alguns depósitos que estão se formando nas áreas marginais da Rodovia BR-116/RS, no trecho Porto Alegre – Pelotas. Esses depósitos permanecerão onde estão e se integrarão paisagem – como já está acontecendo – ou podem ser mais uma vez removidos e depositados em outro local.

#### **5.1.4.8 . Planialtimetria**

O texto de geomorfologia discorre sobre os aspectos fisiográficos do terreno da área de influência direta e indireta deste empreendimento, a representação cartográfica do terreno foi apresentada no conjunto de mapas temáticos apresentados no caderno de mapas. Trata-se dos mapas topográficos confeccionados pelo Exército Brasileiro na escala de 1:50.000, contendo ainda as informações complementares típicas que são representadas neste tipo de trabalho.

#### **5.1.5 SOLOS**

O levantamento e mapeamento de solos é uma atividade importante no diagnóstico de uma área, uma vez que a pedosfera encontra-se em contato com a atmosfera, biosfera, hidrosfera e geosfera, podendo, então, ser considerado uma excelente ferramenta na estratificação de ambientes (Resende et al., 1995).

Entende-se como solo “a coletividade de indivíduos naturais na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo”. (IBGE, 2007).

Os solos são a expressão de todos os outros fatores do ambiente e como tal eles constituem indícios da região natural. Para “ler” estes indícios devem-se entender todos os vários fatores – geológicos, biológicos, físicos e químicos – que originam os solos, bem como as forças naturais e humanas que o modificam. Os estudos das relações entre solos, geologia e superfícies geomórficas são importantes para a compreensão da

ocorrência dos solos na paisagem, permitindo a predição dessa distribuição, constituindo importante ferramenta para atividades de mapeamento de solos e de planejamento de uso do solo.

A composição química e a estrutura física do solo em cada lugar estão determinadas pelo tipo de material geológico do qual se origina, pela cobertura vegetal, pelo tempo durante o qual o intemperismo agiu, pela topografia e por mudanças artificiais resultantes das atividades humanas.

O Rio Grande do Sul apresenta uma grande variedade de tipos de solos como consequência da complexidade da formação geológica e da ação climática existente. É dividido em 5 grandes regiões fisiográficas, onde ocorrem solos que se caracterizam pelos distintos processos de formação, os quais são resultados das condições ambientais atuantes em cada região. (<http://www.ufsm.br/msrs/solos>, acesso em 27/08/2008).

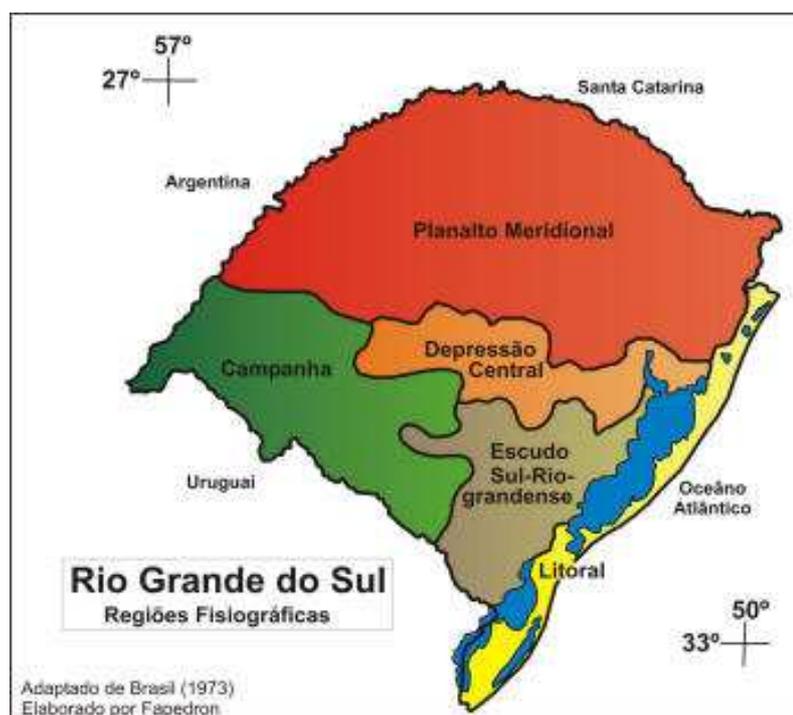
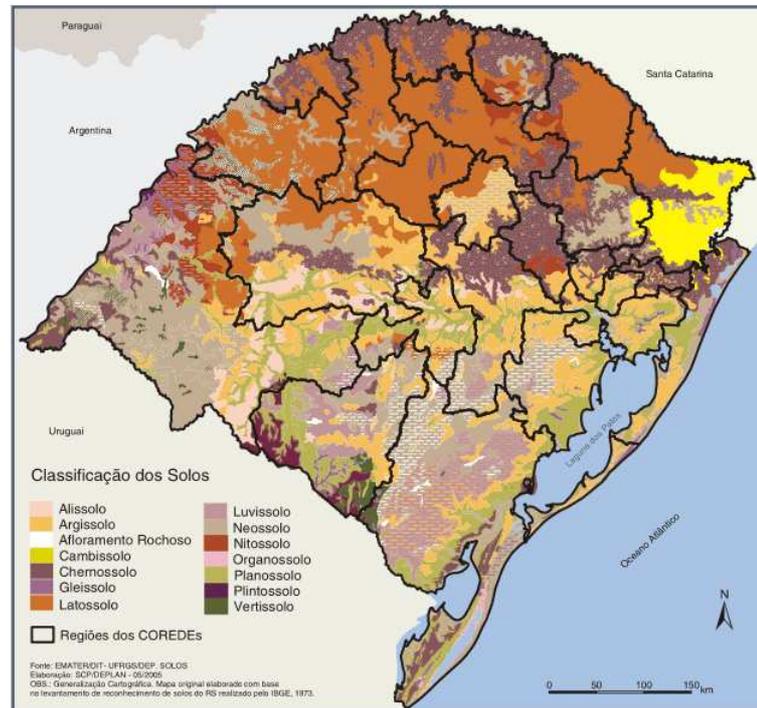


Figura 5.1-27 Disposição das regiões fisiográficas no Rio Grande do Sul

Fonte: Museu de Solos/RS

Os principais tipos de solos encontrados na área de estudo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos/EMBRAPA são os seguintes: argissolos, latossolos, neossolos, planossolos.



**Figura 5.1-28 Tipos de solo no Estado do Rio Grande do Sul**

Fonte: Atlas Socioeconômico do RS.

- **Argissolos**

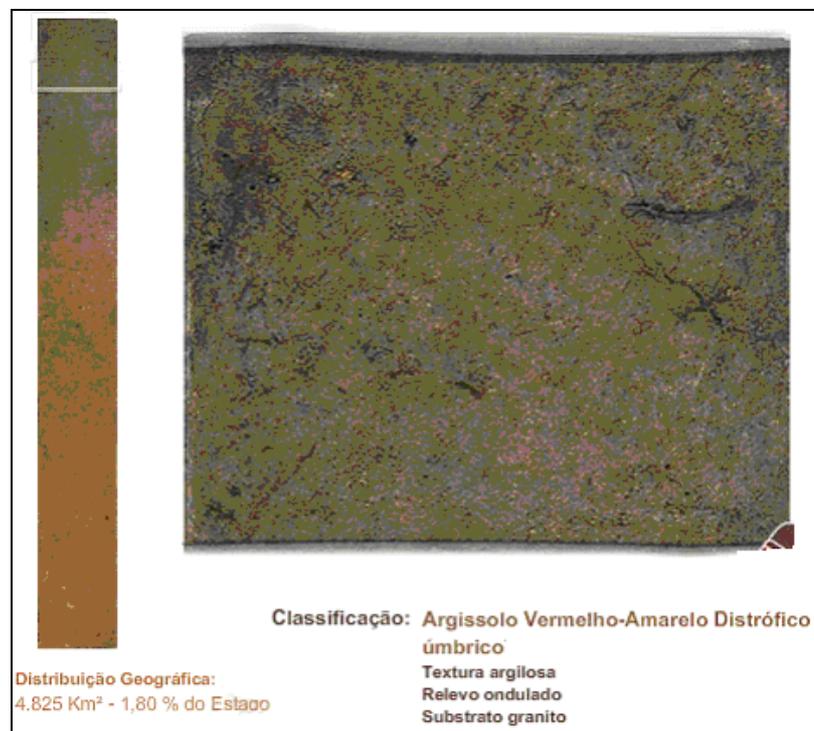
Compreende solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais argila de atividade baixa e horizonte B textural (Bt), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Alissolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos (EMBRAPA, 1999).

São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenadas, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. Apresenta um incremento no teor de argila, com ou sem decréscimo, do horizonte B para baixo do perfil. A transição entre os horizontes A e Bt é geralmente clara, abrupta ou gradual. São de forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases altas ou baixas, predominantemente caulíníticos e com relação molecular Ki variando de 1,0 a 2,3, em correlação com baixa atividade das argilas.

Nesta classe estão incluídos os solos que foram classificados pela EMBRAPA Solos como, Podzólico Vermelho-Amarelo argila de atividade baixa, pequena parte de Terra

Roxa Estruturada, de Terra Roxa Estruturada Similar, de Terra Bruna Estruturada e de Terra Bruna Estruturada Similar, todas com gradiente textural necessário para B textural, em qualquer caso Eutróficos, Distróficos ou Álicos, e mais recentemente o Podzólico Vermelho-Escuro, com B textural e o Podzólico Amarelo.

No Estado do Rio Grande do Sul ocorrem em relevos suaves e ondulados na Depressão Central, Campanha e na Encosta do Planalto Meridional, e podem apresentar limitações químicas devido à baixa fertilidade natural, forte acidez e alta saturação por alumínio, sendo também de alta suscetibilidade à erosão e degradação. Podem ser usados com culturas anuais e campo nativo, preferencialmente com plantio direto e em rotação de culturas com plantas protetoras e recuperadoras do solo durante o inverno.



**Figura 5.1-29 Mostra de Argissolo**

Fonte: Museu de Solos do RS

- **Neossolos**

Compreende solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, com pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa intensidade de atuação destes processos, que não conduziram ainda, a modificação expressiva do material originário, de características do próprio material, pela sua

resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos.

Possuem seqüência de horizontes A-R, A-C-R, A-Cr-R, A-Cr, A-C, O-R ou H-C sem atender, contudo aos quesitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Chernossolos, vertissolos, Plintossolos, Organossolos ou Gleissolos. Esta classe admite diversos tipos de horizontes superficiais, incluindo o horizonte O ou H hístico, com menos de 30 cm de espessura quando sobrejacente à rocha ou a material mineral. (EMBRAPA, 1999).

Nesta Classe estão incluídos os solos que foram reconhecidos pela EMBRAPA Solos como, Litossolos e Solos Litólicos, Regossolos, Solos Aluviais e Areias Quartzozas (Distróficas, Marinhas e Hidromórficas). Solos A-C com caráter sálico pertencem à classe dos Gleissolos, pois todos os Solonchaks (identificados no país) têm horizonte glei.

O uso deste solo está restrito ao relevo e a baixa profundidade, exigindo práticas conservacionistas severas. Em geral as áreas de relevo suave ondulado e ondulado, podem ser utilizadas para pastagens permanentes e nas regiões de relevo forte ondulado para reflorestamento e fruticultura. As áreas muito íngremes devem ser reservadas para preservação permanente.



Figura 5.1-30 Amostra de Neossolo. Fonte: Museu de Solos do RS

- **Planossolos**

Esta Classe inclui os solos que foram classificados como Planossolos, Solonetz-Solodizado e Hidromórficos Cinzentos, que apresentam mudança textural abrupta. Compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela detenção de lençol d'água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano (EMBRAPA, 1999).

Característica marcante desse solo é a diferenciação acentuada dos horizontes A ou E, e o B, devido à mudança textural abrupta entre os mesmos. Por causa da sazonalidade de excesso de umidade, ainda que por períodos curtos, as cores no horizonte B, e mesmo na parte inferior do horizonte sobrejacente, são predominantemente pouco vivas, tendendo a acinzentadas ou escurecidas, podendo ou não haver ocorrências e até predomínio de cores neutras de redução, com ou sem mosqueados, conforme especificado para o horizonte B plânico.

São solos localizados em áreas de relevo suave, ondulados ou planos e mal drenados. Normalmente aparecem nas margens dos rios e lagoas, como na Depressão Central e junto a Planície Costeira (no Estado do Rio Grande do Sul). São solos aptos para o cultivo de arroz irrigado e, com sistemas de drenagem eficientes, também podem ser cultivados com milho, soja e pastagens.

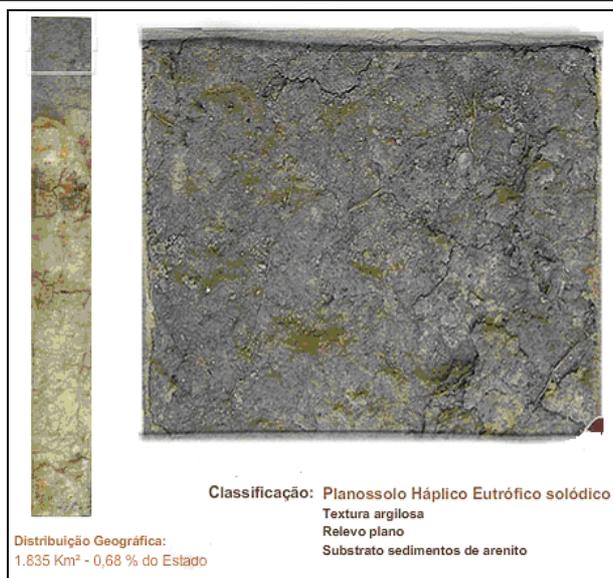


Figura 5.1-31 Amostra de Planossolo. Fonte: Museu de Solos do RS

Outros tipos de solos podem ocorrer na área do empreendimento, segundo bibliografia especializada, e que devem ser validados em atividades de campo. São eles:

#### **5.1.5.1 Os Solos e sua relação com a geotecnia**

Os trabalhos realizados na área de influência evidenciam que as disposições dos diversos tipos de solo acompanham a variação geológica e geomorfológica. Pode-se observar que os solos possuem um desenvolvimento NE-SW, com a variação ocorrendo na direção E-W.

Em determinados pontos é possível observar que o material de subsolo prevalece na formação do solo em detrimento dos aspectos fisiográficos, já de uma forma geral, macroscopicamente, percebe-se o condicionamento das formas de relevo na determinação dos tipos de solo.

Em grosso modo, pode-se relacionar os tipos de solo com a altitude em que estes aparecem. Isto se deve ao processo de formação, que integra a destruição do material de substrato (intemperismo). A história geológica da região, que também pode ser apreciada no capítulo de geologia, mostra a presença de seqüências de litotipos granitóides, que se intercalam em um pacote rochoso reológica e quimicamente heterogêneo. Os processos de intemperismo, atuando sobre este maciço rochoso, são responsáveis pela formação de variados tipos de solo.

Há uma infinidade de situações ao longo da área de influência da BR-116/RS, o que se revela em diversos tipos de solo, que surgem como manchas em meio a um tipo de solo predominante. Os trabalhos de campo revelaram uma norma no processo de formação do solo, apesar da possibilidade de se encontrar uma variedade grande de solos.

A utilização de um mapa de domínios pedológicos mostrou-se mais importante tecnicamente do que a definição de vários tipos de solo que se adequam às características pontuais, que se repetem dentro de um ambiente trabalhado pelos agentes intempéricos. Neste sentido o mapa pedológico, apesar de estar em uma escala megascópica, 1:5.000.000, mostrou-se bastante elucidativa na explicação do desenvolvimento dos solos, e sua relação com o material fonte e com os aspectos fisiográficos.

As evidências de campo, trabalhadas em escritório, contam uma história de evolução pedológica que foi observada no mapa mencionado. Foram determinadas a presença de, basicamente, quatro domínios pedológicos na área de influência indireta da região.

- Neossolos Quartzarênico;
- Planossolos;
- Argissolos; e
- Neossolos Regolíticos

A relação destes tipos pedológicos com sua altitude tem como fundamento a origem do material formador do solo e a intensidade dos processos intempéricos. Apesar de fisicamente resistentes, os granitos são susceptíveis à ação química e podem responder de forma diferenciada, caso a composição de um pacote rochoso seja heterogênea. O que é o caso desta região, onde podem ser encontrados diversos tipos de granitóides, desde a composição mineralógica, característica dos granitos *senso stricto*, até entidades de características mais máficas, como tonalitos. Por vezes, também é possível a presença de diques máficos, bastante sensíveis ao ataque dos agentes químicos.

Além da questão do intemperismo, o relevo atuou de forma marcante na distribuição dos sedimentos, condicionando também a formação dos solos da região. Os sedimentos formados, a partir da decomposição da rocha, foram transportados e se acumularam nas porções mais baixas, mais precisamente na quebra de relevo. Do desenvolvimento destes sedimentos, a partir de processos pedogenéticos, é possível a formação de solos

alóctones, ou seja, solos formados em ambientes diferentes ao da formação do sedimento.

Por outro lado, nas porções mais altas do relevo, na área de influência do empreendimento, os solos são predominantemente autóctones. Neste ponto são encontrados solos recentes, derivados diretamente da deterioração das rochas, o que pode ser traduzido em solos de espessuras laminares, e solos desenvolvidos, caracterizados pelo desenvolvimento vertical, cuja espessura pode passar dos três metros de profundidade.

Outro cenário importante é a formação de solos a partir da influência de ambientes de estuários. Neste caso, os ambientes são formados a partir da distribuição lateral dos sedimentos marinhos e sedimentos fluviais, podendo-se intercalar areias a argilas. No caso da área de influência em questão, estes sedimentos são encontrados nas porções mais baixas e são decorrentes da acumulação de areias ao longo do tempo geológico, seguindo os movimentos de regressão e transgressão, típico de margem passiva brasileira.

Tais processos são o resumo dos eventos pedológicos atuantes na região e são frutos da ação de agentes químicos e físicos que, ao longo da Era Cenozóica, moldaram a fisiografia da região e formaram os domínios pedológicos, que formam esta porção do Estado do Rio Grande do Sul.

Como fica evidente na região estudada, a relação entre a geomorfologia e os tipos de solo presentes é marcante, portanto sentido de agregar informação à descrição dos solo, bem como interpretar o significado dos fatos observados em campo, o texto discorre sobre a relação dos tipos de solos e sua interface com a geomorfologia e a implantação do empreendimento. Desta forma, ao longo da descrição, também são apresentadas as características geotécnicas como susceptibilidade à erosão.

#### - **Neossolos Quartzarênicos**

A ocorrência desta classe de solo está restrita ao limite sul da Área de Influência Indireta, posicionada entre as Lagunas dos Patos e a Laguna Mirim. Esta classe de solo é resultado da deposição de sedimentos marinhos restritos e fluviais que culminaram na separação das duas lagunas. Portanto, não é ao acaso que esta unidade pedológica tem um desenvolvimento restrito, sua formação está condicionada aos processos de sedimentação presentes apenas.

Geomorfologicamente, este tipo de solo forma relevos aplainados a levemente ondulados, onde se instalaram grandes propriedades rurais, cuja atividade principal é a pecuária. De uma forma geral, estas áreas estão a poucos metros do nível do mar e são caracterizadas pelo constante afloramento do lençol freático, fenômeno evidenciado pela presença constante de áreas alagadas.



**Foto 5.1-30 Planície lagunar, relevo predominantemente plano, característico dos locais onde se instalam os Neossolos Quartzarênicos**

O solo é formado predominantemente por areias finas a médias, de coloração esbranquiçada. Ocasionalmente, por sua característica de sedimentação, podem ocorrer depósitos com teores maiores de argila, dando uma característica saibrosa ao sedimento.

É comum neste ambiente a presença de manchas de solo argiloso, caracterizando antigos ou atuais áreas de alagamento, neste caso o solo apresenta-se acinzentado, evidenciando o hidromorfismo como aspecto marcante no desenvolvimento do solo. Por ser formado predominantemente por areias, este tipo de solo possui alto potencial de erosão quando antropizado, pois em sua condição normal, ou seja, com cobertura vegetal e associado a um relevo praticamente plano, as areias mantêm-se coesas.



**Foto 5.1-31 Aspecto geral do Neossolo Quartzarênico, evidenciando a coloração esbranquiçada e potencial de erodibilidade alto**

Porém, mesmo considerando sua fragilidade perante ações construtivas, como pode ser observado na fotografia acima, esta classe de solo localiza-se primordialmente na área de influência indireta, não sendo muito impactada pelas ações construtivas. As evidências destes solos têm sua importância ligada na possibilidade de sua utilização como área de extração de material para construção.

#### - Planossolos

Em uma comparação do mapa de solos com o mapa geomorfológico, fica evidente a correlação positiva da distribuição dos planossolos com as áreas onde os processos de acumulação de sedimentos tornam-se mais importantes. Para uma região onde grande parte das altitudes encontra-se próxima ao nível do mar, esta correlação é importante, pois evidencia os processos de sedimentação como uma das fontes da matéria formadora do solo.

Observando o mapa de solos percebe-se que seu desenvolvimento se dá segundo a direção NE-SW, iniciando na porção norte da área de influência indireta, às margens das grandes bacias hidrográficas (Rio Jacuí, Rio Caí e Rio Rolante), bordejando a cidade de Porto Alegre. Acompanha a Laguna dos Patos em sua margem oeste, estendendo-se até a quebra de relevo do Planalto Rebaixado Marginal, sendo freqüentemente recortado pelos argissolos que se desenvolvem a oeste acompanhando e, praticamente, delimitando os recortes deste planalto.



Foto 5.1-32 Relevo típico dos planossolos nas proximidades de Porto Alegre.



**Foto 5.1-33 Detalhe do planossolo. Coloração bege, típicos de horizontes glei, formadores de planossolos hidromórficos**

No limite sul da Área de Influência Direta, esta unidade se desenvolve na direção NW-SE, afastando-se da Laguna dos Patos, acompanhando o rio Piratini e bordejando a unidade de Neossolo Quartzarênico, situada a leste.

Observa-se que esta disposição encontra-se topograficamente superior aos depósitos no Neossolo, sugerindo uma história de deposição posterior ou concomitante ao fechamento das lagoas dos Patos e Mirim. Nesta hipótese, é possível que os mesmos sedimentos que formaram a unidade de Planossolos, tenham contribuído para a presença de argilas na unidade dos Neossolos Quartzarênicos.

A localização desta unidade pedológica, dentro dos aspectos da pedogênese, é um indicativo de que os sedimentos formadores do solo são provenientes do processo de intemperização e aplainamento dos Planaltos Canguçu-Caçapava e Planaltos Rebaixados Marginais. A composição mineralógica das rochas permitiu a formação de sedimentos argilosos e arenosos, que posteriormente foram transportados e acumulados na quebra de relevo.

A presença de coxilhas nas áreas de depressão são evidências de que as rochas granitóides, que são o substrato rochoso formador dos planaltos, avançam sobre a área de planície, entrecortando as zonas baixas e quebrando a monotonia do relevo. Essa situação evidencia também a pouca profundidade das rochas em relação à superfície e o fator determinante para a formação dos planossolos que, por definição, são formados em zonas onde a drenagem é deficiente, ou por motivos de impermeabilização natural, ou por causa da presença constante do lençol freático nas proximidades da superfície.

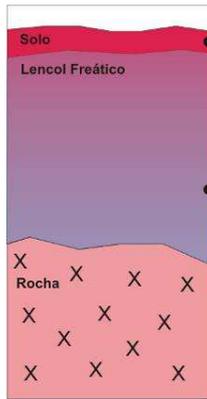


**Foto 5.1-34. Feição característica das áreas de planície. Em primeiro plano terrenos baixos com áreas alagadas, evidenciando a deficiência na drenagem. Ao fundo, coxilhas quebrando a monotonia do terreno. Terreno propício à formação dos planossolos.**

Como se pode observar no mapa, o planossolo está topograficamente abaixo dos argissolos. Em referência ao mapa de geomorfologia, os planossolos situam-se nas porções mais baixas do Planalto Rebaixado e se espalham no terreno de planícies. Esta característica também pode ser observada nos mapas topográficos e evidencia um fator que, na região de interesse, é determinante no desenvolvimento dos planossolos: a presença deste tipo de solo justamente nas áreas de quebra de relevo.

Esta relação entre a fisiografia do terreno (existência de uma quebra de relevo controlando a sedimentação), a pouca profundidade do substrato rochoso e a baixa profundidade do lençol freático dão uma conformação heterogênea a esta categoria de solo. Portanto, podem ser encontrados solos diversos dentro da classificação de planossolos.

Em sua maioria são planossolos hidromórficos que, dependendo do material fonte, possuem textura variando de argilosa à arenosa. É comum também a presença de uma coloração mosqueada, caracterizando a saída de minerais de ferro de sua composição por causa da flutuação do lençol freático ao longo do tempo geológico.

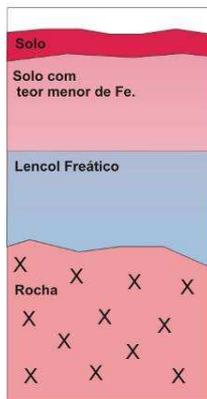


**SITUAÇÃO 1 - INICIO DO PROCESSO**

Solo pouco desenvolvido. Possui alto teor de ferro em sua matriz, presentes nos minerais goetita ( $FeO(OH)$ ) e hematita ( $Fe_2O_3$ ).

Acima do nível freático o ambiente é oxidante, propício à formação de óxidos de ferro. Portanto, neste local a presença de minerais como a hematita e goetita na estrutura do solo é estável.

Abaixo do nível freático, o ambiente é redutor, promovendo a dissolução dos minerais hematita e goetita e retirando o ferro da estrutura do solo. A saída do ferro promove a descoloração, tornando o solo



**SITUAÇÃO 2 - DESENVOLVIMENTO INTERMEDIÁRIO**

Ao longo do tempo geológico, o processo de variação do nível freático promove a retirada do ferro, transportando-o para locais distantes de sua origem. A evidência deste processo pode ser constatada na perda da tonalidade avermelhada.

O aspecto mosqueado do solo mostra uma situação intermediária à retirada do ferro do solo. Neste ponto o solo apresenta uma tonalidade acinzentada com pontos avermelhados. Uma vez que se está diante de um saprolito, observa-se as fraturas avermelhadas, realçando a preferência de movimentação da



**SITUAÇÃO 3 - PROCESSO AVANÇADO DE DESENVOLVIMENTO DO SOLO**

O resultado de anos de continuidade do processo descrito acima é um perfil de solo acinzentado e pobre em nutrientes em profundidade. É possível que nas camadas mais superficiais o acúmulo de matéria orgânica possa conferir certa riqueza de nutrientes ao solo, porém após os primeiros centímetros, esta característica tende a diminuir.

**Figura 5.1-32– Desenvolvimento da retirada de ferro da matriz dos planossolos**

Quando essencialmente arenosos, os planossolos podem ser classificados como Planossolos Hidromórficos Distróficos<sup>4</sup> Arênicos. Com coloração variando de acinzentada a cinza escuro, dependendo do teor de matéria orgânica.

Já para os solos com textura argilosa a areno-argilosa, podem-se denominar estes de Planossolos Distróficos Típicos, cuja coloração é acinzentada, podendo ser encontrados perfis mosqueados (variando de cinza a avermelhado) quando o ferro ainda se encontra presente.

Este tipo de solo interfere no empreendimento em questão, pois é o responsável pela presença de solos moles ao longo da BR-116/RS. Apenas quando encontra-se exposto e em épocas de estiagem, quando o solo possui um caráter arenoso maior, possui susceptibilidade à erosão horizontal, porém ao longo do trecho, não foram identificados processos de ravinamento consideráveis neste tipo de solo.

#### - **Argissolos**

Anteriormente definidos como solos podzólicos, os argissolos (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos) possuem uma distribuição espacial abrangente na área de interesse deste trabalho, seguindo um controle geomorfológico caracterizado por um processo pedogenético desenvolvido em locais de encosta de relevo.



**Foto 5.1-35 Relevo movimentado, típico de encosta propício à formação dos argissolos**

Nas porções norte da Área de Influência Indireta (AII), como se pode apreciar no mapa de solos, no caderno de mapas, as manchas de argissolo são descontínuas e localizam-se

---

<sup>4</sup> Neste caso, a palavra “distrófico” diz respeito à falta de nutrientes e à pouca capacidade que o solo possui de armazenamento e transporte dos nutrientes para as plantas.

radialmente ao início do trecho que será duplicado. Em analogia com o mapa geomorfológico e com as cartas topográficas, percebe-se nitidamente uma situação de relevo movimentado. Ao longo da All, os argissolos desenvolvem-se paralelamente à diretriz da BR-116/RS, mormente localizados a oeste desta rodovia, uma vez que nesta posição encontram-se novamente os relevos escarpados, que representam o Planalto Rebaixado Marginal, situação topográfica intermediária entre as planícies, depressões e os altos topográficos do Planalto Canguçu-Caçapava.

Por vezes, é possível observar situações do relevo movimentado avançando sobre as depressões e bordejando a Lagoa dos Patos, nestas situações há alteração de planossolos, localizados nas áreas onde o lençol freático é quase superficial, para os argissolos, típicos de relevo ondulado.



**Foto 5.1-36 Em primeiro plano relevo monótono com presença do planossolos, ao fundo relevo movimentado avançando sobre as áreas de planície, com a presença de solos**

Ao sul da All, os argissolos ocupam toda a porção oeste, sendo limitados a leste pelos planossolos.

A situação topográfica da região e sua cobertura vegetal são condicionantes primordiais para o desenvolvimento dos solos. As condições climáticas também são de grande importância, principalmente em se tratando de uma região onde a precipitação é um elemento constante na dinâmica de relevo. Neste sentido, explica-se a constante ocorrência de manchas de solos, com características hidromórficas, dentro do pacote de argissolos. O relevo movimentado, em determinados pontos, secciona o topo do lençol freático que, por estar próximo à rocha-sã, possui uma condição de drenagem deficitária. Esta situação criou pequenos lagos naturais que, ao longo do tempo geológico, foram responsáveis pelo desenvolvimento pedogenético diferencial. Nestas porções, a presença

de solos com horizontes hidromórficos é uma constante, muito embora sejam manchas bem localizadas e, muitas vezes, não mais ligadas à presença de uma lagoa natural, mais sempre em uma condição topográfica inferior à sua adjacência.



**Foto 5.1-37 Situação de relevo movimentado com presença de acúmulo de água. Situação artificial que exemplifica uma possível situação pretérita de formação de perfis hidromórficos.**

No que diz respeito à sua evolução são solos bem evoluídos, apresentando uma profundidade decamétrica, até o topo rochoso e uma estrutura bem desenvolvida em seu horizonte B, sendo encontrado em campo horizonte Bt, o que também define este tipo de solo.



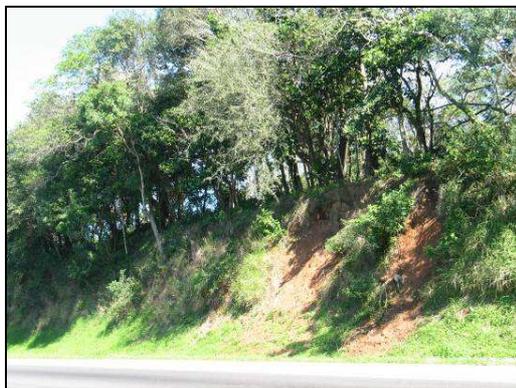
**Foto 5.1-38 Exemplo de argissolos, observa-se a profundidade vertical do solo e horizontes superficiais de coloração clara, marcado pela diminuição da quantidade de ferro e de argilominerais que, provavelmente foram carreados para subsuperfície formando os horizontes Bt**

A presença deste tipo de horizonte tem uma influência marcante e com conseqüências para o processo construtivo e para situações residenciais. Os horizontes Bt possuem uma estrutura já consagrada pela literatura. Apesar de extremamente argilosos, a organização

interna da matriz do solo é granular, sendo que estes grãos são formados pela aglomeração de argilominerais. Esta conformação dá ao solo uma pseudo-textura arenosa, o que confere uma boa drenagem. Porém, em situações de excesso de água, o aglomerado de argilominerais torna-se uma estrutura instável e tende a se desmanchar abruptamente. Como estes solos estão sempre associados a um relevo movimentado e a um clima de altos índices pluviométricos, é possível situações de ravinamentos, formação de processos erosivos e desmoronamentos podem ser comuns, tanto em encostas naturais, como em taludes de cortes de estradas.



**Foto 5.1-39 Situação inicial de desmoronamento de talude artificial em situação de argissolo e relevo movimentado.**



**Foto 5.1-40 Talude com ravinamento.**



**Foto 5.1-41 Seguindo a direção do martelo, observa-se ravinas incipientes. O acúmulo de vegetação acima do talude evidencia que processos físicos ajudam a formar os processo erosivos**

A situação ao longo do trecho percorrido é comum, mas não inspira tensão, uma vez que os taludes são de pequeno a médio porte e podem ser contidos com soluções simples de engenharia e de cobertura vegetal.

– **Neossolos Litólicos**

Com ocorrências mais localizadas, os neossolos Litólicos distribuem-se descontinuamente nas porções a oeste da All, mais precisamente nos locais de cotas mais altas. Desta forma, assim como os argissolos, possuem seu desenvolvimento marcado por forte condicionamento geomorfológico. Porém, o desenvolvimento deste tipo de solo também está amarrado à dinâmica dos processos pedogenéticos.



**Foto 5.1-42 Ao fundo, elevação dos planaltos da All. Ambiente propício ao desenvolvimento dos neossolos litólicos.**

Sua localização topográfica sugere que se trata de uma situação intermediária entre o material de origem e os argissolos, situados nas encostas dos planaltos. Como existe uma ligação estreita entre o relevo e o tipo de solo, o desenvolvimento do solo está ligado também à evolução geomorfológica.

No caso particular da All, sugere-se que o desenvolvimento dos solos é menor nas porções superiores por causa dos seguintes fatores:

- Maior resistência da rocha-sã no interior do maciço;
- Maior atuação dos agentes intempéricos nas bordas do maciço rochoso;
- Em adição ao item anterior, maior tempo de residência da água subterrânea nas áreas de borda por causa da camada de solo mais espessa;
- Carreamento dos solos formados nas porções superiores, expondo perfis de solo pouco desenvolvidos e rasos.

Os neossolos litólicos não possuem uma estrutura pedológica organizada. É comum a presença de minerais primários, o que no caso da All, uma vez que o material de origem é primordialmente ígneo e metamórfico, é comum encontrar minerais como o feldspato potássico, a muscovita e as biotitas na matriz do que se pode chamar de um proto-solo (Fotos 5.1-37, 5.1-38 e 5.1-39). No meio geológico, este material é chamado de saprolito e, assim como o material encontrado em campo, a característica visual marcante é a matéria inconsolidada com estrutura de rocha, possuindo linhas de fraqueza e veios de quartzo associado.



Foto 5.1-43 Perfil de solo preservando estrutura da rocha original



Foto 5.1-44 Detalhe das estruturas da rocha original no perfil de solo



Foto 5.1-45 Amostra de solo. Observa-se à direita cristal de muscovita denunciando a imaturidade mineralógica do solo.



Foto 5.1-46 Outro exemplo de neossolo lítico. Textura granítica evidente na matriz de solo.

Outro aspecto marcante para este tipo de solo é sua profundidade, a maior parte dos neossolos encontrados possuem uma profundidade centimétrica a métrica. Sua

imaturidade pedogenética é uma das explicações, porém, pela abundância de chuvas na região, o carreamento do solo para regiões de cotas menores auxilia na manutenção de uma espessura delgada.



**Foto 5.1-47 Solo com menos de 20 cm de profundidade em contato com o topo do maciço rochoso**

Por vezes, neste tipo de solo podem-se encontrar blocos ou matacões da rocha original envolta por um pacote de solo, ainda assim, a estrutura de solo é incipiente. Neste caso a relação entre o bloco solto e a rocha de origem sugere uma ação intempérica local diferenciada, é comum a presença de esfoliação esferoidal, o que evidencia blocos *in situ*, descartando a possibilidade de solos do tipo colúvio<sup>5</sup>.

Mesmo assim, pelo grau de desenvolvimento do solo e pela existência de áreas diaclasadas na região, pode-se sugerir que em determinados pontos a situação de blocos soltos no maciço de solo é uma constata.

Na prática, tanto esta situação como a existência de solos colúviais, apresentam-se como problemas quando se insere o homem no ambiente, pois representa, em muitos casos, uma situação de risco geológico em potencial.

No que diz respeito ao empreendimento, não foram identificados perfis de solo que possuíssem blocos soltos ou matacões interceptando a diretriz da rodovia. Os maiores problemas estão vinculados aos taludes rochosos e estão sendo abordados no Tópico de Geologia.

---

<sup>5</sup> Esta evidência refere-se apenas às áreas mais altas.

## **5.1.6 RECURSOS HÍDRICOS**

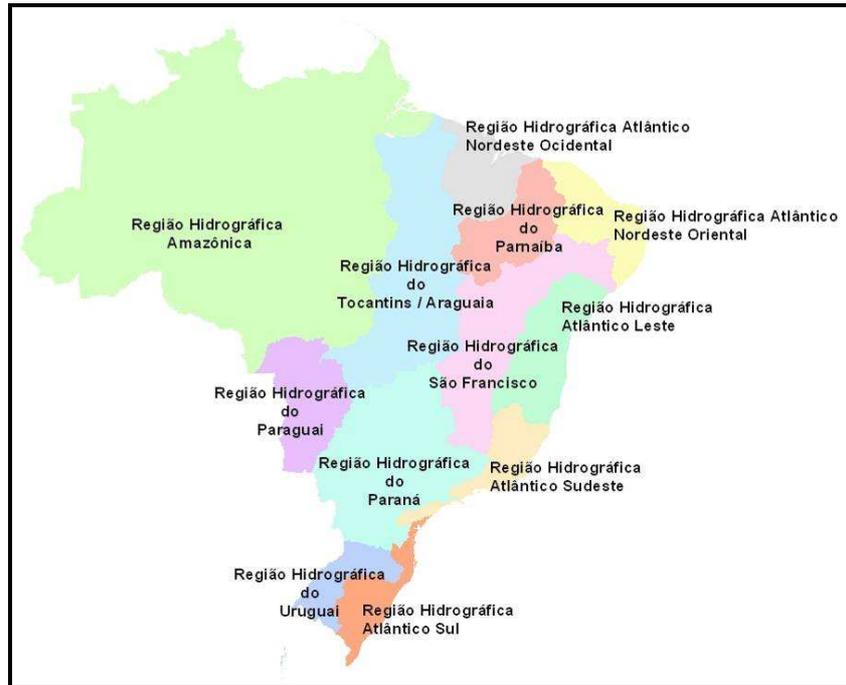
### **5.1.6.1 . Caracterização das Bacias hidrográficas da área de influência da rodovia**

O Brasil é dotado de uma vasta e densa rede hidrográfica, sendo que muitos de seus rios destacam-se pela extensão, largura e profundidade. Em decorrência da natureza do relevo, predominam os rios de planalto, que apresentam em seu leito rupturas de declive, vales encaixados, entre outras características que lhes conferem um alto potencial para a geração de energia elétrica. Quanto à navegabilidade, esses rios, dado o seu perfil não regularizado, ficam um tanto prejudicados.

Define-se como Bacia Hidrográfica, o conjunto de terras drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. A idéia de bacia hidrográfica está associada à noção da existência de nascentes, divisores de águas e características dos cursos de água, principais e secundários, denominados afluentes e subafluentes. Uma bacia hidrográfica evidencia a hierarquização dos rios, ou seja, a organização natural, por ordem de menor volume para os mais caudalosos, que vai das partes mais altas para as mais baixas. As bacias podem ser classificadas de acordo com sua importância, como principais (as que abrigam os rios de maior porte), secundárias e terciárias; segundo sua localização, como litorâneas ou interiores.

A Lei 9.433 de 1997, estabeleceu que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Com o objetivo de respeitar as diversidades sociais, econômicas e ambientais do País. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, aprovou em 15 de outubro de 2003, a Resolução Nº. 32 que instituiu a Divisão Hidrográfica Nacional.

Conforme a Lei, considera-se como região hidrográfica “o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos”.



**Figura 5.1-33 Regiões Hidrográficas Brasileiras**

**Fonte:** Anexo da Resolução nº 32/2003

A área do empreendimento localiza-se na Região Hidrográfica Atlântico Sul, que tem grande importância para o País pelo seu desenvolvimento econômico e por ter expressiva densidade demográfica. Predominam rios de pequeno porte que escoam diretamente para o mar. As exceções mais importantes são os rios Itajaí e Capivari, em Santa Catarina, que apresentam maior volume de água. Na região do Rio Grande do Sul ocorrem rios de grande porte como o Taquari-Antas, Jacuí, Vacacaí e Camaquã, que estão ligados aos sistemas lagunares da Lagoa Mirim e dos Patos. A região apresenta uma vazão média anual, que representa 3% da produção hídrica do País (<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br>, acesso em 29/07/2008).

O artigo 171, da Constituição Estadual do Rio Grande do Sul, estabeleceu um modelo sistêmico para a gestão das águas do Rio Grande do Sul, no qual a bacia hidrográfica foi definida como unidade básica de planejamento e gestão. A Lei 10.350/1994 regulamentou este artigo e estabeleceu, para cada bacia do Estado, a formação de um comitê de gerenciamento: o comitê de bacia. Para o Estado, de acordo com a referida lei, foi determinada a existência de três Regiões Hidrográficas, as quais foram subdivididas em bacias hidrográficas, totalizando, até o presente momento, 23 unidades. Para cada uma

destas, está previsto a formação de um comitê para a gestão integrada dos seus recursos hídricos.

**Tabela 5.1-3 Divisão das Regiões e Bacias Hidrográficas do Rio Grande Sul**

REGIÃO HIDROGRÁFICA	BACIA HIDROGRÁFICA	ÁREA (KM <sup>2</sup> )
<b>Guaíba</b>	Gravataí	2.008,93
	Sinos	3.680,04
	Caí	4.957,74
	Taquari-Antas	26.323,76
	Alto Jacuí	13.037,20
	Vacacaí-Vacacaí Mirim	11,085,77
	Baixo Jacuí	17.370,48
	Lago Guaíba	2.459,91
	Pardo	3.631,24
	<b>Total (9 Bacias)</b>	<b>84.555,07</b>
<b>Bacias Litorâneas</b>	Tramandaí	2.745,73
	Litoral Médio	6.472,10
	Camaquã	21.517,58
	Mirim-São Gonçalo	25.666,83
	Mampituba	683,76
	<b>Total (5 bacias)</b>	<b>57.085,98</b>
<b>Uruguai</b>	Apuaê-Inhandava	14.510,51
	Passo Fundo	4.847,25
	Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo	10.824,02
	Piratinim	7.647,26
	Ibicuí	35.041,38
	Quarai	6.658,78
	Santa Maria	15.665,92
	Negro	3.005,24
	Ijuí	10.704,60
	Várzea	9.508,42
	Butuí-Icamaquã	8.025,76
<b>Total (11 bacias)</b>	<b>126.439,14</b>	
<b>Lagoas dos Patos e Mirim</b>		<b>14.049,35</b>
<b>Total do Estado</b>		<b>282.129,54</b>

**Fonte:** Cartografia oficial do Estado, na escala 1:250.000, calculada pelo Sistema de Informações Geográficas estruturado para o Plano Estadual de Recursos Hídricos e compatibilizada com o IBGE. Ecoplan, 2006.

A Região Hidrográfica do Guaíba e a Região Hidrográfica Litorânea estão localizadas na área de influência do empreendimento, e será dado um tratamento especial para a descrição das características e informações dessas bacias. Desta forma, para este estudo, serão consideradas as Bacias Gravataí, Lagoa Guaíba, Sinos, Baixo Jacuí, Caí, Camaquã, Litoral Médio e Piratini-São Gonçalo Mangueira.

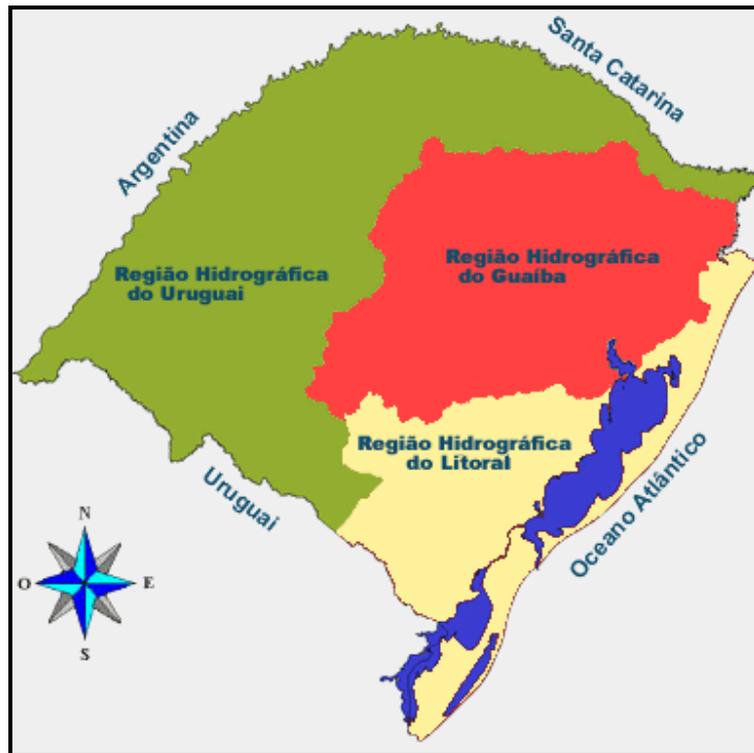


Figura 5.1-34 Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul

Fonte: SEMA/RS

### 5.1.6.2 . Região Hidrográfica do Guaíba

Situada na região nordeste do Rio Grande do Sul, entre os paralelos 28° S e 31°S, e os meridianos 50°W e 54° W, abrangendo uma área de 84.763,54 Km<sup>2</sup>, o que corresponde a 30% da área total do Estado. Formada pelo território parcial ou total de 251 municípios, com uma população de 5.869.265 habitantes (61% da população do Estado).

A região metropolitana de Porto Alegre e uma faixa de municípios em direção a Caxias do Sul, constitui o eixo mais urbanizado da bacia.

Abrange, ao norte, o Planalto da Bacia do Paraná, onde se localiza a cota altimétrica mais elevada do Estado; a Depressão Periférica, com as menores altitudes; e ao sul o Planalto Sul-Riograndense (Escudo Sul-Rio Grandense). As formações vegetais originalmente existentes são: a Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), a Floresta Estacional e as Savanas (Campos). A maior desta vegetação foi suprimida ou alterada, restando áreas remanescentes nas encostas íngremes dos vales.

Os maiores problemas ambientais que podemos destacar para esta região são devido à alta concentração urbana e industrial destas áreas: esgotos domésticos, os resíduos industriais, o lixo domiciliar e a poluição do ar por fontes industriais e veiculares. Nas áreas rurais, os problemas mais críticos são: a erosão do solo, o assoreamento dos cursos d'água, a contaminação por agrotóxicos e resíduos orgânicos, especialmente dos dejetos animais jogados nos rios.

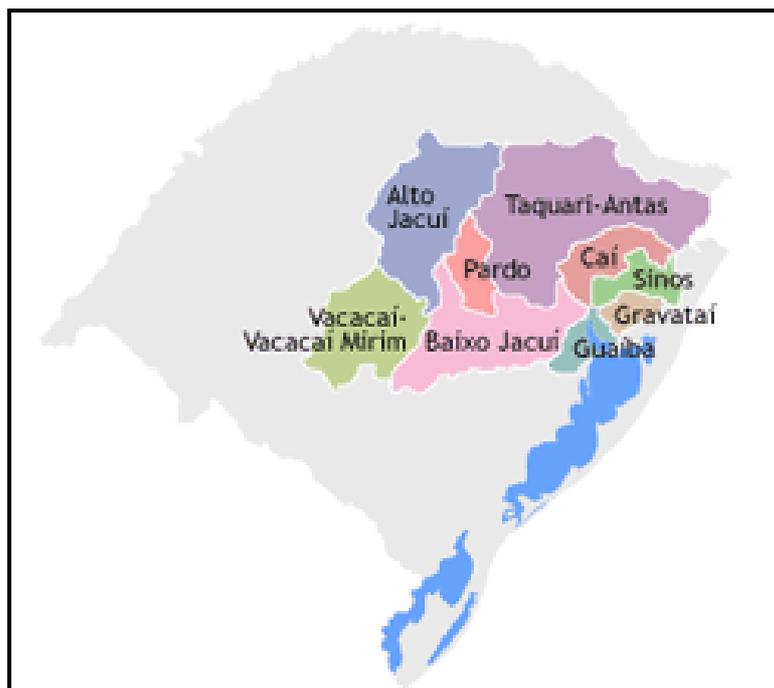


Figura 5.1-35. Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica do Guaíba

Fonte: FEPAM

- **Características das Bacias da Região Hidrográfica do Guaíba, que estão inseridas na Área de Influência da Rodovia:**

#### **A) BACIA HIDROGRÁFICA DO GRAVATAÍ**

A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí localiza-se a leste do Estado do Rio Grande do Sul. Abrange as Províncias Geomorfológicas da Depressão Central, Planalto Meridional, Escudo Sul-Rio-Grandense e Planície Costeira. Possui área de 2.008,93 km<sup>2</sup> e população estimada em 1.283.622 habitantes, abrangendo municípios como: Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí, Porto Alegre, Santo Antônio da Patrulha e Viamão. Os principais cursos de água são: o Rio Gravataí e os arroios Veadinho, Três Figueiras, Feijó, Demétrio, da Figueira e do Vigário. (SEMA/RS, 2006).

O Rio Gravataí não possui a capacidade de regulação natural de sua vazão, e é considerado o mais sensível da região. O Banhado Grande, que funciona como uma esponja regulando as vazões a montante, foi bastante impactado pelas lavouras de arroz irrigado, reduzindo a capacidade de acumulação de água.

A vazão média nas proximidades da foz é de 24,00 m<sup>3</sup>/s ou 456 mm/ano (Passo das Canoas, área de drenagem: 1.660 Km<sup>2</sup>), e a precipitação média anual é de 1.448 mm. A Bacia do Gravataí ainda abrange os banhados do Chico Lomã, Grande e dos Pachecos, importantes ecossistemas naturais.

Os principais usos da água são: abastecimento público, diluição de esgotos domésticos e efluentes industriais e irrigação de lavouras de arroz. As principais indústrias instaladas são automobilística, mecânica, produtos alimentares e bebidas.

#### **B) BACIA HIDROGRÁFICA DO GUAÍBA**

A Bacia do Guaíba, com 3.127,16 km<sup>2</sup>, está situada na Depressão Central e Encosta do Sudeste. As águas dos Rios Gravataí, Sinos, Caí e Jacuí, desembocam no Delta do Jacuí, formando o Lago Guaíba, que banha os municípios de Porto Alegre, Eldorado do Sul, Guaíba, Barra do Ribeiro e Viamão.

Os principais cursos d'água são: o Lago Guaíba e os Arroios Petim, Ribeira e Araçá. A vegetação característica desta bacia é classificada como Áreas de Formações Pioneiras, Floresta Estacional Semidecidual e Savanas.

Os principais impactos ambientais devem-se aos lançamentos de esgotos de Porto Alegre e das águas poluídas dos rios Gravataí e Sinos. As principais indústrias instaladas estão ligadas aos ramos de metalurgia, celulose e produtos alimentares.

### **C) BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS**

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos situa-se a nordeste do Estado. Abrange as províncias geomorfológicas do Planalto Meridional e Depressão Central. Possui área de 3.680,04 km<sup>2</sup>, abrangendo municípios como Campo Bom, Canoas, Gramado, Igrejinha, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Taquara e Três Coroas, com população total estimada em 1.248.714 habitantes. Os principais corpos de água são: o Rio Rolante, O Rio da Ilha, O Rio Paranhana e o Rio dos Sinos.

Este último tem sua nascente no município de Caraã e desembocadura no delta do Jacuí. A vazão média é de 87,905 m<sup>3</sup>/s e a precipitação média anual é de 1.810,05 mm. Os principais usos da água na bacia estão destinados ao abastecimento público, uso industrial e irrigação. As áreas mais conservadas encontram-se a montante da bacia. O grande problema encontrado é o despejo de efluentes industriais e principalmente domésticos sem tratamento nos cursos de água no seu trecho médio-baixo (SEMA/RS, 2006).

O Rio dos Sinos é considerado o mais poluído da região, possuindo importante parque industrial, onde se destacam os ramos coureiro-calçadista, petroquímico e metalúrgico. O Rio dos Sinos criou o primeiro comitê de gerenciamento de bacia hidrográfica do Brasil.

### **D) BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO JACUÍ**

A Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí ocupa uma área de 15.249,25 km<sup>2</sup> e está localizada nas regiões da Depressão Central e Encosta Inferior do Nordeste. É delimitada ao norte pela Encosta da Serra Geral, no vale do Rio Pardo; ao sul com a Serra do Sudeste no divisor d'água com o Rio Camaquã; a leste com os divisores d'água dos Rios Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba; a oeste com o divisor d'água do Rio Vacacaí.

A maior parte desta bacia está localizada na Depressão Central, na planície do Baixo Jacuí, região onde predomina o cultivo do arroz. As vegetações características desta bacia são: a Floresta Estacional Decidual, Savanas e Áreas de Tensão Ecológica. A extração do carvão na Bacia é intensa, causando significativo impacto ambiental, principalmente em Charqueadas e São Jerônimo. Outra característica é o uso intensivo

do solo para pecuária e agricultura. No curso inferior, o Jacuí passa pelo Pólo Petroquímico de Triunfo (SEMA/RS, 2006).

O uso industrial tem destaque na região nos ramos de química, plástico, metalurgia, siderurgia, borracha e produtos alimentares.

### **E) BACIA HIDROGRÁFICA DO CAÍ**

Situa-se a nordeste do Estado. Abrange as Províncias Geomorfológicas do Planalto Meridional e da Depressão Central. Possui superfície de 5.057 km<sup>2</sup> e população estimada em 452.961 habitantes, abrangendo municípios como Bom Princípio, Canela, Caxias do Sul, Montenegro, Nova Petrópolis, São Francisco de Paula e Sapiranga.

Suas nascentes estão localizadas em São Francisco de Paula, a 1000 metros de altitude. Os principais afluentes do Rio Caí são os arroios Cará, Cadeia, Forromeco, Mauá, Maratá e Piaí. A vazão média mais próxima da foz é de 761 mm/ano ou 114,12 m<sup>3</sup>/s (ponto situado na foz do Arroio mineiro, no Rio Caí; área de drenagem 4.727,79 Km<sup>2</sup>) e a precipitação média anual é de 1.729 mm (SEMA/RS, 2006).

Os esgotos domésticos da região de Caxias do Sul são os responsáveis pelo maior impacto ambiental na Bacia. O depósito de água da chuva fica prejudicado pelo relevo acidentado da região, impedindo a diluição dos resíduos e diminuindo a disponibilidade de água para as atividades agrícolas. Além disso, há os efluentes do Pólo Petroquímico e a contribuição dos agrotóxicos utilizados na cultura do morango, no município de Feliz.

### 5.1.6.3 Região Hidrográfica do Litoral

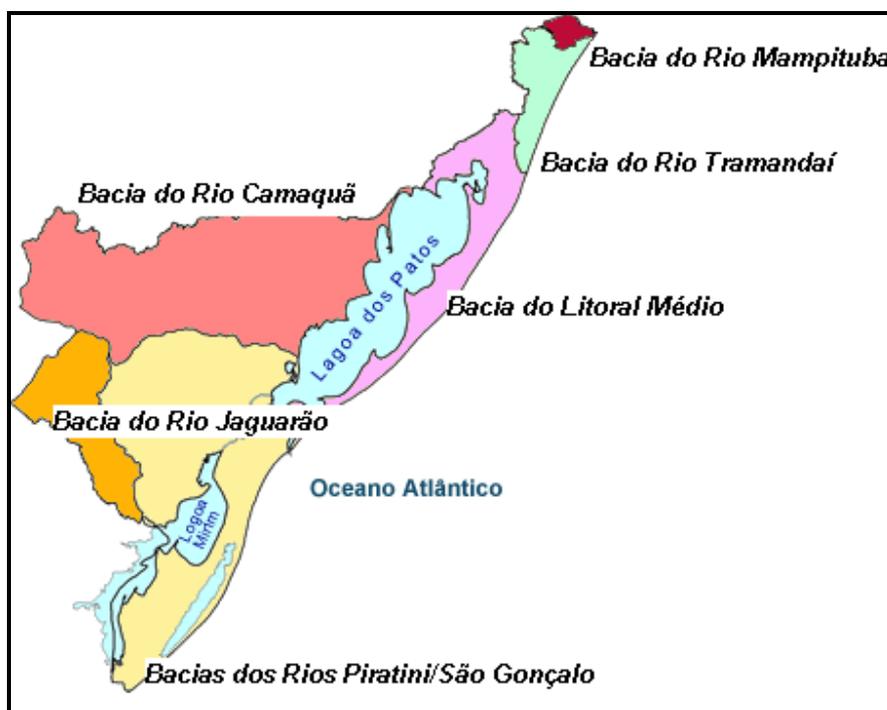


Figura 5.1-36 Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica do Litoral

**Fonte:** FEPAM

A Região Hidrográfica do Litoral ou das Bacias Litorâneas está localizada na porção leste e sul do território rio-grandense e ocupa uma superfície de aproximadamente 53.356,41 Km<sup>2</sup>, correspondendo a 20,11% da área do Estado. A população total da Bacia está estimada em 1.231.293 habitantes (12,09% da população do Rio Grande do Sul), distribuídos em 80 municípios. Compõem esta região hidrográfica seis bacias: Tramandaí, Litoral Médio, Camaquã, Piratini-São Gonçalo-Mangueira, Mampituba, Jaguarão.

Destacam-se as praias marítimas, as dunas móveis ou fixadas por vegetação arbórea, as lagoas costeiras interligadas e banhados. Nesta região está presente um dos maiores complexos lagunares do mundo: Lagunas dos Patos, Mirim e Mangueira, além de várias lagoas menores que, no Litoral Norte formam um conjunto de lagoas interligadas (SEMA/RS, 2006).

Como maior uso dos recursos hídricos nesta Bacia, destaca-se a irrigação de arroz. Além disto, o turismo e a pesca também se destacam especialmente nas bacias dos rios

Tramandaí e Mampituba e do sistema Piratini - São Gonçalo - Mangueira. Neste último, a atividade industrial é significativa, no ramo químico e petroquímico.

Os principais impactos ambientais observados são: lançamento de esgotos de origem urbana e rural sem prévio tratamento, o que afeta as condições de balneabilidade, principalmente durante o verão; substituição de sistemas naturais por culturas permanentes ou urbanização desordenada; a presença de indústrias químicas e petroquímicas, concentradas nas proximidades do Superporto do Rio Grande; e a mineração de carvão para fins energéticos, que ocorre principalmente nas bacias do Rio Jaguarão e Piratini - São Gonçalo - Mangueira.

- **Características das Bacias da Região Hidrográfica do Litoral, que estão inseridas na Área de Influência da Rodovia:**

**A) BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMAQUÃ**

A Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã localiza-se na região central do Rio Grande do Sul. Abrange as províncias geomorfológicas do Escudo Sul-Riograndense e da Planície Costeira. Possui área de 21.511,81 km<sup>2</sup> e população total estimada em 236.203 habitantes, abrangendo municípios como Arambaré, Bagé, Caçapava do Sul, Dom Feliciano e Tapes.

Os principais corpos de água desta bacia são: o Rio Camaquã e os Arroios Sutil, da Sapata, Evaristo, dos Ladrões, Maria Santa, do Abrânio, Pantanoso, Boici e Torrinhas. O Rio Camaquã tem suas nascentes a oeste da bacia, com desembocadura a leste na Laguna dos Patos. A vazão média mais próxima da foz é de 304 m<sup>3</sup>/s e área de drenagem de 15.543 Km<sup>2</sup>, com precipitação média anual de 1340 mm. Os principais usos da água na bacia se destinam à irrigação do arroz e ao abastecimento público.

**B) BACIA HIDROGRÁFICA DO LITORAL MÉDIO**

Está localizada a leste do Estado do Rio Grande do Sul. Abrange a província geomorfológica Planície Costeira. Possui área de 6.457,59 km<sup>2</sup>, abrangendo municípios como Balneário Pinhal, Capivari do Sul, Cidreira, Mostardas e São José do Norte, com população estimada em 68.343 habitantes.

Esta bacia é caracterizada por diversas lagoas, algumas interligadas. A vazão média é de 82,498 m<sup>3</sup>/s e a precipitação anual é de 1.100 mm. O principal uso da água na bacia está destinado à irrigação. O grau de urbanização e a densidade demográfica na região são

baixos. A fragilidade para manutenção da água doce na bacia do Litoral Médio é grande, pela influência oceânica, podendo acarretar problemas de restrição de uso pela intrusão salina através da Laguna dos Patos (SEMA/RS, 2006).

### **C) BACIA HIDROGRÁFICA DO PIRATINI-SÃO GONÇALO**

A bacia possui 31.160,23 km<sup>2</sup>, e está localizada no extremo sul do Estado, ocupando partes das regiões fisiográficas: Serra do Sudeste, Encosta do Sudeste, Litoral e Campanha. Limita-se ao norte com a bacia do Camaquã; ao sul com a República Oriental do Uruguai; a oeste com a bacia do Negro; e a leste com o Oceano Atlântico.

É composta pelos Rios Piratini, Jaguarão e Canal de São Gonçalo e os Arroios Turuçu, Pelotas, Jaguarão, Candiota, Mau, Telho, Chasqueiro, Grande, Bretanha e Juncal. A vegetação característica é composta por Savanas, Estepes, Floresta Estacional Semidecidual e Áreas de Formações Pioneiras (SEMA/RS, 2006).

#### **5.1.6.4 Situação Das Regiões Hidrográficas e Usos da Água**

##### **- Situação da Região Hidrográfica do Guaíba**

A Região Hidrográfica do Guaíba localiza-se na porção central do Estado do Rio Grande do Sul, e possui área aproximada de 84.555 km<sup>2</sup>, representando cerca de 30% da superfície total estadual. Nela residem 7,1 milhões de habitantes, ou seja, 65% da população gaúcha estimada para o ano de 2006. Ao norte, oeste e sudoeste apresentam divisores de águas comuns com a Região Hidrográfica do Uruguai e ao leste e sul com a Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas.

As informações apresentadas neste item foram retiradas de duas principais fontes: Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul, publicado pela SEMA/RS em 2006 e do Sistema de Informações Sobre Recursos Hídricos, trecho Sudeste, disponibilizado no site da Agência ([www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br), acesso em 29/07/2008).

**Tabela 5.1-4 Áreas das Bacias Hidrográficas Integrantes da Região Hidrográfica do Guaíba**

BACIA HIDROGRÁFICA	ÁREA (KM2)	PARTICIPAÇÃO (%)
Gravataí	2.008,93	2,38
Sinos	3.680,04	4,35
Caí	4.957,74	5,86
Taquari-Antas	26.323,76	31,13
Alto Jacuí	13.037,20	15,42
Vacacaí – Vacacaí-Mirim	11.085,77	13,11
Baixo Jacuí	17.370,48	20,54
Lago Guaíba	2.459,91	2,91
Pardo	3.631,24	4,9
<b>Total da Região Hidrográfica</b>	<b>84.555,07</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos. 2006.

Das nove bacias hidrográficas, duas representam, em conjunto, mais de 50% da área da Região Hidrográfica do Guaíba (Taquari-Antas e Baixo Jacuí), e duas aproximadamente 5% da referida superfície (Gravataí e Lago Guaíba), demonstrando a grande diversidade de situações quanto ao tamanho das unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos. A tabela abaixo apresenta a população residente nas bacias hidrográficas.

**Tabela 5.1-5 Populações Residentes por Bacia Hidrográfica na Região Hidrográfica do Guaíba**

Bacia Hidrográfica	População Urbana (hab.)	População Rural (hab.)	População Total (hab.)	Partic. Popul. Total (%)
Gravataí	1.313.526	47.592	1.361.118	19,14
Sinos	1.259.995	62.426	1.322.421	18,60
Caí	403.545	94.714	498.259	7,01
Taquari-Antas	898.585	351.451	1.250.036	17,59
Alto-Jacuí	277.332	98.434	375.766	5,29
Vacacaí – Vacacaí-Mirim	357.983	49.550	407.533	5,73
Baixo Jacuí	264.958	126.902	391.860	5,51
Lago Guaíba	1.231.938	53.676	1.285.614	18,09
Pardo	147.933	67.985	215.918	3,04
Total da região Hidrográfica	<b>6.155.795</b>	<b>952.730</b>	<b>7.108.525</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Relatório da Atividade A.2 – Diagnóstico das Demandas Hídricas. 2006.

Nessa Região Hidrográfica residem mais de 7,1 milhões de habitantes, representando 65,02% da população do Estado, em apenas 30% da superfície estadual, o que demonstra a concentração populacional desta região. As bacias hidrográficas do Gravataí, Sinos e Lago Guaíba respondem, em conjunto, por quase 4 milhões de habitantes, apresentando as maiores densidades demográficas do Estado. Enquanto a média da Região Hidrográfica é de 84 hab/km<sup>2</sup>, no Gravataí atinge 677, no Sinos, 359 e no Lago Guaíba, 523 hab/km<sup>2</sup>. A caracterização das disponibilidades hídricas superficiais em cada bacia hidrográfica estão apresentadas na tabela a seguir:

**Tabela 5.1-6 Disponibilidades Hídricas Superficiais Características das Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica do Guaíba (m<sup>3</sup>/s).**

Bacia Hidrográfica	Vazão Média Anual	Vazão Média Específica (QLP)	Vazão Mínima Anual (Q95%)	Vazão Mínima Específica	Vazão Média Verão (jan.)	Vazão Mínima Verão (jan.)
Gravataí	29,26	14,57	3,67	1,83	9,07	3,24
Sinos	87,91	23,89	7,50	2,04	51,26	4,54
Caí	99,52	20,07	6,81	1,37	53,03	7,35
Taquari-Antas	606,06	23,02	43,41	1,65	345,49	19,79
Alto-Jacuí	316,39	24,27	24,33	1,87	203,43	15,30
Vacacaí – Vacacaí-Mirim	190,28	17,16	6,46	0,58	70,20	0,40
Baixo Jacuí	1.728,67	22,62	151,90	1,99	826,24	54,46
Lago Guaíba	1.888,35	17,25	174,23	4,53	911,16	72,24
Pardo	110,19	30,34	5,521	1,52	59,80	5,81
<b>Região Hidrográfica</b>	<b>1.888,35</b>	<b>-</b>	<b>174,23</b>	<b>-</b>	<b>911,16</b>	<b>72,24</b>

Obs: Vazão Média de Verão corresponde à média das vazões mensais no mês de janeiro e Vazão Mínima de Verão corresponde à mínima vazão mensal observada para o mês de janeiro. **Fonte:** Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório da Atividade A.1 – Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas. 2006.

As estimativas das reservas reguladoras de águas subterrâneas, indicativas das disponibilidades hídricas subterrâneas, para cada bacia hidrográfica, são apresentadas na tabela a seguir, em termos de volumes totais anuais, indicando seus principais sistemas aquíferos e suas respectivas capacidades específicas (Q/s - m<sup>3</sup>/h/m) e médias de vazão (Q – m<sup>3</sup>/h).

**Tabela 5.1-7 Estimativa das Reservas Reguladoras de Águas Subterrâneas para as Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica do Guaíba**

Bacia Hidrográfica	Reserva Reguladora (hm <sup>3</sup> /ano)	Principais Sistemas Aquíferos Aflorantes	% de Ocorrência na Bacia	Vazão (Q) (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade Específica Média da Bacia(Qs) (m <sup>3</sup> /h/m)
<b>Gravataí</b>	214	Barreira Marinha Botucatu/Pirambóia Aquitardos permeanos Basalto/Botucatu Embasamento Cristalino I Embasamento Cristalino II Embasamento Cristalino III Quaternário Costeiro II Serra Geral II	8.27 7.21 32.03 2.09 6.78 6.61 0.43 34.80 1.78	>50m <sup>3</sup> /h 6,9 m <sup>3</sup> /h       27.5 m <sup>3</sup> /h	Em geral muito baixa; Barreira Marinha com Q/s muito alta
<b>Sinos</b>	558	Botucatu/Pirambóia Aquitardos permeanos Basalto/Botucatu Botucatu Quaternário Costeiro II Serra Geral II Serra Geral II	39.72 6.88 2.81 0.27 1.23 41.22 7.87	10 m <sup>3</sup> /h      6.7 m <sup>3</sup> /h	Em geral muito baixa; Botucatu confinado com Q/s baixa
<b>Caí</b>	519	Botucatu/Pirambóia Aquitardos permeanos Botucatu Quaternário Costeiro II Serra Geral II	17.74 3.92 0.90 0.36 77.09	13.5 m <sup>3</sup> /h    10.8 m <sup>3</sup> /h	Em geral muito baixa; Botucatu confinado com Q/s baixa
<b>Taquari-Antas</b>	3.388	Botucatu/Pirambóia Aquitardos permeanos Botucatu Serra Geral I Serra Geral II Santa Maria Sanga do Cabral/Pirambóia	1.28 0.78 0.50 4.88 88.14 4.06 0.37	16.52 m <sup>3</sup> /h   15.1 m <sup>3</sup> /h  18 m <sup>3</sup> /h	Em geral muito baixa; Serra Geral I com Q/s baixa; e Santa Maria na borda da serra com Q/s de média a muito baixa; Botucatu confinado com Q/s variando de baixa a média
<b>Alto-Jacuí</b>	2.023	Serra Geral I Serra Geral II	87.12 12.88	17.68 m <sup>3</sup> /h	Em geral baixa; Serra Geral II muito baixa com Botucatu confinado com Q/s muito baixa
<b>Vacacaí – Vacacaí-Mirim</b>	568	Aquitardos permeanos Basalto/Botucatu Botucatu Embasamento Cristalino II Embasamento Cristalino III Aquicluda Eo-Paleozóico Palermo/Rio Bonito	14.49 0.41 0.25 12.44 0.81 14.80 19.41	3.8 m <sup>3</sup> /h     3 m <sup>3</sup> /h	Em geral muito baixa; Santa Maria na borda da serra com Q/s de média a muito baixa (Unidade hidroestratigráfica)

Bacia Hidrográfica	Reserva Reguladora (hm <sup>3</sup> /ano)	Principais Sistemas Aquíferos Aflorantes	% de Ocorrência na Bacia	Vazão (Q) (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade Específica Média da Bacia(Qs) (m <sup>3</sup> /h/m)
		Serra Geral II Santa Maria Sanga do Cabral/Pirambóia	2.33 5.50 29.55	8.7 m <sup>3</sup> /h	Passo das Tropas confinado com Q/s média)
Baixo Jacuí	1.741	Aquitardos permeanos Botucatu/Pirambóia Botucatu Embasamento Cristalino II Embasamento Cristalino III Aqüiclude Eo-Paleozóico Palermo/Rio Bonito Quaternário Costeiro II Sedimentos Deltáicos Serra Geral I Serra Geral II Santa Maria Sanga do Cabral/Pirambóia	9.01 1.20 1.63 22.77 7.57 8.40 8.60 2.65 0.29 0.07 10.35 8.99 18.47	14.5 m <sup>3</sup> /h         11.5 m <sup>3</sup> /h  10 m <sup>3</sup> /h	Em geral muito baixa; Santa Maria com com Q/s média na encosta da serra (Unidade hidroestratigráfica Passo das Tropas confinado com Q/s média)
Lago Guaíba	651	Aquitardos permeanos Barreira Marinha Embasamento Cristalino I Embasamento Cristalino II Embasamento Cristalino III Quaternário Costeiro II Sedimentos Deltáicos	0.26 5.03 3.37 25.70 22.61 40.73 2.27	38 m <sup>3</sup> /h 5.2 m <sup>3</sup> /h	Em geral muito baixa; Barreira Marinha com Q/s muito alta
Pardo	465	Botucatu Serra Geral I Serra Geral II Santa Maria Sanga do Cabral/Pirambóia	4.43 9.57 50.62 24.73 10.65	9.7 m <sup>3</sup> /h   13.5 m <sup>3</sup> /h	Em geral muito baixa; Serra Geral I com Q/s baixa; e Santa Maria na borda da serra com Q/s de média a muito baixa(Unidade hidroestratigráfica Passo das Tropas confinado com Q/s média)
Total da Região Hidrográfica	10.127	--	--	--	--

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos. SEMA.

Segundo as informações da tabela anterior, podemos observar algumas tendências importantes: 1) grande ocorrência em áreas dos sistemas aquíferos Serra Geral,

praticamente em todas as bacias, principalmente em suas porções de montante, embora fornecendo vazões relativamente baixas; 2) altas vazões nos sedimentos costeiros, principalmente aqueles relativos à barreira marinha nas Bacias do Gravataí e Lago Guaíba; 3) altas vazões do sistema aquífero Santa Maria nas bacias do Taquari-Antas, Pardo, Baixo Jacuí e Vacacaí, principalmente em suas porções mais baixas.

**Tabela 5.1-8 Demandas Hídricas Globais e Setoriais Anuais (Médias) para as Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica do Guaíba (m<sup>3</sup>/s)**

Bacia Hidrográfica	Humano	Irrigação	Animal	Industrial	Total	Total Específica (L/s/km <sup>2</sup> )
Gravataí	3,76	6,44	0,09	0,41	10,70	5,319
Sinos	3,41	3,07	0,10	3,42	10,01	2,723
Caí	1,13	1,33	0,30	1,54	4,29	0,863
Taquari-Antas	2,67	3,47	2,42	2,11	10,66	0,405
Alto-Jacuí	0,81	1,27	0,51	0,14	2,73	0,209
Vacacaí – Vacacaí-Mirim	1,02	29,41	0,49	0,08	31,00	2,797
Baixo Jacuí	0,77	40,90	0,67	2,15	44,49	2,561
Lago Guaíba	3,62	9,73	0,08	4,88	18,31	7,438
Pardo	0,48	3,84	0,18	0,08	4,59	1,266
<b>Região Hidrográfica</b>	<b>17,65</b>	<b>99,46</b>	<b>4,85</b>	<b>14,81</b>	<b>136,78</b>	<b>1,617</b>

**Fonte Geral:** Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório da Atividade A.2 Diagnóstico das Demandas Hídricas. 2006.

Na demanda hídrica para abastecimento humano, consideraram-se as populações urbanas e rurais residentes nas bacias, tendo como fonte de dados as estimativas municipais do IBGE, para o ano de 2006. Na demanda hídrica, para criação animal, foi considerado o efetivo dos principais rebanhos (bovino, suíno, eqüino, ovino e aves), obtido por meio da Pesquisa Pecuária Municipal de 2004. A demanda hídrica para uso industrial considerou o número de indústrias por município, tendo como fonte os dados da FEPAM do ano de 2003.

Observa-se que em termos anuais, a irrigação representa cerca de 73% das demandas hídricas na Região Hidrográfica do Guaíba, mostrando a grande importância desse setor usuário. Em termos espaciais, cerca de 55% das demandas hídricas anuais estão concentradas apenas nas bacias do Vacacaí e Baixo Jacuí, em razão das extensas áreas de lavouras de arroz. Isso demonstra a importância desse setor usuário.

**Tabela 5.1-9 Balanços Hídricos: Disponibilidades versus Demandas para as Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica do Guaíba (%)**

Bacia Hidrográfica	Demanda Méd. Anual / Dispon. Méd. Anual	Demanda Méd. Anual / Dispon. Mín. Anual (Q95% )	Demanda Verão / Dispon. Méd. Verão <sup>[1]</sup>	Demanda Verão / Dispon. Mín. Verão <sup>[1]</sup>
Gravataí	36,6%	291,6%	306,2%	857,1%
Sinos	11,4%	133,5%	35,4%	399,8%
Caí	4,3%	63,0%	14,7%	106,3%
Taquari-Antas	1,8%	24,6%	5,7%	100,3%
Alto-Jacuí	0,9%	11,2%	3,0%	39,8%
Vacacaí – Vacacaí-Mirim	16,3%	479,9%	155,2%	27.235,0%
Baixo Jacuí	2,6%	29,3%	18,5%	280,7%
Lago Guaíba	1,0%	10,5%	4,8%	61,0%
Pardo	4,2%	0,1%	24,7%	254,0%
<b>Região Hidrográfica</b>	<b>7,2%</b>	<b>78,5%</b>	<b>43,9%</b>	<b>554,2%</b>

[1] Considerado no mês de janeiro..**Fonte:** Plano Estadual de Recursos Hídricos, 2006. SEMA/RS

Em termos de médias anuais não são verificadas situações problemáticas, sendo que na média da Região Hidrográfica do Guaíba, apenas 7,2% das disponibilidades médias anuais são atualmente demandadas. Em termos médios, para o mês de janeiro, foram observados déficits hídricos nas bacias do Gravataí e Vacacaí–Vacacaí-Mirim, sendo importante destacar que na abordagem realizada não foram considerados os volumes armazenados (ou estáticos) e tampouco a vazão ecológica, mas apenas as vazões fluentes (volumes dinâmicos). Através do armazenamento, há maior disponibilidade hídrica nos meses de verão.

Considerando as disponibilidades mínimas ( $Q_{95\%}$  e vazão mínima mensal de janeiro), características de situações de menor disponibilidade hídrica, somente não são verificadas insuficiências hídricas, levando-se em conta as vazões fluentes, nas bacias do Alto Jacuí e Lago Guaíba. Considera-se, nos balanços hídricos, apenas a parcela da demanda efetivamente consumida, ou que não retorna ao manancial. Esta abordagem apresenta uma configuração para a bacia hidrográfica como um todo com maior fidelidade à situação real.

Os balanços hídricos, considerando os consumos, permitem verificar as situações mais reais no âmbito de cada bacia hidrográfica. Nessa ótica, observam-se situações mais

extremas, quanto à insuficiência hídrica, nas bacias do Gravataí e Vacacaí–Vacacaí-Mirim, notadamente nos meses de verão, em razão da irrigação de arroz. No entanto, a existência de açudagem nessas bacias, tem por objetivo reservar a água de excesso do inverno e primavera, para uso no verão. As bacias do Pardo e Sinos aproximam-se de situações de insuficiência, principalmente nos períodos de verão.

Os principais usos não consuntivos, em cada bacia hidrográfica, são relacionados na tabela abaixo. Ao identificar o uso “preservação ambiental”, está se referindo especificamente à existência de áreas úmidas relevantes para a conservação como, por exemplo, banhados (não se tratando, assim, da proteção das comunidades aquáticas que é considerada em todas as bacias hidrográficas).

**Tabela 5.1-10 Principais Usos Não Consuntivos nas Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica do Guaíba**

BACIA HIDROGRÁFICA	PRINCIPAIS USOS NÃO CONSUNTIVOS
Gravataí	Navegação, Mineração e Preservação Ambiental.
Sinos	Navegação, Mineração, Turismo & Lazer, Pesca e Preservação Ambiental.
Caí	Geração de Energia, Navegação, Mineração, Turismo & Lazer e Preservação Ambiental.
Taquari-Antas	Geração de Energia, Navegação, Mineração, Turismo & Lazer, Pesca e Preservação Ambiental (potencial).
Alto-Jacuí	Geração de Energia, Mineração e Pesca.
Vacacaí – Vacacaí-Mirim	Mineração, Turismo & Lazer, Pesca e Preservação Ambiental.
Baixo Jacuí	Navegação, Mineração, Turismo & Lazer, Pesca e Preservação Ambiental.
Lago Guaíba	Navegação, Mineração, Turismo & Lazer, Preservação Ambiental e Pesca.

**Fonte:** Plano Estadual de Recursos Hídricos. 2006

No caso específico da Bacia do Rio Caí, a geração de energia é um uso consuntivo, pois está associada à transposição de águas para a Bacia do Rio dos Sinos. Para a Região Hidrográfica do Guaíba, a situação da qualidade das águas superficiais foi determinada com base no Índice de Qualidade das Águas (IQA), considerando os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, demanda bioquímica de oxigênio, pH, nitrogênio amoniacal, fosfato total, turbidez e sólidos totais.

O IQA consiste em um índice ou nota final obtida através da consideração ponderada em uma equação, dos parâmetros antes relacionados. Como resultado tem-se um índice ou nota, que classifica as águas superficiais pelas seguintes faixas:

Valores do IQA	Classificação das águas
0 a 25	Muito Ruim
26 a 50	Ruim
51 a 70	Regular
71 a 90	Boa
91 a 100	Excelente

**Figura 5.1-37 Valores do IGA**

A situação atual referente à qualidade atual das águas superficiais, com base nas informações disponíveis (banco de dados FEPAM/PRÓ-GUAÍBA), está apresentada na Tabela abaixo:

**Tabela 5.1-11 Síntese de Situação Atual da Qualidade das Águas Superficiais da Região Hidrográfica do Guaíba**

Bacia Hidrográfica	Situação Atual da Qualidade das Águas Superficiais
Gravataí	O Rio Gravataí apresenta IQA <b>Regular</b> para o trecho do Chico Lomã até o Passo dos Negros; deste ponto até a captação para Cachoeirinha apresenta IQA <b>Ruim</b> , podendo atingir o nível <b>Muito Ruim</b> junto à sua foz. A redução na qualidade das águas no sentido montante-jusante decorre, principalmente, dos lançamentos de esgotos domésticos e industriais.
Sinos	O Rio dos Sinos apresenta IQA variando entre <b>Bom-Regular</b> para o trecho compreendido entre as suas nascentes e a localidade de Santa Cristina. Deste ponto até a foz a faixa predominante de IQA é <b>Regular</b> . Junto à foz dos arroios Luiz Rau e Portão são observadas as piores situações, com IQA variando de <b>Ruim</b> a <b>Muito Ruim</b> . A origem da degradação das águas decorre do lançamento de esgotos domésticos e industriais.
Caí	O Rio Caí, entre São Francisco de Paula e Canela apresenta águas classificadas como <b>Boas</b> (IQA). Deste ponto até a foz, em Morretes, a qualidade predominante é <b>Regular</b> , podendo atingir a classificação <b>Boa</b> entre o Pólo e a foz. Os lançamentos de efluentes industriais são predominantes na Bacia.
Taquari-Antas	As águas do sistema Taquari-Antas variam entre a classificação, quanto ao IQA, <b>Boa</b> e <b>Regular</b> , com predominância desta última. Há uma leve tendência de piora na situação de qualidade das águas no sentido de jusante.
Alto-Jacuí	O Rio Jacuí, em seu trecho superior, compreendido entre suas nascentes e Agudo, apresenta classificação variando entre <b>Boa</b> e <b>Regular</b> (IQA), com predominância da primeira. A pior situação é verificada junto à cidade de Espumoso.
Vacacaí – Vacacaí-Mirim	As águas dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim possuem classificação <b>Regular</b> , quanto ao IQA, apresentando pouca variação.
Baixo Jacuí	A qualidade das águas do Rio Jacuí, entre Cachoeira do Sul e a sua foz, variam de <b>Regular</b> a <b>Boa</b> . A pior situação, classificação <b>Ruim</b> , foi verificada em São Jerônimo e a melhor, <b>Boa</b> , na sua foz.
Lago Guaíba	O Lago Guaíba apresenta três compartimentos distintos: o canal de navegação e as margens esquerda e direita. No canal de navegação a qualidade das águas varia entre <b>Boa</b> e <b>Regular</b> , melhorando sistematicamente para jusante, a partir do arroio Dilúvio. Na margem esquerda (onde se encontra Porto Alegre) há forte variação na qualidade das águas, desde <b>Muito Ruim</b> , na foz do arroio Dilúvio, até <b>Boa</b> no Lami, com predominância da classificação <b>Regular</b> . Na margem direita, a classificação varia entre <b>Regular</b> e <b>Boa</b> , com as piores condições junto à cidade de Guaíba e ao arroio Celupa.
Pardo	As águas do Rio Pardo, incluindo o Pardinho, apresentam degradação qualitativa no sentido montante-jusante, variando entre <b>Boa</b> e <b>Regular</b> , quanto ao IQA.

**Fonte:** Atualização do Diagnóstico da Região Hidrográfica do Guaíba. Pró-Guaíba, 2004.

As águas subterrâneas dos principais aquíferos dessa Região Hidrográfica, possuem tendência a potabilidade, existindo, entretanto, algumas regiões onde podem ser consideradas impróprias para uso no abastecimento e irrigação. Estas restrições devem-se às características naturais dos sistemas aquíferos que as condicionam. São águas muito salinizadas, como por exemplo, o caso de porções do sistema aquífero sedimentos deltáicos na bacia do Lago Guaíba, porções do Sistema Aquífero Quaternário Costeiro II na Bacia do Gravataí, ou mesmo porções do sistema aquífero Santa Maria nas bacias do Taquari-Antas, Pardo, Baixo Jacuí e Vacacaí.

As situações atuais de conflito, pelo uso da água, são apresentadas na tabela abaixo, e foram obtidas a partir do Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul (DRH/SEMA, 2002), e atualizados com base nas informações atuais levantadas no Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Vale destacar que o lançamento de esgotos domésticos apresenta maior comprometimento da qualidade das águas junto aos principais centros urbanos. Comparando-se, os esgotos domésticos apresentam menor grau de tratamento em relação aos industriais, o que se caracteriza como a principal causa da degradação qualitativa dos recursos hídricos superficiais.

**Tabela 5.1-12 Situações Atuais de Conflito pelo Uso da Água e Problemas Ambientais nas Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica do Guaíba**

BACIA HIDROGRÁFICA	SITUAÇÕES ATUAIS DE CONFLITOS
Gravataí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiência hídrica em períodos de baixa vazão, principalmente nos meses de Verão;</li> <li>• Baixa qualidade das águas no trecho médio-baixo, inviabilizando os usos mais exigentes;</li> <li>• Conflito de quantidade entre Abastecimento Humano e Irrigação.</li> <li>• Orizicultura, localizada a montante e jusante do Banhado Grande, provocando modificações na rede de drenagem e poluição por excesso de fertilizantes e agrotóxicos;</li> <li>• Lançamento de esgotos domésticos, com ênfase nas sub-bacias dos arroios: Demétrio, Barnabé, Águas Belas, Feijó, Passo Grande, Brigadeiro, Areia e Sarandi;</li> <li>• Lançamentos de efluentes industriais na porção baixa da bacia;</li> <li>• Disposição indevida de resíduos sólidos na Região Metropolitana de Porto Alegre, gerando contaminação de recursos hídricos.</li> </ul>
Sinós	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiência hídrica nos meses de verão.</li> <li>• Lançamentos de esgotos domésticos pouco ou não tratados, comprometendo a qualidade das águas principalmente em situações de baixas vazões no leito do rio, no trecho médio-baixo.</li> <li>• Lançamentos de efluentes industriais acima da capacidade de assimilação do rio em períodos de baixas vazões, no trecho médio-baixo.</li> <li>• Conflito de quantidade entre Abastecimento Humano e Irrigação.</li> <li>• Conflito de qualidade entre os lançamentos de esgotos e efluentes com outros usos (principalmente o abastecimento humano, lazer e preservação ambiental).</li> <li>• Disposição indevida de resíduos sólidos na Região Metropolitana de Porto Alegre, gerando contaminação de recursos hídricos.</li> </ul>

BACIA HIDROGRÁFICA	SITUAÇÕES ATUAIS DE CONFLITOS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mau uso do solo e desmatamento nas encostas declivosas, o que gera a acentuação dos processos erosivos e modificações no balanço hídrico.</li> </ul>
Caí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploração agrícola intensa e desmatamento nas encostas declivosas, o que gera a acentuação dos processos erosivos e modificações no balanço hídrico.</li> <li>· Mineração desordenada, agravando o assoreamento dos recursos hídricos.</li> <li>· Poluição hídrica no curso médio e inferior, representada por teores de fosfato e mercúrio correspondentes à Classe 4 do CONAMA.</li> <li>· Conflito de qualidade entre os lançamentos de esgotos urbanos e outros usos (principalmente abastecimento humano, lazer e preservação ambiental).</li> </ul>
Taquari-Antas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conflito de qualidade entre os lançamentos de efluentes urbanos e os usos para abastecimento humano, turismo e lazer e preservação ambiental.</li> <li>· Conflito de quantidade localizado (no tempo e no espaço) entre a geração de energia e a preservação ambiental.</li> <li>• Exploração agrícola intensa e desflorestamento de encostas declivosas, o que gera modificações no balanço hídrico.</li> <li>· Mineração desordenada, agravando o assoreamento dos recursos hídricos.</li> <li>· Poluição hídrica, representada por teores de fosfato correspondentes à Classe 4 do CONAMA.</li> <li>· Expressiva quantidade de poços tubulares e extração de água subterrânea nos limites das principais cidades, gerando rebaixamentos consideráveis de níveis freáticos e potenciométricos.</li> <li>· Uso de água subterrânea fora dos limites de potabilidade (excesso de flúor).</li> </ul>
Alto-Jacuí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença do uso para geração de energia em grandes barragens e o conseqüente alagamento de terras.</li> <li>· Atual expansão da irrigação utilizando pivôs centrais.</li> </ul>
Vacacaí – Vacacaí-Mirim	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiência hídrica acentuada em períodos de baixa vazão, principalmente no verão, em decorrência da irrigação do arroz.</li> <li>· Conflito entre abastecimento humano e irrigação.</li> <li>· Extração de areia na porção central da bacia.</li> <li>· Manejo inadequado do solo.</li> <li>· Orizicultura nas várzeas do Rio Vacacaí e afluentes, o que gera a interrupção de trechos do rio principal e seus afluentes.</li> <li>· Uso de água subterrânea fora dos limites de potabilidade (excesso de flúor).</li> </ul>
Baixo Jacuí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mineração de carvão, na sub-bacia do Arroio do Conde, gerando contaminação das águas com metais pesados.</li> <li>· Mineração de calcário, caulim e argila, gerando assoreamento de arroios.</li> <li>· Mineração de areia no leito do Rio Jacuí, provocando assoreamento dos corpos de água, comprometimento das condições de vida de peixes com importância comercial, e riscos à infra-estrutura da hidrovía.</li> <li>· Orizicultura nas várzeas do Jacuí e afluentes, provocando: drenagem de banhados, redução da mata ciliar, perda da diversidade biológica, e riscos de contaminação por agroquímicos.</li> <li>· Uso de água subterrânea fora dos limites de potabilidade (excesso de flúor).</li> </ul>
Lago Guaíba	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Poluição industrial, concentrada em Porto Alegre, que gera o maior número de resíduos sólidos classe 1 (perigosos) e também apresenta grande número de indústrias com alto e médio potencial de poluição atmosférica.</li> <li>· Lançamento de esgotos domésticos (com baixo índice de tratamento) na margem esquerda do Lago Guaíba</li> <li>· As águas subterrâneas têm seu uso para abastecimento público comprometido pela presença de sulfatos e também problemas de disponibilidade.</li> <li>· Problemas ambientais em áreas rurais, como assoreamento dos arroios e destino inadequado de embalagem de agrotóxicos.</li> <li>· Problemas ambientais em áreas urbanas, tais como a ocupação de áreas de risco, caracterizando um importante problema ambiental, e o potencial de erodibilidade em áreas urbanas, agravado pela ocupação urbana de encostas declivosas dos morros graníticos da</li> </ul>

BACIA HIDROGRÁFICA	SITUAÇÕES ATUAIS DE CONFLITOS
	Região Metropolitana de Porto Alegre. · Mineração: a extração de materiais para construção civil e a ocupação das áreas da Região Metropolitana de Porto Alegre, geram conflitos de uso do solo.
Pardo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiência hídrica em períodos de baixa vazão, principalmente nos meses de verão.</li> <li>• Qualidade das águas superficiais comprometidas na porção média-baixa da Bacia, principalmente após Santa Cruz do Sul, em decorrência do lançamento de esgotos domésticos com baixo índice de tratamento.</li> <li>• Conflito de quantidade entre abastecimento humano e irrigação.</li> <li>• Mineração de cascalho e areia, no rio Pardo, alterando as condições naturais de escoamento.</li> <li>• Forte desmatamento da vegetação ciliar.</li> <li>• Manejo inadequado do solo em áreas declivosas.</li> <li>• Ocorrência elevada de cheias no Rio Pardinho, junto à Santa Cruz do Sul.</li> <li>• Expressiva quantidade de poços tubulares e extração de água subterrânea nos limites das principais cidades gerando rebaixamentos consideráveis de níveis freáticos e potenciométricos.</li> <li>• Uso de água subterrânea fora dos limites de potabilidade (excesso de flúor).</li> </ul>

**Fonte:** Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul. DRH/SEMA, 2002. Plano Estadual de Recursos Hídricos. 2006.

– **Situação da Região Hidrográfica do Litoral**

A Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas localiza-se na porção leste e sul do Estado do Rio Grande do Sul, possuindo área aproximada de 57.086 km<sup>2</sup>, o que representa cerca de 20% da superfície total do Estado. Nela residem 1,2 milhões de habitantes, o que representa 11,4 % da população gaúcha estimada para o ano de 2006.

Ao oeste apresenta divisores de águas comuns com as Regiões Hidrográficas do Guaíba e Uruguai. A Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas é integrada por cinco bacias hidrográficas: Tramandaí, Litoral Médio, Camaquã, Mirim–São Gonçalo e Mampituba.

As informações apresentadas neste item são retiradas do Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul, publicado pela SEMA/RS em 2006, e do Sistema de Informações Sobre Recursos Hídricos, trecho Sudeste, disponibilizado no site da Agência Nacional de Águas ([www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br), acesso em 29/07/2008).

**Tabela 5.1-13 Áreas das Bacias Hidrográficas Integrantes da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas**

BACIA HIDROGRÁFICA	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	PARTICIPAÇÃO (%)
Tramandaí	2.745,73	4,81
Litoral Médio	6.472,10	11,34
Camaquã	21.517,58	37,69
Mirim-São Gonçalo	25.666,83	44,96
Mampituba	683,76	1,20
<b>Total da Região Hidrográfica</b>	<b>57.085,98</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos. 2006.

Duas bacias hidrográficas que integram a Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas, respondem por mais de 82% da área total da região (Mirim-São Gonçalo e Camaquã), enquanto a bacia do Mampituba apresenta área aproximada de 1% do total da região, mostrando a grande diversidade de situações quanto ao tamanho das unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos.

A tabela abaixo mostra a população residente nas bacias hidrográficas, estimadas para o ano de 2006, tanto urbanas como rurais. Os valores foram determinados com base nas populações municipais projetadas para 2006 (estimativa do IBGE) rearranjadas através das parcelas espaciais dos respectivos municípios em cada bacia hidrográfica.

**Tabela 5.1-14 População Residente por Bacia Hidrográfica na Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas**

Bacia Hidrográfica	Urbana (hab.)	Rural (hab.)	Total (hab.)	Partic. Popul. Total (%)
Tramandaí	127.861	26.377	154.238	12,39
Litoral Médio	50.955	34.671	85.626	6,88
Camaquã	120.009	133.960	253.969	20,39
Mirim-São Gonçalo	655.984	84.109	740.093	59,43
Mampituba	989	10.377	11.366	0,91
<b>Total da Região Hidrográfica</b>	<b>955.798</b>	<b>289.494</b>	<b>1.245.292</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório da Atividade A.2 Diagnóstico das Demandas Hídricas. 2006.

Nessa Região Hidrográfica residem cerca de 1,25 milhão de habitantes, representando 11,4% da população do Estado, em 20% da superfície estadual, o que demonstra a baixa concentração demográfica dessa região, da ordem de 22 hab./km<sup>2</sup>, equivalente à do

Uruguai e substancialmente inferior à do Guaíba (84 hab./km<sup>2</sup>). As bacias do Camaquã e Mirim – São Gonçalo respondem por quase 80% da população da região, no entanto, em termos de densidade demográfica, o maior índice é observado na bacia do Tramandaí (56 hab./km<sup>2</sup>).

Em relação à bacia do Tramandaí é importante ressaltar a sua vocação de zona balneária, com forte afluxo populacional nas épocas de veraneio, o que implica em um aumento populacional concentrado com reflexos diretos sobre o uso e as demandas de água.

Para a caracterização das disponibilidades hídricas superficiais, em cada bacia hidrográfica, são apresentados, na tabela abaixo, os seguintes parâmetros hídricos: vazão média de longo período, vazão característica de mínimas (Q95% - vazão com permanência temporal de 95%), vazão média para o mês típico de verão (janeiro) e vazão mínima para o mês típico de verão (janeiro), em termos absolutos (m<sup>3</sup>/s).

**Tabela 5.1-15 Disponibilidades Hídricas Superficiais Características das Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas**

Bacia Hidrográfica	Vazão Média Anual	Vazão Mínima Anual (Q95%)	Vazão Média Verão (jan.)	Vazão Mínima Verão (jan.)
Tramandaí	35,08	17,00	35,85	11,98
Litoral Médio	82,50	40,00	84,31	28,18
Camaquã	483,10	25,88	198,18	18,41
Mirim-São Gonçalo	395,91	22,99	208,60	41,98
Mampituba	8,74	4,24	8,93	2,98
<b>Total da Região Hidrográfica</b>	<b>1.005,33</b>	<b>110,11</b>	<b>535,87</b>	<b>103,53</b>

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório da Atividade A.1 Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas. 2006.

Para melhor entendimento da tabela acima, a vazão média de verão corresponde à média das vazões mensais no mês de janeiro, e vazão mínima de verão corresponde à mínima vazão mensal observada para o mês de janeiro. A relação entre as vazões mínima e média anual é da ordem de 11%, podendo chegar a 19% na época do verão, que são valores bastante superiores aos apresentados nas demais regiões hidrográficas do Estado. Isso evidencia o efeito regulador dos grandes corpos hídricos presentes (Lagoa dos Patos e Mirim e sistema lagunar do Litoral Norte).

Em procedimento semelhante ao desenvolvido na Região Hidrográfica do Guaíba, a tabela a seguir apresenta as disponibilidades hídricas subterrâneas das bacias hidrográficas que compõem a Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas e as características produtivas dos seus respectivos aquíferos.

**Tabela 5.1-16 Estimativa das Reservas Reguladoras de Águas Subterrâneas para as Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica do Litoral Médio**

Bacia Hidrográfica	Reserva Reguladora (hm <sup>3</sup> /ano)	Principais Sistemas Aquíferos Aflorantes	% de Ocorrência na Bacia	Vazão (Q) (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade Específica (Qs) (m <sup>3</sup> /h/m)
Tramandaí	828	Botucatu Quaternário Costeiro I Quaternário Costeiro II Serra Gerall Serra Geral III	0.42 37.04 14.02 33.93 14.59	15.6 m <sup>3</sup> /h 71.8 m <sup>3</sup> /h 20.7 m <sup>3</sup> /h	Na parte oeste mais alta Q/s muito baixas; na planície costeira Q/s altas
Litoral Médio	1.946	Barreira Marinha Embasamento Cristalino III Quaternário Costeiro I Quaternário Costeiro II Serra Geral II	4.31 0.26 81.61 13.46 0.37	55 m <sup>3</sup> /h	Em geral alta
Camaquã	2.046	Barreira Marinha Embasamento Cristalino II Embasamento Cristalino III Aquicludo Eo-Paleozóico Palermo/ Rio Bonito Quaternário Costeiro I Quaternário Costeiro II Quaternário Indiferenciado	0.19 44.42 26.41 12.61 1.40 3.78 11.36 1.62	5 m <sup>3</sup> /h 34.1 m <sup>3</sup> /h	Na porção oeste Q/s muito baixas; na planície costeira Q/s variando de médias a altas; ao longo do Camaquã Quaternário Indiferenciado com Q/s altas
Mirim-São Gonçalo	1.445	Aquitardos Permeanos Embasamento Cristalino I Embasamento Cristalino II Embasamento Cristalino III Aquicludo Eo-Paleozóico	9.39 13.26 17.27 14.64 0.13	4 m <sup>3</sup> /h	Na porção oeste Q/s muito baixas; na planície costeira Q/s

Bacia Hidrográfica	Reserva Reguladora (hm <sup>3</sup> /ano)	Principais Sistemas Aquíferos Aflorantes	% de Ocorrência na Bacia	Vazão (Q) (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade Específica (Qs) (m <sup>3</sup> /h/m)
		Palermo/ Rio Bonito Quaternário Costeiro I Quaternário Costeiro II	2.38 16.56 26.36	6.4 m <sup>3</sup> /h 21.2 m <sup>3</sup> /h	variando de média
Mampituba	206	Botucatu Quaternário Costeiro I Quaternário Costeiro II Serra Geral II Serra Geral III	2.41 4.50 31.11 43.12 18.86	9 m <sup>3</sup> /h	Em geral muito baixas; Quaternário Costeiro com Q/s altas
<b>Total da Região Hidrográfica</b>	<b>6.471</b>	--	--	--	--

**Fonte:** Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório da Atividade A.1 Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas. 2006.

De modo geral, podemos observar a grande ocorrência em áreas dos sistemas aquíferos Quaternários Costeiros I e II, assim como da Barreira Marinha (Bacia do Litoral Médio) e suas respectivas altas vazões. Também a importância secundária dos sistemas aquíferos Serra Geral nas bacias Tramandaí, Litoral Médio e Mampituba e dos sistemas aquíferos do Embasamento Cristalino nas bacias do Camaquã e Mirim-São Gonçalo. As demandas hídricas setoriais e totais, para cada bacia hidrográfica, em termos médios e anuais estão demonstradas na tabela a seguir:

**Tabela 5.1-17 Demandas Hídricas Médias Anuais (Globais e Setoriais) para as Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas (m<sup>3</sup>/s)**

Bacia Hidrográfica	Humano	Irrigação	Animal	Industrial	Total	Total Específica (L/s/km <sup>2</sup> )
Tramandaí	0,30	3,10	0,06	0,321	3,78	1,374
Litoral Médio	0,16	38,12	0,18	0,060	38,52	5,953
Camaquã	0,47	35,69	0,86	0,036	37,05	1,721
Mirim-São Gonçalo	1,88	74,24	0,90	0,145	77,17	3,007
Mampituba	0,02	2,00	0,02	0,000	2,04	0,739
<b>Total da Região Hidrográfica</b>	<b>2,83</b>	<b>153,14</b>	<b>2,03</b>	<b>0,562</b>	<b>158,55</b>	<b>2,681</b>

**Fonte Geral:** Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório da Atividade A.2 Diagnóstico das Demandas Hídricas. 2006.

Anualmente a irrigação representa cerca de 97% das demandas hídricas médias na Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas, subindo esse percentual para 99% no mês de janeiro, o que demonstra a forte predominância desse setor usuário.

Em termos espaciais, cerca de 66% das demandas hídricas anuais estão concentradas apenas na bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo, em razão das extensas áreas de arroz irrigado. Também se observa a influência do fluxo populacional sazonal à região do Litoral Norte (bacia do Tramandaí), na época de veraneio, elevando a demanda para uso humano de 0,30 para 0,81 m<sup>3</sup>/s.

À exemplo das demandas, os consumos hídricos setoriais e totais, para cada bacia hidrográfica, em termos anuais são demonstrados na tabela a seguir:

**Tabela 5.1-18 Consumos Hídricos Totais e Setoriais Anuais (Médios) para as Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas (m<sup>3</sup>/s)**

Bacia Hidrográfica	Total	Humano	Irrigação	Animal	Industrial
Tramandaí	2,06	0,06	1,86	0,04	0,096
Litoral Médio	23,05	0,03	22,87	0,13	0,018
Camaquã	22,12	0,09	21,41	0,60	0,011
Mirim-São Gonçalo	45,60	0,38	44,54	0,63	0,044
Mampituba	1,22	0,00	1,20	0,02	0,000
<b>Total da Região Hidrográfica</b>	<b>94,04</b>	<b>0,57</b>	<b>91,88</b>	<b>1,42</b>	<b>0,169</b>

**Fonte:** Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório da Atividade A.2 Diagnóstico das Demandas Hídricas. 2006.

A irrigação representa cerca de 98% do consumo global médio anual e 99% no mês de janeiro, reafirmando a predominância desse setor usuário no contexto regional. Em termos espaciais, a bacia do Mirim-São Gonçalo concentra cerca de 49% do consumo médio global anual.

Os resultados dos balanços hídricos, confrontando as disponibilidades hídricas com as demandas de água e considerando as quatro hipóteses de disponibilidade, são apresentadas na tabela a seguir, para cada bacia hidrográfica, em termos percentuais, ou seja, qual a parcela da disponibilidade que é atualmente demandada pelos usos consuntivos considerados:

**Tabela 5.1-19:** Balanços Hídricos: Disponibilidades versus Demandas para as Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas (%)

BACIA HIDROGRÁFICA	Demanda Méd. Anual / Dispon. Méd. Anual	Demanda Méd. Anual / Dispon. Mín. Anual (Q95% )	Demanda Verão / Dispon. Méd. Verão [1]	Demanda Verão / Dispon. Mín. Verão [1]
Tramandaí	10.8%	22.2%	33.4%	100.1%
Litoral Médio	46.7%	96.3%	165.5%	495.1%
Camaquã	7.7%	143.2%	66.4%	714.9%
Mirim-São Gonçalo	19.5%	335.7%	131.3%	652.5%
Mampituba	23.3%	48.1%	82.1%	246.0%
<b>Total da Região Hidrográfica</b>	<b>15.8%</b>	<b>144.0%</b>	<b>105.3%</b>	<b>545.1%</b>

1] Considerado no mês de janeiro.

**Fonte:** Plano Estadual de Recursos Hídricos. 2006.

Verificou-se de acordo com os dados uma situação de maior comprometimento das disponibilidades hídricas apenas na bacia do Litoral Médio: a proporção média utilizada de água na região é de 15,8%, acima da média das outras regiões (na ordem de 8%). Para o mês de janeiro, típico de verão em termos médios, são observados déficits hídricos no Litoral Médio e na Mirim-São Gonçalo.

É importante destacar que nessa análise foram consideradas como disponibilidades hídricas apenas as vazões fluentes e não os volumes hídricos estáticos armazenados nos significativos corpos hídricos regionais. Sendo assim, a presente análise é mais rigorosa em termos de comprometimento das disponibilidades.

Os principais usos não consuntivos em cada bacia hidrográfica estão relacionados na tabela a seguir. O termo “preservação ambiental”, segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos, está se referindo especificamente à existência de áreas úmidas relevantes para a conservação como, por exemplo, banhados (não se tratando, assim, da proteção das comunidades aquáticas que é considerada em todas as bacias hidrográficas).

**Tabela 5.1-19 Principais Usos Não Consuntivos nas Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas**

Bacia Hidrográfica	Principais Usos Não Consuntivos
Tramandaí	Navegação, Mineração, Turismo & Lazer, Pesca e Preservação Ambiental
Litoral Médio	Navegação, Mineração, Turismo & Lazer, Pesca e Preservação Ambiental

Bacia Hidrográfica	Principais Usos Não Consuntivos
Camaquã	Mineração, Turismo & Lazer, Pesca e Preservação Ambiental
Mirim-São Gonçalo	Navegação, Turismo & Lazer, Pesca e Preservação Ambiental
Mampituba	Navegação, Mineração, Turismo & Lazer, Pesca e Preservação Ambiental

**Fonte:** Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório da Atividade A.2. Diagnóstico das Demandas Hídricas. 2006.

A situação atual referente à qualidade das águas superficiais nas Bacias Litorâneas foi determinada com base nas informações relativas à balneabilidade em águas doces (obtidas diretamente no site da FEPAM) e complementadas por informações específicas dos estudos realizados em algumas bacias hidrográficas, notadamente no Tramandaí.

As águas subterrâneas dos principais aquíferos da Região Hidrográfica do Litoral são em sua grande extensão potáveis do tipo bicarbonatadas a cloretadas sódicas. Em algumas porções, principalmente do sistema aquífero Quaternário Costeiro II, podem ocorrer zonas de água salobra e salgada ou mesmo teores excessivos de ferro, tornando-as impróprias para uso no abastecimento e irrigação. A situação atual, retratada em termos de percentuais de locais (dentre os monitorados) próprios quanto à balneabilidade, é apresentada, de forma sintetizada, na Tabela abaixo:

**Tabela 5.1-20 Síntese de Situação Atual da Qualidade das Águas Superficiais nas Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas.**

Bacia Hidrográfica	Situação Atual da Qualidade das Águas Superficiais
Tramandaí	Apenas 10% dos pontos do Projeto de Balneabilidade (FEPAM) foram classificados como impróprios. Indica as boas condições da qualidade da água na Bacia. Os dados disponíveis no Plano da Bacia também indicam uma boa situação com os corpos hídricos sendo classificados em Classes 1 e 2 da Resolução CONAMA 357/2005, com algumas exceções.
Litoral Médio	Apenas 7% dos pontos do Projeto de Balneabilidade (FEPAM) foram classificados como impróprios, o que indica as boas condições da qualidade da água na Bacia.
Camaquã	25% dos pontos do Projeto de Balneabilidade (FEPAM) foram classificados como impróprios. Indica problemas com a qualidade da água, principalmente próximo a centros urbanos.
Mirim-São Gonçalo	25% dos pontos do Projeto de Balneabilidade (FEPAM) foram classificados como impróprios. Indica poucos problemas com a qualidade da água, principalmente próximo a centros urbanos.
Mampituba	20% dos pontos do Projeto de Balneabilidade (FEPAM) foram classificados como impróprios, que indica problemas com a qualidade da água, principalmente próximo a centros urbanos (Torres).

**Fonte:** Plano Estadual de Recursos Hídricos. Ecoplan, 2006. Projeto de Balneabilidade (obtido na página da FEPAM na Internet - [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br) -; acesso em novembro de 2006. 1ª Etapa do Plano de Bacia do Rio Tramandaí. Profill, 2005.

A situação atual de conflito, pelo uso da água, é apresentada na Tabela a seguir, para cada bacia hidrográfica, e foram obtidas a partir do Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul (DRH/SEMA, 2002) e atualizadas com base nas informações atuais levantadas no Plano Estadual de Recursos Hídricos.

**Tabela 5.1-21 Situações Atuais de Conflito pelo Uso da Água e Problemas Ambientais nas Bacias Hidrográficas da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas**

BACIA HIDROGRÁFICA	SITUAÇÕES ATUAIS DE CONFLITO
Tramandaí	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lançamentos de esgotos domésticos na planície I acustre-lagunar, causando contaminação das águas com coliformes fecais e totais, e o comprometimento da balneabilidade.</li> <li>▪ Concentração de demandas de água nos meses de verão, pela associação do grande afluxo de veranistas com a irrigação de arroz.</li> <li>▪ Exploração agrícola intensa, com desmatamento, nas encostas declivosas, o que acentua os processos erosivos.</li> <li>▪ Pesca, no complexo lagunar, que sofre o efeito dos conflitos de uso entre irrigação e abastecimento.</li> <li>▪ Uso de água subterrânea de má qualidade para consumo domiciliar através de poços tubulares rasos (ponteiras).</li> </ul>
Litoral Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grandes utilizações de água para irrigação de arroz.</li> <li>▪ Conflitos com irrigantes no entorno do Parque Nacional da Lagoa do Peixe.</li> <li>▪ Problemas de restrição de uso pela salinização eventual na Laguna dos Patos.</li> <li>▪ Uso de água subterrânea de má qualidade para consumo domiciliar através de poços tubulares rasos (ponteiras)</li> </ul>
Camaquã	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Problemas de assoreamento, desmatamento e contaminação das águas por atividades minerárias inadequadamente desenvolvidas.</li> <li>▪ Elevadas demandas de água no verão para irrigação das lavouras de arroz na porção baixa da bacia.</li> </ul>
Mirim-São Gonçalo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demanda hídrica, principalmente para a irrigação de arroz, supera as disponibilidades mínimas anuais e de verão. Nessas situações é utilizado o volume hídrico armazenado na Lagoa Mirim.</li> <li>▪ Orizicultura em banhados e várzeas, causando a drenagem dessas áreas, a alteração e assoreamento de cursos de água, a redução da mata-ciliar e a contaminação por agroquímicos.</li> <li>▪ Lançamentos de esgotos de origem urbana, na região de Pelotas e Rio Grande, causando: a contaminação das águas com coliformes fecais e totais e poluição por efluentes industriais.</li> <li>▪ Transporte de cargas tóxicas na região de Candiota, Pinheiro Machado e Pelotas, que apresenta riscos de poluição acidental.</li> <li>▪ Mineração na região carbonífera e de exploração de calcário e mármore (Candiota, Hulha Negra, Pinheiro Machado e Pelotas), causando contaminação dos recursos hídricos e do solo, modificação da morfologia do relevo local, desmatamentos, erosão e assoreamento dos rios.</li> </ul>
Mampituba	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Insuficiência hídrica nos períodos de menor disponibilidade, face às elevadas demandas hídricas para a irrigação de arroz.</li> </ul>

BACIA HIDROGRÁFICA	SITUAÇÕES ATUAIS DE CONFLITO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lançamentos de esgotos domésticos, no baixo vale do rio Mampituba, causando a contaminação das águas com coliformes fecais e totais, e o comprometimento da balneabilidade.</li> <li>▪ Orizicultura, no curso médio do rio Mampituba, causando: a drenagem de banhados, a redução da mata-ciliar e os riscos de contaminação por agroquímicos.</li> <li>▪ Bananicultura, nas encostas da Serra Geral, causando contaminação por agroquímicos e redução da biodiversidade.</li> </ul>

**Fonte:** Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul. SRH/SEMA, 2002. Plano Estadual de Recursos Hídricos. 2006.

### 5.1.6.5 Cursos D'Água Interceptados Pela Rodovia

A BR-116/RS é uma rodovia federal, radial (possui uma direção predominantemente Norte-Sul). Segundo a classificação do DNER, é uma rodovia Classe I, com uma circulação diária de 1.000 a 2.000 veículos.

As obras de duplicação serão feitas por uma extensão de 219,42 km, entre o entroncamento da BR-290 (para Arroio dos Ratos) até o acesso a Pelotas, pelo lado leste, com 60 m de faixa de domínio.

Em sua extensão, 21 cursos d'água são interceptados, segundo descritos na tabela a seguir:

**Tabela 5.1-22 Cursos D'Água Interceptados pela BR-116/RS**

	Corpo D'Água	Coordenada E	Coordenada N
01	Arroio do Conde	467.385	6.674.556
02	Canal Celupa	466.916	6.669.439
03	Arroio Passo Fundo	465.104	6.665.209
04	Arroio Passo Grande	460.792	6.651.386
05	Arroio Ribeirinho	458.774	6.541.992
06	Arroio Passo da Estância	458.736	6.641.555
07	Arroio Ribeiro	458.568	6.639.352
08	Arroio Araçá	451.182	6.621.167
09	Arroio Teixeira	447.743	6.612.095
10	Arroio Velhaco	439.319	6.598.022
11	Arroio Alcides Dias	423.199	6.584.675
12	Arroio Duro	422.873	6.584.433
13	Rio Camaquã	399.574	6.563.879
14	Arroio Santa Isabel	396.476	6.553.666

	Corpo D'Água	Coordenada E	Coordenada N
15	Arroio do Pinto	398.910	6.531.451
16	Arroio ViúvaTereza	397.812	6.530.377
17	Arroio Passo das Pedras	392.449	6.527.296
18	Arroio Grande	388.892	6.524.115
19	Arroio Corrientes	384.813	6.516.610
20	Arroio Contagem	380.213	6.506.389
21	Arroio Pelotas	374.387	6.499.823

Ao longo de toda a rodovia são observados vários banhados, de diferentes formas e tamanhos, nos dois lados da área de influência da rodovia. Entende-se como “banhado” (expressão regional) as extensões de terras baixas inundadas pelos rios; terrenos encharcados de água parada.

Os pontos mais críticos foram marcados e sugere-se que nestes trechos, onde se apresentam grandes banhados, a duplicação da rodovia seja feita pelo lado oeste.

**Tabela 5.1-23 Pontos com Indicação da Duplicação da BR-116/RS pelo Lado Oeste- Áreas Alagadas**

Pontos	Coordenada E	Coordenada N
01	460.991	6.656.121
02	459.484	6.644.915
03	447.954	6.612.757



**Figura 5.1-38 Visualização do Ponto 1 – Área Alagada**



**Figura 5.1-39 Visualização do Ponto 2 – Área Alagada**



**Figura 5.1-40 Visualização do Ponto 3 – Área Alagada**

Além disso, nas proximidades do município de Camaquã, existe um canal que corre paralelo à rodovia, pelo lado leste, em frente ao Posto de Controle e Fiscalização do MMA-AL / POCOF. Também neste ponto sugere-se que as obras sejam feitas pelo lado oposto, evitando maiores danos a este canal.

**Tabela 5.1-24 Ponto com Indicação da Duplicação da BR-116/RS pelo Lado Oeste- Canal**

Ponto	Coordenada E	Coordenada N
01	423.949	6.585.193



Figura 5.1-41 Canal

Outro ponto que se sugere a mudança de lado da duplicação é no Arroio Duro, nas proximidades do município de Camaquã, onde se encontram toda uma estrutura para o nivelamento do rio, com comportas, casas de máquinas, bomba d'água, transformadores, entre outros.

Tabela 5.1-25 Ponto com Indicação da Duplicação da BR-116/RS pelo Lado Oeste- Arroio Duro

Ponto	Coordenada E	Coordenada N
01	422.873	6.584.433



Figura 5.1-42 Comportas do Arroio Duro

### 5.1.6.6 . Qualidade da Água

#### - Qualidade das Águas da All

Os critérios para a definição dos pontos de amostragem foram determinados pela equipe, em função do Termo de Referência e para o atendimento das questões ambientais envolvidas dentro do processo de duplicação da Rodovia Federal BR-116/RS. Neste último caso, o órgão licenciador necessita de um diagnóstico das condições das

drenagens dentro da área de influência indireta para se poder traçar um plano de monitoramento durante as etapas posteriores do processo de licenciamento.

Mais precisamente, o diagnóstico, além de demonstrar a situação da qualidade da água da área de influência indireta ao empreendimento, orienta as campanhas de amostragem e análise de água que serão necessárias durante a execução de programas vinculados ao monitoramento da qualidade da água durante a fase de construção.

Os critérios para a escolha dos pontos tiveram dois objetivos: a determinação da qualidade da água na área de influência e a determinação da qualidade da água nas proximidades do local onde será feita a duplicação.

É importante mencionar que este trabalho auxilia o programa de monitoramento da qualidade da água, mas não substitui qualquer campanha a ser realizada na implantação do programa, uma vez que houve apenas uma coleta em pontos pré-determinados para fins de diagnóstico ambiental. Não houve desta forma, uma sistemática de coleta levando-se em consideração a época do ano. O que vai interferir na vazão das drenagens e conseqüentemente em alguns parâmetros químicos, físicos, físico-químicos e bacteriológicos das amostras coletadas.

Os critérios para a definição dos pontos dentro do objetivo de determinar a qualidade da água na área de influência indireta foram:

- Drenagens próximas a centros urbanos ou à vilas, e que servem como fonte de captação de água para as comunidades;
- Drenagens próximas a centros urbanos ou à vilas e que servem como locais de diluição de efluentes;
- Drenagens que passam por comunidades rurais, uma vez que a atividade agrícola na região é intensa.

Para fins de diagnóstico nas proximidades do empreendimento, foram determinados alguns pontos de coleta nos locais onde as drenagens cruzam a rodovia.

Para este trabalho foram realizadas 30 coletas ao longo da Área de Influência Indireta, sendo que destas, 25 foram coletas em corpos superficiais e 5 de poços tubulares profundos.

Os pontos de amostragem estão descritos na tabela abaixo:

**Tabela 5.1-26 Corpos Hídricos Monitorados**

Ponto	Corpo D'Água	Sub-Bacia Hidrográfica	Tipo	Coordenada E	Coordenada N
Ponto 1	Arroio do Conde	Guaíba	Superficial	459.844	6.657.972
Ponto 2	Arroio Passo Fundo	Jacuí	Superficial	446.267	6.646.031
Ponto 3	Arroio Passo Fundo	Jacuí	Superficial	459.314	6.649.382
Ponto 4	Curso d'água em Barra do Ribeiro	Guaíba	Superficial	471.155	6.647.111
Ponto 5	Arroio do Ribeiro	Guaíba	Superficial	435.824	6.619.070
Ponto 6	Arroio Teixeira	Camaquã	Superficial	428.549	6.599.321
Ponto 7	Arroio Velhaco	Camaquã	Superficial	435.932	6.596.443
Ponto 8	Arroio Petim	Guaíba	Superficial	460.872	6.647.171
Ponto 9	Barragem do Arroio Duro	Camaquã	Superficial	404.552	6.585.372
Ponto 10	Canal do Arroio Duro	Camaquã	Superficial	411.173	6.574.961
Ponto 11	Rio Camaquã	Camaquã	Superficial	397.155	6.551.157
Ponto 12	Arroio Evaristo	Piratini/São Gonçalo	Superficial	383.556	6.538.237
Ponto 13	Arroio Santa Isabel	Piratini/São Gonçalo	Superficial	389.664	6.538.364
Ponto 14	Rio Camaquã (na Pacheca)	Camaquã	Superficial	318.466	6.537.991
Ponto 15	Arroio Caraá	Piratini/São Gonçalo	Superficial	391.209	6.524.493
Ponto 16	Arroio Viúva Teixeira	Piratini/São Gonçalo	Superficial	385.210	6.517.654
Ponto 17	Arroio Grande/Turuçú	Piratini/São Gonçalo	Superficial	386.027	6.503.375
Ponto 18	Arroio Correntes	Piratini/São Gonçalo	Superficial	365.521	6.493.120

Ponto	Corpo D'Água	Sub-Bacia Hidrográfica	Tipo	Coordenada E	Coordenada N
Ponto 19	Arroio Grande ou Turuçú	Piratini/São Gonçalo	Superficial	386.780	6.514.038
Ponto 20	Arroio Contagem	Piratini/São Gonçalo	Superficial	360.498	6.496.534
Ponto 21	Arroio Contagem	Piratini/São Gonçalo	Superficial	361.090	6.505.473
Ponto 22	Arroio Pelotas	Piratini/São Gonçalo	Superficial	360.278	6.479.745
Ponto 23	Represa Santa Bárbara	Piratini/São Gonçalo	Superficial	367.075	6.466.623
Ponto 24	Arroio Pelotas	Piratini/São Gonçalo	Superficial	355.302	6.459.626
Ponto 25	Arroio Sanga Funda	Piratini/São Gonçalo	Superficial	360.183	6.484.764
Ponto 26	Poço Artesiano	Litoral Médio	Poço	370.337	6.482.926
Ponto 27	Poço Artesiano	Piratini/São Gonçalo	Poço	360.280	6.479.591
Ponto 28	Poço Artesiano	Piratini/São Gonçalo	Poço	403.545	6.538.532
Ponto 29	Poço Artesiano	Piratini/São Gonçalo	Poço	383.608	6.538.299
Ponto 30	Poço Artesiano	Guaíba	Poço	446.378	6.618.111

### **5.1.6.7 Enquadramento dos Corpos Hídricos em Classes de Uso**

A questão da qualidade das águas ganhou destaque com a sanção da Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, tendo como um dos fundamentos gerir tais recursos, proporcionando uso múltiplo, em consonância com objetivos que assegurem “à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Esse ponto demonstra a preocupação com a integração da gestão quanto aos aspectos de qualidade e quantidade, destacando-se, também, o ponto em que uma das ações principais é a “*integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental*”.

No Brasil, a classificação das águas foi definida pela Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986, e pela Resolução nº 357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. A Resolução estabelece uma classificação para as águas, em função dos seus usos. Os mananciais são enquadrados em classes, definindo-se, para cada uma, os usos a que se destina e os requisitos a serem observados.

A Resolução estabeleceu 9 classes, sendo 5 de águas doces (com salinidade igual ou inferior a 0,5%), 2 de águas salobras (salinidade entre 0,5 e 30%), e 2 de águas salinas (salinidade igual ou superior a 30%). As classes Especial e de 1 a 4 referem-se às águas doces; as classes 5 e 6, às águas salinas; e as classes 7 e 8, às águas salobras. As coleções de águas estaduais são classificadas, segundo seus usos preponderantes, em cinco classes (Deliberação Normativa COPAM 10/86), como mostra a Tabela a seguir:

**Tabela 5.1-27 Usos Preponderantes das Águas Segundo Critérios da Resolução CONAMA nº 20 e nº 357.**

Uso Preponderante da Água	Classificação				
	Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção	X				
Abastecimento doméstico, após tratamento simplificado		X			
Abastecimento doméstico, após tratamento convencional			X	X	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	X				
Proteção das comunidades aquáticas		X	X		
Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)		X	X		
Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película		X			
Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas			X		
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras				X	
Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana		X	X		
Dessedentação de animais				X	
Navegação					X
Harmonia paisagística					X
Usos menos exigentes					X

Fonte: Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986.

O enquadramento dos corpos d'água em classes pede um conhecimento da qualidade das águas e das influências ambientais e antrópicas capazes de alterá-la. Assim é possível a utilização das normas de qualidade das águas, garantindo os padrões para os usos múltiplos desejados pela comunidade, preservando os aspectos qualitativos para a vida aquática e demais usos. Para avaliar se um determinado corpo d'água apresenta condições satisfatórias para assegurar os seus usos potenciais, é necessário avaliar a sua qualidade através da sua caracterização físico-química e bacteriológica.

O levantamento da qualidade de qualquer sistema ambiental depende fundamentalmente da escolha dos parâmetros representativos de seu "status" por ocasião do momento da amostragem. Os parâmetros e respectivos padrões de qualidade da água são determinados em função dos seus usos preponderantes atuais e futuros. Para garantir o atendimento das necessidades, a vontade futura dos usuários da água e, a proteção da vida aquática, os limites fixados devem ser respeitados para que não venham prejudicar os usos prioritários. Os padrões são utilizados, principalmente, para a proteção da qualidade da água, de forma a assegurar os usos previstos.

A ABNT (NBR 9896/87) recomenda que os padrões de qualidade sejam constituídos por um conjunto de parâmetros e respectivos limites, e sejam estabelecidos com base em critérios científicos que avaliam o risco para um dado indivíduo e o dano causado pela exposição a uma dose conhecida de um determinado poluente. Um critério científico significa uma quantidade limite fixada para um determinado parâmetro que, estando dentro dos limites máximos (ou mínimos, conforme a natureza do constituinte), protegerá os usos desejados para um determinado corpo d'água, dentro de um grau de segurança.

O padrão de potabilidade para as águas destinadas ao abastecimento humano é estabelecido segundo a definição da Organização Mundial da Saúde - OMS, que define como água potável àquela que apresenta aspecto límpido e transparente; não apresenta cheiro ou gosto objetáveis; não contém nenhum tipo de microrganismo que possa causar doença; e não contém nenhuma substância em concentrações que possam causar qualquer tipo de prejuízo à saúde. No Brasil, os Padrões de Potabilidade são definidos pelo Ministério da Saúde, através da atual Portaria no 518 de 26/03/2004. Esses padrões, de um modo geral, são valores máximos permitidos (VMP) de concentração para uma série de substâncias e componentes presentes na água.

Deve-se observar que as características climáticas da região e o regime do corpo d'água são características importantes a serem observadas quando se trata de mensurar sua qualidade: quanto menor a vazão dos rios, menor a capacidade de diluição de poluentes, e quanto menos cobertura vegetal em suas margens, maior o risco de carreamento de sólidos para o corpo hídrico e conseqüente aumento do assoreamento dos rios. O agravante dessa situação é que, muitas vezes a água poluída ou salinizada é utilizada pela população para atendimento das suas necessidades básicas. O uso desse recurso hídrico de qualidade precária implica em uma crescente e séria ameaça à saúde e ao bem-estar de populações das cidades circunvizinhas às barragens, açudes e rios.

#### **5.1.6.8 Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais**

O monitoramento de um recurso hídrico tem como objetivos gerais o acompanhamento das alterações de sua qualidade, a elaboração de previsões de comportamento, o desenvolvimento de instrumentos de gestão e fornecer subsídios para ações saneadoras.

A FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul realiza o monitoramento da qualidade das águas através de coletas e análises da água, com freqüências mensais ou trimestrais, nos principais corpos d'água do Estado (rios, lagos e lagoas). As coletas e análises são realizadas pelo Departamento de Laboratório da FEPAM, e os dados são armazenados e interpretados pelo Departamento de Qualidade da FEPAM. ([www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br)).

No monitoramento realizado pela Instituição, são analisados 27 parâmetros de qualidade da água: Oxigênio Dissolvido, pH, Coliformes Fecais, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio orgânico, Fosfato Total, Fosfato orto, Turbidez, Sólidos Totais, Condutividade, Índice de fenóis, Surfactantes, Cádmiio, Chumbo, Cobre, Cromo Total, Mercúrio, Níquel, Zinco, Alumínio, Ferro, Manganês Temperatura da Água, Transparência, Profundidade. A seguir, o esclarecimento dos principais parâmetros utilizados e suas funções:

- **Parâmetros Físicos:**

- **Temperatura:** medida da intensidade de calor; é um parâmetro importante, pois, influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido), com reflexos sobre a vida aquática. A temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas).

- **Sabor e Odor:** resultam de causas naturais (algas; vegetação em decomposição; bactérias; fungos; compostos orgânicos, tais como gás sulfídrico, sulfatos e doretos) e artificiais (esgotos domésticos e industriais). Padrão de potabilidade: água completamente inodora.
- **Cor:** resulta da existência, na água, de substâncias em solução; pode ser causada pelo ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água (principalmente vegetais), pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos. Padrão de potabilidade: intensidade de cor inferior a 5 unidades.
- **Turbidez:** presença de matéria em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas. O padrão de potabilidade: turbidez inferior a 1 unidade.
- **Sólidos em Suspensão:** resíduo que permanece num filtro de asbesto após filtração da amostra. Podem ser divididos em:
  - Sólidos sedimentáveis: sedimentam após um período t de repouso da amostra;
  - Sólidos não sedimentáveis: somente podem ser removidos por processos de coagulação, floculação e decantação.
- **Sólidos Dissolvidos:** material que passa através do filtro. Representa a matéria em solução ou em estado coloidal presente na amostra de efluente.
- **Condutividade Elétrica:** capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água.
- **Parâmetros Químicos:**
  - **pH (Potencial Hidrogeniônico):** Representa o equilíbrio entre íons H<sup>+</sup> e íons OH<sup>-</sup>; varia de 7 a 14; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7). O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva; águas com pH elevado tendem a

formar incrustações nas tubulações. A vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9.

- **Alcalinidade:** Causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio; mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos; em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água. Tem influência nos processos de tratamento da água.
- **Dureza:** Resulta da presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade, em teores elevados. Causa sabor desagradável e efeitos laxativos; reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo; provoca incrustações nas tubulações e caldeiras. Classificação das águas, em termos de dureza (em  $\text{CaCO}_3$ ):
  - Menor que 50 mg/1  $\text{CaCO}_3$  - água mole;
  - Entre 50 e 150 mg/1  $\text{CaCO}_3$  - água com dureza moderada;
  - Entre 150 e 300 mg/1  $\text{CaCO}_3$  - água dura;
  - Maior que 300 mg/1  $\text{CaCO}_3$  - água muito dura;
- **Cloretos:** Os cloretos geralmente provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar. Podem advir também dos esgotos domésticos ou industriais. Em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas.
- **Ferro e Manganês:** Podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais. Causam coloração avermelhada à água. Conferem sabor metálico à água. As águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores e coloração à água e obstruem as canalizações.
- **Nitrogênio:** O nitrogênio pode estar presente na água sob várias formas: molecular, amônia, nitrito, nitrato. É um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenômeno chamado de eutrofização. São causas do aumento do nitrogênio na água: esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, excrementos de animais.

- **Fósforo:** encontram-se na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico; é essencial para o crescimento de algas, mas, em excesso, causa a eutrofização. Suas principais fontes são: dissolução de compostos do solo; decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais; fertilizantes; detergentes; excrementos de animais.
- **Fluoretos:** Os fluoretos têm ação benéfica de prevenção da cárie dentária. Em concentrações mais elevadas, podem provocar alterações da estrutura óssea ou a fluorose dentária (manchas escuras nos dentes).
- **Oxigênio Dissolvido (OD):** É indispensável aos organismos aeróbios. A água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura. Águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica. A decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água. Dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios.
- **Matéria Orgânica:** A matéria orgânica da água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico. Em grandes quantidades, no entanto, podem causar alguns problemas, como: cor, odor, turbidez, consumo do oxigênio dissolvido pelos organismos decompositores.
- **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)** é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20 °C.
- **Demanda Química de Oxigênio (DQO):** é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de um agente químico. A

DQO também é determinada em laboratório, em prazo muito menor do que o teste da DBO. Para o mesmo líquido, a DQO é sempre maior que a DBO.

- **Componentes Inorgânicos:** alguns componentes inorgânicos da água, entre eles os metais pesados, são tóxicos ao homem: arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, prata, cobre e zinco. Além dos metais, pode-se citar os cianetos. Esses componentes, geralmente, são incorporados à água através de despejos industriais ou a partir das atividades agrícolas, de garimpo e de mineração.
  - **Componentes orgânicos:** alguns componentes orgânicos da água são resistentes à degradação biológica, acumulando-se na cadeia alimentar. Entre esses, citam-se os agrotóxicos, alguns tipos de detergentes e outros produtos químicos, os quais são tóxicos.
- **Parâmetros Biológicos:**
- **Coliformes:** São indicadores de presença de microrganismos patogênicos na água. Os coliformes fecais existem em grande quantidade nas fezes humanas e, quando encontrados na água, significa que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter microrganismos causadores de doenças.
  - **Algas:** As algas desempenham um importante papel no ambiente aquático, sendo responsáveis pela produção de grande parte do oxigênio dissolvido do meio. Em grandes quantidades, como resultado do excesso de nutrientes (eutrofização), trazem alguns inconvenientes: sabor e odor; toxidez, turbidez e cor; formação de massas de matéria orgânica que, ao serem decompostas, provocam a redução do oxigênio dissolvido; corrosão; interferência nos processos de tratamento da água; aspecto estético desagradável.

Na tabela a seguir, os principais parâmetros de qualidade da água são apresentados, segundo os níveis máximos aceitáveis pela legislação brasileira e recomendados pela OMS - Organização Mundial de Saúde:

Tabela 5.1-28 Parâmetros de qualidade da água

PARÂMETROS		BRASIL		ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE
Parâmetro	Unidade	Decreto Federal nº79,637/77 Portaria nº56/Bsb	Decreto Federal nº79,637/77 Portaria nº36/GM(01)	Recomendado
<b>Físicos e Organizações</b>				
Cor	Pt/L	20	5(05)	15
Turbidez	UNT	5	1	5
pH	-	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Condutividade	µ Scm à 25°	-	-	-
Aspecto	-	-	-	-
Cor	PT/L	20	5(05)	15
Temperatura	°C	-	-	-
Odor	-	N.O.	N.O.	Inofensivo
<b>Químicos</b>				
<b>Componentes Inorgânicos</b>				
Cloro Residual	mg/L Cl <sub>2</sub>	-	0,2(07)	0,2 - 0,5
Mercúrio	mg/L Hg	0,002	0,001	0,001
Nitratos	mg/L N	10	10	10
Nitrito	mg/L N	-	-	-
Níquel	mg/L Ni	-	-	-
Oxigênio Consumido	mg/L O <sub>2</sub>	-	-	-
Potássio	mg/L K	-	-	-
<b>Componentes Orgânicos</b>				
Benzeno	µg/L	-	10	10
Benzo-a-pireno	µg/L	-	0,01	0,01
<b>Afetam a Qualidade Organoléptica</b>				
Alumínio	mg/L Al	0,1	0,2(10)	0,2
Cloreto	mg/L Cl	600	250	250
Ferro Total	mg/L Fe	1,0	0,3	0,3
Sódio	mg/L Na	-	-	200
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	1000	1000	1000
Sólidos Totais	mg/L	1500	-	-
<b>Microbiológicos</b>				
Coliformes Fecais	nº/100 mL	-	0	0

### 5.1.6.9 Parâmetros Utilizados para o Relatório

Os pontos de amostragem foram pré-selecionados nas atividades de pré-campo e marcados manualmente nas cartas topográficas para servir como ponto de referência para a coleta das amostras.

As coletas foram georreferenciadas com o auxílio de um GPS, utilizando-se Coordenadas Geográficas, conforme pode ser visto nas descrições de cada ponto.

As coletas foram georreferenciadas pela equipe responsável do laboratório contratado, com o auxílio de um GPS, utilizando-se o sistema UTM, conforme pode ser visto nas descrições de cada ponto, em Anexo.

As coletas foram realizadas manualmente e consistiram na imersão de um frasco no corpo de água. Em seguida, inclinando-o com a boca posicionada na direção da corrente, enchê-lo. Foram utilizados frascos inertes de polietileno ou vidro. Para a preservação das amostras adotou-se a técnica de refrigeração, sem congelamento, que minimiza o potencial de volatilização de gases dissolvidos e reduz atividades microbiológicas.

As metodologias de coleta e preservação das amostras foram baseadas no roteiro do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21ª edição, que contém informações sobre a forma adequada do acondicionamento das amostras, armazenamento e tempo máximo permitido entre a coleta e a análise, de maneira a não comprometer a integridade da amostra e conseqüentemente os resultados das análises.

Foram efetuados análises Físico-Químicas e Microbiológicas e a tabela abaixo sumariza os parâmetros e seu respectivo método de análise das amostras:

**Tabela 5.1-29 Parâmetros e respectivos métodos de análise das amostras**

Parâmetro	Método
Alumínio	Absorção Atômica
Benzeno	Cromatografia Gasosa
Benzo(a)pireno	USEPA SW 846 - 8270C
Cloretos	Titulométrico
Clorofila a	Espectro UV-VIS
Coliformes Fecais ( <i>E. coli</i> )	Tubos Múltiplos*
Condutividade	Eletrométrico
Cor Aparente	Colorimétrico
DBO <sub>5</sub>	Titulométrico

Parâmetro	Método
Ferro Total	Absorção Atômica
Fósforo Total	Espectro UV-VIS
Nitratos	Espectro UV-VIS
Nitritos	Espectro UV-VIS
Nitrogênio Amoniacal	Nessler
Nitrogênio Total	Kjeldahl
Óleos e Graxas	Gravimétrico - Soxleht
Ortofosfatos	Espectro UV-VIS
Oxigênio Dissolvido	Titulométrico
pH	Potenciométrico/ATC
Sólidos Suspensos	Gravimétrico
Sólidos Totais	Gravimétrico
Sólidos Totais Dissolvidos	Gravimétrico
Turbidez	Nefelométrico

Em anexo encontram-se os originais dos resultados encaminhados pela equipe de laboratório, bem como a metodologia utilizada para as análises químicas.

#### 5.1.6.10 Resultados

Para uma interpretação da qualidade das águas superficiais e/ou para estabelecer um sistema de monitoramento, é necessário a utilização de métodos simples e que dêem informações objetivas e interpretáveis, partindo para critérios próprios que considerem as características peculiares dos recursos hídricos. Dessa forma, o uso de índices de qualidade de água é uma tentativa de avaliar e acompanhar, através de informações coletadas, a possível situação e deterioração dos recursos hídricos ao longo de uma bacia hidrográfica.

Para este relatório foram usados os parâmetros abaixo, conforme tabela:

**Tabela 5.1-30 Parâmetros constantes do IQA**

Parâmetro	Peso ponderal ( $w_i$ )
Oxigênio Dissolvido (% OD)	0,17
Coliformes fecais (NMP/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> )	0,10
Fosfatos (mg/L PO <sub>4</sub> )	0,10

Parâmetro	Peso ponderal (w <sub>i</sub> )
Varição na Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (NTU)	0,08
Sólidos Totais (mg/L)	0,08

O IQA foi calculado conforme a fórmula:

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de qualidade da água, um número de 0 a 100;

w<sub>i</sub> = peso relativo do iésimo parâmetro

q<sub>i</sub> = qualidade relativa do iésimo parâmetro

i = número de ordem do parâmetro (1 a 9)

Os valores do índice variam de 0 a 100, e seu resultado está estabelecido na tabela a seguir:

**Tabela 5.1-31 Nível de Qualidade**

Nível de Qualidade	Resultado (IQA)
Excelente	90 – 100
Bom	70 – 90
Médio	50 – 70
Ruim	25 – 50
Muito Ruim	0 - 25

#### **5.1.6.11 Análise dos Resultados**

Abaixo serão descritos os comentários sobre cada ponto de amostragem de água, levando-se em consideração os valores de referência ditados pela legislação brasileira conjuntamente com os valores do IQA calculados a partir das análises de cada coleta. A análise foi realizada por Sub-Bacia Hidrográfica que possui ponto de coleta.

**Tabela 5.1-32 Resultado das Amostras**

Amostra	IQA	Nível de Qualidade
1	32	Ruim
2	58	Médio
3	22	Muito Ruim
4	60	Médio
5	53	Médio
6	51	Médio

Amostra	IQA	Nível de Qualidade
7	60	Médio
8	55	Médio
9	86	Bom
10	66	Médio
11	75	Bom
12	72	Bom
13	72	Bom
14	78	Bom
15	60	Médio
16	67	Médio
17	79	Bom
18	71	Bom
19	69	Médio
20	69	Médio
21	67	Médio
22	70	Médio
23	62	Médio
24	69	Médio
25	44	Ruim
26	71	Bom
27	88	Bom
28	86	Bom
29	79	Bom
30	86	Bom

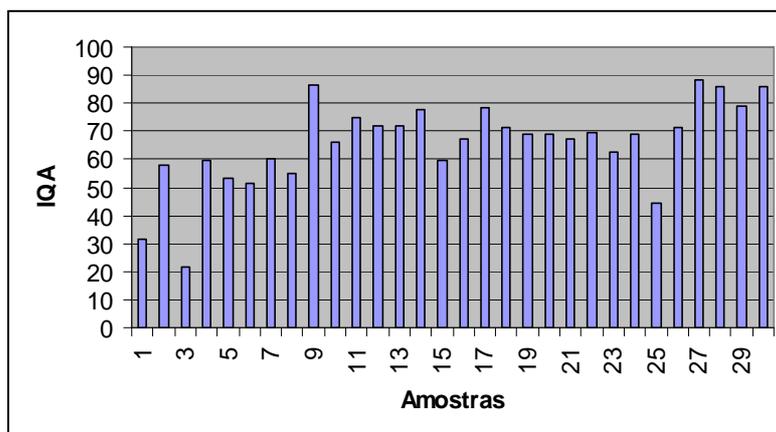


Figura 5.1-43 Resultado das amostras

---

– **SUB-BACIA HIDROGRÁFICA: GUAIBA**

A Região Hidrográfica do Guaíba enfrenta problemas ambientais principalmente devido à alta concentração populacional dos municípios envolvidos na bacia e à alta concentração industrial. Problemas como a destinação correta de efluentes líquidos e resíduos sólidos, poluição do ar por fontes industriais e veiculares. Na área rural, os problemas estão relacionados com o assoreamento dos cursos d'água, erosão do solo e contaminação por agrotóxicos.

Os corpos d'água desta Bacia são utilizados principalmente para a navegação, mineração, turismo e lazer, pesca, preservação ambiental e geração de energia. Todos os fatores acima relacionados vão influenciar diretamente na qualidade da água dos cursos d'água desta região e nas análises pontuais realizadas nesses cursos, conforme descrito abaixo:

- Amostra 1:

A Amostra 1 foi coletada no Arroio do Conde, em ponto cortado pela BR-116/RS. Comparando-se os valores gerados pela análise físico-químicas e microbiológicas realizados pelo laboratório e comparando-as com os valores de referência ditados pela legislação brasileira, temos os valores de Alumínio (1,584 mg/L), Coliformes Fecais (3,1 x 10<sup>3</sup> NMP/100 mL), Nitritos (0,24 mg/L) e Óleos e Graxas (7,0 mg/L) acima do recomendável. Além disso, parâmetros físicos como Cor (> 200), Condutividade (51,9 µS/cm) e Turbidez (641,0) estão acima do limite permissível.

O IQA calculado para esta amostra foi de 32, sendo considerado RUIM. Segundo os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 20/86, este corpo hídrico está inserido na Classe 4, de águas doces, principalmente no que consiste aos valores de Turbidez e pela presença de Óleos e Graxas. Nesta Classe as águas devem ser destinadas à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.



Foto 5.1-48 Coleta da Amostra 1, no Arroio do Conde.

- Amostra 4:

A Amostra 4 foi coletada no município de Barra do Ribeiro.

Os valores alterados na análise dessa amostra são os Coliformes Fecais ( $7,0 \times 10^2$  NMP/100 mL), Ferro (1,48 mg/L), Nitrito (0,02 mg/L), Óleos e Graxas (1,0 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor ( $> 200$ ), Condutividade (47,3  $\mu\text{S/cm}$ ) e Turbidez (90,4).

O IQA calculado para esta amostra foi de 60, considerado MÉDIO. Pelos parâmetros estabelecidos na Resolução supracitada, este corpo hídrico está inserido também na Classe 4, de águas doces, devendo ser destinadas à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.

- Amostra 5:

A amostra 5 foi coletada no município de Barra do Ribeiro, no Arroio Ribeiro, cortado pela BR-116/RS.

Os valores alterados são: Coliformes Fecais ( $1,4 \times 10^2$  NMP/100 mL) e Óleos e Graxas (4,0 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são: Turbidez (105,0), Cor ( $> 200$ ), Condutividade (52,3  $\mu\text{S/cm}$ ).

O IQA calculado foi de 53, considerado MÉDIO. Este corpo d'água está inserido na Classe 4, principalmente devido a presença de óleos e graxas e Turbidez.



Foto 5.1-49 Local de coleta da Amostra 5, no Arroio Ribeiro

- Amostra 8:

A Amostra foi coletada no município de Guaíba, no Arroio Petim, cortado na BR-116./RS. Os valores alterados são: Alumínio (0,561 mg/L), Ferro (1,93 mg/L), Óleos e Graxas 16,0 mg/L, Coliformes Fecais (4,9 x 10<sup>2</sup> NMP/100 mL), Condutividade (45,5 µS/cm), Cor (> 200) e Turbidez (71,1). O IQA calculado foi de 55, considerado MÉDIO.

Por se tratar de água doce, e pelo resultado da sua análise, está inserida na Classe 4 e seu uso deve destinar-se à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.



Foto 5.1-50 Coleta da Amostra 8, no Arroio Petim

## – SUB-BACIA HIDROGRÁFICA: JACUÍ

Esta sub-bacia está localizada em uma área onde a agropecuária é intensa, principalmente o cultivo de arroz. A mineração do carvão, no Arroio do Conde, gera a contaminação das águas com metais pesados.

A atividade industrial também é significativa na região, com a presença do Pólo Petroquímica de Triunfo, com destaque para as indústrias de plástico, química, metalurgia, siderurgia, borracha e produtos alimentares.

Os corpos d'água desta sub-bacia são utilizados principalmente para a navegação, mineração, turismo e lazer, pesca, preservação ambiental e geração de energia. Todos esses fatores irão influenciar diretamente na qualidade da água dos cursos d'água da região e nas análises pontuais realizadas nesses cursos, conforme descrito abaixo:

- Amostra 2:

A amostra foi coletada no município de Guaíba, no Arroio Passo Fundo. O IQA calculado foi 58, considerado MÉDIO.

Os valores alterados na análise dessa amostra são os Coliformes Fecais (4,9 x 10<sup>2</sup> NMP/100 mL), Ferro (1,1,13 mg/L), Nitrito (0,02 mg/L), Óleos e Graxas (2,0 mg/L) e Sólidos Totais (180,0 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (150), Condutividade (40,3 µS/cm) e Turbidez (65,5).

Por se tratar de água doce, e pelo resultado da sua análise, está inserida na Classe 4 e seu uso deve destinar-se à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.



Foto 5.1-51 Coleta da Amostra 2, no Arroio Passo Fundo

- Amostra 3:

A amostra foi coletada no município de Guaíba, no Arroio Passo Fundo.

Os valores alterados na análise dessa amostra são os Coliformes Fecais ( $3,3 \times 10^2$  NMP/100 mL), Óleos e Graxas (3,0 mg/L), Ferro Total (3,18 mg/L) e Sólidos Totais (396,0 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (100), Condutividade (337,0  $\mu$ S/cm) e Turbidez (27,3). O IQA calculado foi 22, considerado MUITO RUIM.

Por se tratar de água doce, e pelo resultado da sua análise, está inserida na Classe 4 e seu uso deve destinar-se à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.

#### - **SUB-BACIA HIDROGRÁFICA: CAMAQUÃ**

A principal destinação das águas desta sub-bacia é a irrigação das plantações de arroz e ao abastecimento público. A água também é usada para mineração, turismo e lazer, pesca e preservação ambiental.

Os maiores problemas ambientais enfrentados dizem respeito ao assoreamento, desmatamento e contaminação por atividades minerárias inadequadamente desenvolvidas. Outro problema é a elevada demanda de água nos meses de verão para a irrigação.

- Amostra 6:

A amostra foi coletada no município de Sentinela do Sul, no Arroio Teixeira. O IQA calculado para a amostra foi de 51, considerado MÉDIO. Por se tratar de água doce, e pelo resultado da sua análise, está inserida na Classe 4 e seu uso deve destinar-se à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.

Os valores acima dos valores permissíveis na análise dessa amostra são Coliformes Fecais ( $7,0 \times 10^3$  NMP/100 mL), Ferro (1,71 mg/L), Nitrito (0,04 mg/L), Óleos e Graxas (2,0 mg/L), Sólidos Totais (108,0 mg/L) e Alumínio (1,297 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (100), Condutividade (52,3  $\mu$ S/cm) e Turbidez (29,7).



Foto 5.1-52 Local de coleta da amostra 6, Arroio Teixeira

- Amostra 7:

A amostra foi coletada no município de Tapes, no Arroio Velhaco, cortado pela BR-116/RS.

Os valores acima dos valores permissíveis na análise dessa amostra são Coliformes Fecais ( $3,3 \times 10^2$  NMP/100 mL), Ferro (1,05 mg/L), Nitrito (0,02 mg/L), Óleos e Graxas (2,0 mg/L), Sólidos Totais (172,0 mg/L) e Alumínio (0,309 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (150), Condutividade (52,4  $\mu$ S/cm) e Turbidez (50,1).

O IQA calculado para essa amostra foi de 60, considerado como MÉDIO. Por se tratar de água doce, e pelo resultado da sua análise, está inserida na Classe 4 e seu uso deve destinar-se à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.



Foto 5.1-53 Arroio Velhaco, local de coleta da Amostra 7

- Amostra 9:

A amostra foi coletada no município de Camaquã, na Barragem do Arroio Duro, que abastece vários municípios da região. O IQA calculado para esta amostra foi de 86, considerado como BOM.

Por se tratar de água doce, e destinada ao consumo humano, pode ser enquadrada nas Classes: 1, 2 ou 3. A destinação da água para estas classe é ao abastecimento doméstico, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação, a criação natural de espécies de peixes para alimentação humana, à irrigação de hortaliças, frutíferas, culturas arbóreas, entre outros.

Os valores que estão acima dos padrões aceitáveis, apesar de baixo, são: Coliformes Fecais ( $< 1,8 \times 10^2$  NMP/100 mL), Nitrito (0,02 mg/L). Dos parâmetros físicos alterados são Cor (30), Condutividade (64,2  $\mu$ S/cm) e Turbidez (10,37).

- Amostra 10

A amostra foi coletada no município de Camaquã, no Canal do Arroio Duro.

Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais ( $1,3 \times 10^3$  NMP/100 mL), Nitrito (0,05 mg/L), Óleos e Graxas (5,0 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (37), Condutividade ( 66,5  $\mu$ S/cm) e Turbidez (11,57).

O IQA calculado para essa amostra foi de 66, considerado como MÉDIO. Por se tratar de água doce, e pelo resultado da sua análise, está inserida na Classe 4 e seu uso deve destinar-se à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.

- Amostra 11:

A amostra foi coletada no município de Camaquã, no rio Camaquã. O IQA calculado para a amostra foi de 75, considerado como BOM.

Os valores acima dos permissíveis na análise dessa amostra são Coliformes Fecais ( $1,7 \times 10^1$  NMP/100 mL), Nitrito (0,03 mg/L), Óleos e Graxas (8,00 mg/L), Os parâmetros físicos alterados são Cor (30), Condutividade (70,2  $\mu$ S/cm) e Turbidez (9,65).

Por se tratar de água doce, e pelo resultado da sua análise, está inserida na Classe 4 e seu uso deve destinar-se à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.

- Amostra 14:

A amostra foi coletada no município de Camaquã, no rio Camaquã, na Pacheca. O IQA calculado para a amostra foi de 78, considerado como BOM.

Os valores acima dos permissíveis na análise dessa amostra são Coliformes Fecais (7,8 x 100 NMP/100 mL), Ferro (0,42 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (40), Condutividade (70,6 µS/cm) e Turbidez (15,37).

Por se tratar de água doce, e de acordo com a análise realizada, este corpo hídrico pode ser enquadrado nas Classes 1, 2 ou 3. A destinação da água para estas classe é ao abastecimento doméstico, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação, a criação natural de espécies de peixes para alimentação humana, à irrigação de hortaliças, frutíferas, culturas arbóreas, entre outros.

– **SUB-BACIA HIDROGRÁFICA: PIRATINI-SÃO GONÇALO**

A sub-bacia Piratini-São Gonçalo está inserida na Bacia do Litoral. Os principais impactos ambientais nessa bacia provêm da urbanização desordenada, lançamentos de efluentes líquidos nos corpos hídricos sem tratamento devido, agricultura (principalmente a de arroz, que demanda grande quantidade de água) intensiva, presença de indústrias químicas e petroquímicas e a mineração de carvão para fins energéticos.

Os principais usos da água nessa bacia são para a navegação, turismo, pesca e preservação ambiental.

- Amostra 12:

A amostra foi coletada no município de Camaquã, no arroio Evaristo, em ponto que a BR-116/RS intercepta o curso d'água.

Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais (2,3 x 10<sup>1</sup> NMP/100 mL), Óleos e Graxas (7,0 mg/L), Ferro Total (0,738 mg/L), Nitritos (0,02mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (60), Condutividade (91,8 µS/cm) e Turbidez (19,97).

O IQA calculado foi 72, considerado BOM. Por se tratar de água doce, e pelo resultado da sua análise, está inserida na Classe 4 e seu uso deve destinar-se à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.

- Amostra 13:

A amostra foi coletada no município de Camaquã, no Arroio Santa Isabel. O IQA calculado foi 72, considerado BOM.

Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais ( $1,3 \times 10^1$  NMP/100 mL), Ferro Total (0,958 mg/L), Nitritos (0,02 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (40), Condutividade (60,9  $\mu$ S/cm) e Turbidez (17,07).

Por se tratar de água doce, e pelo resultado da sua análise, o curso pode ser inserido nas Classes 2, 3 ou 4, ou seja, águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento, à recreação, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, à criação de peixes para consumo humano, à dessedentação de animais, à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.



Foto 5.1-54 Coleta da amostra 13, no Arroio Santa Isabel.

- Amostra 15:

A amostra foi coletada no município de São Lourenço, no Arroio Caraá. O IQA calculado foi 60, considerado MÉDIO.

Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais ( $4,9 \times 10^2$  NMP/100 mL), Óleos e Graxas (1,0 mg/L), Ferro Total (0,738 mg/L), Nitritos (0,67 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (45), Condutividade (218,0  $\mu$ S/cm) e Turbidez (22,27).

Por se tratar de água doce, e pelo resultado da sua análise, está inserida na Classe 4 e seu uso deve destinar-se à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.



Foto 5.1-55 Coleta da Amostra 15, no Arroio Caraá

- Amostra 16:

A amostra foi coletada no município de Boqueirão, no Arroio Viúva Tereza. Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais (4,9 x 10<sup>2</sup> NMP/100 mL), Ferro Total (1,28 mg/L), Nitritos (0,03 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (55), Condutividade (82,5 µS/cm) e Turbidez (34,57). O IQA calculado foi 67, considerado MÉDIO.

Por se tratar de água doce, e de acordo com a análise realizada, este corpo hídrico pode ser enquadrado nas Classes 1, 2 ou 3. A destinação da água para estas classe é ao abastecimento doméstico, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação, a criação natural de espécies de peixes para alimentação humana, à irrigação de hortaliças, frutíferas, culturas arbóreas, entre outros.



Foto 5.1-56 Arroio Viúva Tereza.

- Amostra 17:

A amostra foi coletada no município de Turuçu, no Arroio Grande/Turuçu. O IQA calculado foi de 79, considerado BOM.

Os valores que estão acima dos permissíveis, apesar de baixos, na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais ( $2,7 \times 10^1$  NMP/100 mL), Óleos e Graxas (2,0 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (25), Condutividade (91,5  $\mu$ S/cm) e Turbidez (7,53).

Por se tratar de água doce, e de acordo com a análise realizada, este corpo hídrico pode ser enquadrado na Classe 3. A destinação da água para esta classe é ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de culturas arbóreas e forrageiras e à dessedentação de animais.



**Foto 5.1-57 Coleta da Amostra 17, no Arroio Grande/Turuçu**

- Amostra 18:

A amostra foi coletada no município de Turuçu, no Arroio Correntes, em ponto que a BR-116/RS intercepta o curso d'água.

Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais ( $3,3 \times 10^2$  NMP/100 mL), Ferro Total (0,87 mg/L), Nitritos (0,03 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (30), Condutividade (89,1  $\mu$ S/cm) e Turbidez (14,47).

O IQA calculado foi 71, considerado BOM. Por se tratar de água doce, e de acordo com a análise realizada, este corpo hídrico pode ser enquadrado nas Classes 1, 2 ou 3. A destinação da água para estas classe é ao abastecimento doméstico, à proteção das

comunidades aquáticas, à recreação, a criação natural de espécies de peixes para alimentação humana, à irrigação de hortaliças, frutíferas, culturas arbóreas, entre outros.

- Amostra 19:

A amostra foi coletada no município de Lagoa Pequena, no Arroio Grande ou Turuçu.

Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais ( $3,3 \times 10^2$  NMP/100 mL), Ferro Total (0,579 mg/L), Óleos e raxas (2,0 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (30), Condutividade (86,2  $\mu$ S/cm) e Turbidez (14,07).

O IQA calculado para esta amostra foi de 69, considerado MÉDIO. Por se tratar de água doce, e de acordo com a análise realizada, este corpo hídrico pode ser enquadrado nas Classes 2 ou 3. A destinação da água para estas classes é ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à recreação, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, arbóreas e forrageiras, à criação de peixes para consumo humano e à dessedentação de animais.

- Amostra 20:

A amostra foi coletada no município de Pelotas, no Arroio Contagem, em ponto que a BR 116 intercepta o curso d'água. O IQA calculado para esta amostra foi de 69, considerado MÉDIO.

Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais ( $1,3 \times 10^2$  NMP/100 mL), Ferro Total (0,713 mg/L), Óleos e graxas (3,0 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (40), Condutividade (71,3  $\mu$ S/cm) e Turbidez (17,07).

Por se tratar de água doce, e de acordo com a análise realizada, este corpo hídrico pode ser enquadrado nas Classes 2 ou 3. A destinação da água para estas classes é ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à recreação, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, arbóreas e forrageiras, à criação de peixes para consumo humano e à dessedentação de animais.



Foto 5.1-58 Arroio Contagem

- Amostra 21:

A amostra foi coletada no município de Pelotas, no Arroio Contagem. O IQA calculado para esta amostra foi de 67, considerado MÉDIO.

Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais ( $4,9 \times 10^2$  NMP/100 mL), Ferro Total (1,20 mg/L), Óleos e graxas (4,0 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (20), Condutividade (115,8  $\mu$ S/cm) e Turbidez (6,32).

Por se tratar de água doce, e de acordo com a análise realizada, este corpo hídrico pode ser enquadrado nas Classes 2 ou 3. A destinação da água para estas classes é ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à recreação, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, arbóreas e forrageiras, à criação de peixes para consumo humano e à dessedentação de animais.

- Amostra 22:

A amostra foi coletada no município de Pelotas, no Arroio Pelotas. Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais ( $4,9 \times 10^2$  NMP/100 mL), Ferro Total (1,20 mg/L), Óleos e graxas (4,0 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (20), Condutividade (115,8  $\mu$ S/cm) e Turbidez (6,32).

O IQA calculado para esta amostra foi de 70, considerado MÉDIO. Por se tratar de água doce, e de acordo com a análise realizada, este corpo hídrico pode ser enquadrado nas Classes 2 ou 3. A destinação da água para estas classes é ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à recreação, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, arbóreas e forrageiras, à criação de peixes para consumo humano e à dessedentação de animais.



**Foto 5.1-59 Coleta da Amostra 22, no Arroio Pelotas**

- Amostra 23:

A amostra foi coletada no município de Pelotas, na Represa Santa Bárbara. Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais (1,7 x 10<sup>1</sup> NMP/100 mL), Ferro Total (0,951 mg/L), Óleos e graxas (7,0 mg/L), Alumínio (1,067 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (80), Condutividade (79,4 µS/cm) e Turbidez (36,37).

O IQA calculado para esta amostra foi de 62, considerado MÉDIO. Apesar da represa ser destinada ao abastecimento das localidades próximas, o resultado da análise nos remete a classificar esse corpo hídrico na Classe 4, que deve destinar-se somente à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.

- Amostra 24:

A amostra foi coletada no município de Pelotas, no Arroio Pelotas. O IQA calculado para esta amostra foi de 69, considerado MÉDIO.

Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais (1,17 x 10<sup>2</sup> NMP/100 mL), Ferro Total (0,737 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (60), Condutividade (150,4 µS/cm) e Turbidez (22,77).

Por se tratar de água doce, e de acordo com a análise realizada, este corpo hídrico pode ser enquadrado nas Classes 2 ou 3. A destinação da água para estas classes é ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à recreação, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, arbóreas e forrageiras, à criação de peixes para consumo humano e à dessedentação de animais.

- Amostra 25:

A amostra foi coletada no município de Pelotas, no Arroio Sanga Funda. O IQA calculado para esta amostra foi de 44, considerado RUIM.

Os valores que estão acima dos permissíveis na análise dessa amostra foram: Coliformes Fecais ( $2,2 \times 10^2$  NMP/100 mL), Ferro Total (3,11 mg/L), Óleos e graxas (13,0 mg/L) e Alumínio (0,405 mg/L). Os parâmetros físicos alterados são Cor (90), Condutividade (125,2  $\mu$ S/cm) e Turbidez (41,37).

Por se tratar de água doce, e pelo resultado da sua análise, está inserida na Classe 4 e seu uso deve destinar-se à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes da água.

**Tabela 5.1-33 Parâmetros acima do permitido para as águas superficiais**

	Alumínio	Benzeno	Benzo (a) pireno	Cloretos	Clorofila a	Coliforme Fecal (E. coli)	Condutividade	Cor aparente	DBO 5	Ferro Total	Fósforo Total	Nitratos	Nitritos	Nitrogênio Amoniacoal	Nitrogênio Total	Óleos e Graxas	Ortofos-fatos	Oxigênio Dissolvido	pH	Sólidos Suspensos	Sólidos Totais	Sólidos Totais Dissolvidos	Turbidez	
Amostra 1	X					X							X			X								
Amostra 2						X				X			X			X						X		
Amostra 3						X				X												X		
Amostra 4						X	X	X		X			X			X								
Amostra 5						X	X	X																X
Amostra 6	X					X	X	X		X			X			X						X		
Amostra 7	X					X	X			X			X			X						X		X
Amostra 8	X					X	X	X		X						X								X
Amostra 9						X	X	X					X											X
Amostra 10						X	X	X					X			X								
Amostra 11						X	X	X					X			X								X
Amostra 12						X	X	X		X			X											X
Amostra 13						X	X	X		X			X											X
Amostra 14						X	X	X		X														X
Amostra 15						X	X	X		X			X											X

	Alumínio	Benzeno	Benzo (a) pireno	Cloretos	Clorofila a	Coliforme Fecal (E. coli)	Condu-tividade	Cor Aparente	DBO 5	Ferro Total	Fósforo Total	Nitratos	Nitritos	Nitrogênio Amoniacal	Nitrogênio Total	Óleos e Graxas	Ortofos-fatos	Oxigênio Dissolvido	pH	Sólidos Suspensos	Sólidos Totais	Sólidos Totais Dissol-vidos	Turbidez
Amostra 16						X	X	X		X			X										X
Amostra 17						X	X	X								X							X
Amostra 18						X	X	X		X			X										X
Amostra 19						X	X	X		X						X							X
Amostra 20						X	X	X		X						X							X
Amostra 21						X	X	X		X						X							X
Amostra 22						X	X	X		X						X							X
Amostra 23	X					X	X	X		X						X							X
Amostra 24						X	X	X		X						X							X
Amostra 25	X					X	X	X		X						X							X
Número de Repetições	6					30	27	26		19			13			16					4		19

### **5.1.6.12 Fontes de poluição**

Analisando a tabela acima verifica-se que coliformes fecais, graxas e óleos, ferro total e nitritos são os agentes poluentes da maior parte das drenagens analisadas. No que se refere ao ferro total pode-se atribuir esta inconformidade ao processo de desferrificação do solo e incorporação na água subterrânea. Este processo é comum e normal.

Uma vez que foram coletadas águas não tratadas a presença de coliformes e nitritos é normal, porém não se deve deixar de levar em consideração que este tipo de contaminação pode ser proveniente da ação antrópica, uma vez que a ação na zona rural é comum a poluição de solos e água devido à má disposição final de efluentes. A presença de centros urbanos ao longo da BR-116/RS também é possibilidade de contaminação dos cursos d'água, pois é raro o atendimento, pelo sistema de coletas e tratamento de esgotos, dos 100% das unidades residenciais e industriais/comerciais.

A poluição por óleos e graxas é, certamente, efeito de ação antrópica que, da mesma forma, são despejados no ambiente por problemas em sua destinação final. Sistema de esgotamento tratado de forma ineficiente, emissão direta em cursos d'água, bem como tratamento inadequado em locais onde o isso é constante, como em postos de combustível, por exemplo.

O que se pode perceber é que o tipo de poluição detectado pelas análises de água da região é fruto da ocupação humana e, notadamente, vinculadas ao uso doméstico dos recursos hídricos, bem como atividades que envolvem o armazenamento e transportes de combustíveis.

Há possibilidade de que também sejam incluídos como fonte de poluição as atividades relacionadas com a agricultura, como o uso de pesticidas e demais defensivos agrícolas, não houve indicativo nas análises realizadas. Porém, como as coletas foram realizadas em períodos chuvosos e intercalados às chuvas, o volume de água pode mascarar estas informações.

Em uma outra análise, o início das obras de duplicação da BR 116/RS será responsável pela instalação de várias áreas de apoio e que são potenciais focos de poluição e conseqüente expansão de áreas poluídas.

Estão previstas instalações de canteiros de obras, área de empréstimos, e demais áreas de apoio que, em função de sua função para a obra podem contaminar as drenagens da região ou acelerar processos de assoreamento.

As unifilares de localização da infra-estrutura de apoio à duplicação dão uma idéia dos pontos e da quantidade de áreas que podem se transformar em passivos ambientais futuramente, uma vez que não sejam tomadas as devidas medidas. Abaixo pode ser apreciado o tipo de poluição que cada área de apoio pode gerar:

- **Canteiro de Obras:** neste ponto podem estar localizados diversos tipos de serviços que geram diferentes tipos de impactos. Dentro do canteiro estão localizados: usinas de concreto, usinas de asfalto, escritórios, oficinas mecânicas, alojamentos, refeitórios, banheiros, tanques de combustíveis e vestiários.

Portanto, associado à implantação de um canteiro de obras pode-se prever que na fase de implantação a movimentação de terra acelera o assoreamento das drenagens. As demais estruturas são passíveis de poluição dos cursos d'água por causa da utilização constante de hidrocarbonetos (óleos e graxas), além do uso de materiais de limpeza que pode acelerar ou deflagrar processos de eutrofização de cursos de água de baixa energia. A poluição de águas subterrâneas pode ser gerada a partir do vazamento das fossas sépticas mal construídas. O despejo de águas servidas sem o devido tratamento também é fonte de poluição que pode ser gerada dentro do ambiente do canteiro de obra.

- **Áreas de Empréstimo e Pedreiras:** nestas áreas de apoio o movimento de massa e o processo de cominuição de rochas gera material que é constantemente carregado para as drenagens, neste caso é importante o controle do impacto dado o regime de chuvas da região, o que aumenta a possibilidade de carreamento e aumento da taxa de assoreamento.

- **Áreas onde serão implantados viadutos, acessos e passarelas:** novamente o movimento de massa gerado nessas regiões será foco de alteração da quantidade de sedimento nas drenagens, bem como nas áreas de banhado.

- **Locais de implantação das pontes:** são os pontos mais críticos de poluição ou alteração da taxa de assoreamento devido à movimentação de veículos e movimentação de massa nas proximidades das drenagens. Além disso, há possibilidade de entulhamento com resíduos de construção civil possibilitando a diminuição da velocidade dos cursos d'água, além de poluir diretamente a drenagem.

A distribuição dos possíveis focos de poluição dos recursos hídricos é constante ao longo da área do empreendimento, portanto é importante o controle ambiental e ações preventivas de contenção de poluição, uma vez que é característica da área de influência o acúmulo de sedimentos e poluentes, pois o regime hidrológico é de baixa

energia. Agrava a situação o fato de que é uma área bastante povoada e que utiliza intensamente os recursos naturais disponíveis.

#### **5.1.6.13 Amostras de Água Subterrânea**

As amostras 26, 27, 28, 29 e 30 foram coletadas em poços tubulares profundos e foram analisadas segundo os mesmos parâmetros das águas superficiais. Pode-se observar nas tabelas que o Índice de Qualidade da Água foi considerado BOA para todas as amostras.

Uma vez que a média das águas superficiais possui qualidade MÉDIA, segundo os cálculos de IQA, pode-se afirmar que o subsolo da Área de Influência Indireta possui uma boa capacidade de depuração das águas superficiais que recarregam o aquífero. Este dado é apenas uma suposição, uma vez que não foram realizados estudos hidrogeológicos sistemáticos. Porém é um bom indicativo, se considerar apenas a qualidade da água que está sendo explorada.

Apesar de possuir uma qualidade acima da média, foram detectadas algumas inconformidades que diminuem a qualidade da água subterrânea, como a presença de coliformes em duas amostras e a presença de Ferro Total podem ser indícios de problemas construtivos nos poços tubulares, sem diminuir a qualidade das águas subterrâneas.

#### **5.1.6.14 Conclusões e Recomendações**

No balanço geral das análises coletadas, podemos dizer que a qualidade das águas da área de influência direta da BR-116/RS é MÉDIA, sendo que o valor médio do IQA é de 69,5.

Em uma análise mais detalhada sobre os parâmetros acima do limite permissível pode-se observar que a presença de coliformes fecais foi marcante estando presente em todas as amostras. Isso era esperado, uma vez que nenhuma das amostras era de água tratada, não caracterizando inconformidades ambientais. Porém a presença de altos níveis de nitrito em 13 amostras indica uma preocupação com a presença de compostos nitrogenados no ambiente aquático, sendo possível a contaminação pela ação antrópica. O aumento de compostos nitrogenados na água tem como causa principal a existência de dejetos humanos em contato com o ambiente aquático. Cabe salientar que o nitrato em altas concentrações é nocivo ao homem.

Outro problema detectado nas análises é a presença de óleos e graxas em 16 amostras. A causa desta inconformidade é a ação antrópica, sendo a falta de tratamento das águas servidas o maior causador deste tipo de poluição.

Não foi detectada a presença de fósforo total acima do limite permissível, não sendo identificadas situações de eutrofização.

Vale ressaltar que a análise foi pontual, e para se ter um verdadeiro diagnóstico da situação da região é preciso fazer um acompanhamento de médio prazo, levando-se em consideração a sazonalidade, condições meteorológicas, proximidade de atividades potencialmente poluidoras, proximidade de centros urbanos, entre outros fatores que afetarão a qualidade da água em cada corpo hídrico.

Comparando-se com os dados das análises com os dados do Estado do Rio Grande do Sul, temos os seguintes pontos:

As sub-bacias da região hidrográfica do Guaíba possuem a qualidade da água entre MÉDIA a MUITO RUIM. Este fator se deve principalmente pela proximidade de centros urbanos, com grande densidade demográfica, atividades intensivas de agropecuária e presença de centros industriais;

As principais fontes de poluição dos recursos hídrico da sub-bacia do Guaíba são relativos a poluição industrial e o lançamento de esgotos domésticos nos cursos d'água sem tratamento adequado. Na área rural, o desmatamento das margens vem causando o assoreamento dos rios, e a contaminação por agrotóxicos, já que suas embalagens não são adequadamente dispostas;

As principais fontes de poluição dos recursos hídricos na sub-região do Jacuí estão relacionadas à mineração do carvão mineral, que vem contaminando os corpos hídricos com metais pesados. A mineração do calcário, areia, caulim e argila contribuem também com o assoreamento dos arroios. A cultura do arroz também contribui, pois há o desvio de arroios para irrigação, desmatamento de matas ciliares e contaminação por agrotóxicos;

As sub-bacias da região hidrografia do Litoral possui um índice de qualidade da água que varia de BOM a MÉDIO. Nesta região a concentração demográfica é menor em comparação à anterior. O maior uso da água na região é para a irrigação, principalmente da cultura do arroz;

As principais fontes de poluição na sub-bacia do Camaquã são provenientes da inadequada exploração de recursos minerais, que vêm assoreando os cursos d'água. A produção do arroz, além de demandar uma quantidade excessiva de água, contribui com a contaminação por agrotóxicos;

Na sub-bacia Piratini-São Gonçalo, a cultura do arroz, além de contribuir com a poluição por agrotóxicos e assoreamento dos arroios pela retirada das matas ciliares,

também demanda uma grande quantidade de água, que vem causando a salinização dos cursos d'água devido a influência oceânica. Os lançamentos de esgotos domésticos e industriais da região de Pelotas contribuem com a contaminação dos corpos hídricos;

Os cursos hídricos destinados ao abastecimento humano devem receber maior atenção. A amostra 23, localizada na represa Santa Bárbara teve um índice considerado MÉDIO, apesar de ser para consumo;

As águas subterrâneas possuem qualidade BOA segundo o IQA, sugerindo uma boa capacidade de depuração por parte dos aquíferos inconsolidados e consolidados.

Orienta-se que seja feito um Programa de Monitoramento de Qualidade da Água na Área de Influência Direta da rodovia em médio prazo, para controle da qualidade da água, principalmente nos cursos que são cortados pelo empreendimento, para que se possa analisar a influência negativa que a duplicação da estrada poderá causar a estes cursos.

Alem disso, programas que envolvam a educação ambiental e a boa destinação de resíduos sólidos e efluentes devem ser implantados, desde o início das obras, dando-se continuidade durante a operação do empreendimento.

### **5.1.7 Níveis de ruído**

#### **5.1.7.1 Introdução**

O trecho demarcado para implantação da Duplicação da Rodovia BR 116/RS apresenta em toda a sua extensão particularidades que lhe são próprias. Às margens da rodovia, existe uma Cooperativa Habitacional (COOHAB), denominada Santa Rita. Esta cooperativa habitacional conta hoje com cerca de 30.000 habitantes, e possui várias de suas residências bem próximas à rodovia. Além da COOHAB Santa Rita, existem outros municípios, cujas residências estão próximas ao eixo central da rodovia. Os municípios de Guaíba, Camaquã, Cristal, Turuçu e Vila Princesa são exemplos de municípios que apresentam residências e comércios muito próximos à rodovia. Excetuando essas localidades, que são as que apresentam maior densidade populacional ao longo do trecho demarcado, o que se percebe é a presença de grandes áreas verdes, além de fazendas para a criação de gado e plantio das diversas culturas agrícolas pertinentes à região. Nessas áreas, o número de edificações é bastante reduzido, o que reduz significativamente a densidade populacional.

Dentre as fontes de ruído não natural, observadas ao longo da rodovia, destaca-se o intenso fluxo de veículos leves (carros de passeio) e pesados (ônibus e caminhões para transporte de carga).

A modificação pretendida deve, dentro de certo limite, modificar a configuração que hoje se apresenta, alterando a rotina da região demarcada, podendo prejudicar a saúde e a qualidade de vida das populações circunvizinhas ao empreendimento. Os problemas causados pelo excesso de ruído como: fadiga, perturbação do sono, alteração cardiovascular, perda auditiva, irritabilidade, estresse, alergia, distúrbio digestivo, úlcera, perda de concentração, entre outros, são exemplos dos efeitos provocados pela poluição sonora.

A Organização Mundial de Saúde considera que a partir de 55 dB(A), aparecem as chamadas reações fisiológicas no organismo humano. O estresse, em seu estágio inicial, pode até ser considerado benéfico na medida em que funciona como excitante, mas quando se torna crônico é capaz de degradar o corpo e o cérebro conduzindo à exaustão.

Para identificar os possíveis efeitos negativos da poluição sonora nas populações diretamente relacionadas ao empreendimento supracitado foram realizadas medições dos níveis de pressão sonora ao longo da rodovia em questão. Estes dados encontram-se apresentados abaixo.

#### **5.1.7.2 Programa de Monitoramento de Ruídos**

Qualquer obra de engenharia que modifique a paisagem natural de determinada localidade, deve a priori, ser monitorada, no sentido de mitigar os efeitos decorrentes desta modificação. A elaboração e implantação de um diagnóstico dos níveis de pressão podem facilitar a compreensão dos processos de evolução dos níveis de ruídos decorrentes da duplicação do trecho da BR 116/RS, e assim indicar possíveis caminhos ou medidas para a redução dos níveis de pressão sonora na área de influência do empreendimento. O objetivo do diagnóstico é conhecer a situação atual e proporcionar comparações com as emissões sonoras produzidas após a implantação da duplicação da rodovia, o que permite melhor compreensão desta modalidade de poluição, facilitando a implantação de medidas adequadas que visem a redução das emissões sonoras e proporcionem melhor qualidade de vida a toda população diretamente ligada ao empreendimento.

Independentemente da implantação de um programa para o monitoramento, foi necessário, em primeira análise, avaliar os níveis de pressão sonora ao longo de toda

a extensão da rodovia a ser duplicada. A partir desses dados, será possível estabelecer um critério de comparação com os níveis de pressão sonora gerados durante a construção e operação da rodovia, e estabelecer de forma sistemática o controle da poluição sonora nas áreas de maior adensamento populacional.

### **5.1.7.3 . Metodologia do Diagnóstico**

Para a avaliação dos níveis de pressão sonora (NPS), com vistas à elaboração do Estudo Ambiental – Poluição Sonora, foram realizadas medidas ao longo de toda a extensão do traçado da Rodovia BR 116/RS – Subtrecho: Entrada BR – 290(B), até Vila Princesa, acesso ao município de Pelotas.

Por melhor representar a exposição sonora em cada região, foi escolhido o  $Leq(A)$ <sup>6</sup> (nível de pressão sonora equivalente), uma vez que leva em consideração a média das ocorrências sonoras num certo ponto.

Os equipamentos utilizados foram: medidor de pressão sonora da Minipa, modelo MSL 1352 A tipo 2, com protetor de vento e tripé; calibrador de nível sonoro, marca TES, modelo 1356, n. de série 15918, certificado pela CHROMPACK Instrumentos Científicos Ltda, n. 21.184 em 07/04/2008. Além do NPS, mediu-se a velocidade do vento (Anemômetro AD – 250 – INSTRUTHERM) e umidade relativa do ar (Termohigrômetro Digital HTR – 159 – INSTRUTHERM), variáveis que influenciam diretamente a medida dos níveis de pressão sonora.

Os níveis de pressão sonora equivalente,  $Leq(A)$ , foram obtidos conforme Anexo A da NBR 10.151, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para o equipamento da Minipa, onde os  $L_i$  (nível de pressão sonora em dB – decibels) foram lidos em resposta rápida (fast) a cada 1 segundo, no modo de compensação A. A NBR 10.151, recomenda que os NPS sejam lidos em resposta rápida (fast) e a cada 5 segundos. Embora a norma recomende intervalos de 5s entre uma medida e outra, a opção por trabalhar com um intervalo menor – 1s – não traz absolutamente nenhum prejuízo ao estudo. Pelo contrário, só torna a medida ainda mais criteriosa.

As medidas foram realizadas ao longo do dia (das 8h às 18h – aproximadamente), nos dias 28/08, 29/08 e 30/08 de 2008. Os níveis de pressão sonora (NPS) foram medidos em coordenadas geográficas devidamente demarcadas com o uso de um GPS (Global

---

<sup>6</sup> O  $Leq(A)$  representa o nível contínuo estacionário equivalente em dB(A), que tem a mesma energia que o nível variável considerado.

Position System), da marca GARMIN, modelo GPSMAP 60C, sempre a uma distância de 25m do eixo central da rodovia. As medidas foram realizadas em intervalos de tempo aproximados de 15 minutos e respeitaram as especificações da NBR 10.151.

Durante o intervalo de tempo das medidas, foi contabilizado o número de veículos leves (carros de passeio), veículos pesados (caminhões, ônibus e carretas), além das motocicletas, com o intuito de estimar os níveis de pressão sonora após a conclusão das obras de duplicação da rodovia. Para estimar os níveis de pressão sonora quando da operação do empreendimento, devido ao fluxo de veículos. Foi utilizado um modelo matemático desenvolvido e adaptado por vários autores para a previsão de ruídos. No caso específico desse estudo, utilizou-se como referência, o modelo adotado na Alemanha, RLS90.

O NPS pode ser estimado em função do fluxo e da composição de veículos, conforme a equação a seguir:

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} (\Phi_T (1 + 0,082 P_{VP})) + 37,3 \text{ dB(A)}, \text{ onde}$$

a variável  $\Phi_T$  representa o fluxo total de veículos, expresso em veículos por hora e  $P_{VP}$  o percentual de veículos pesados (>2,8 T).

#### **5.1.7.4 Resultados Das Medições**

##### **- Perímetro de Porto Alegre (RS) – Saída para Uruguaiana Entrada BR 290**

O ruído proveniente do tráfego de veículos foi medido, em condições normais, considerando as atividades inerentes a cada ponto do traçado estabelecido. A tabela 5.1-31 a seguir, expressa a relação entre as coordenadas geográficas e o NPS correspondente.

**Tabela 5.1-34 Relação entre as coordenadas geográficas e o NPS correspondente**

<b>Coordenada Geográfica</b>	<b>NPS dB(A)</b>
L – 468155	66,0
N – 6676485	

**NOTA:** Segundo a NBR 10.151, os valores medidos do NPS devem ser aproximados ao valor inteiro mais próximo. Por melhor representar a precisão do aparelho, optou-se por trabalhar com uma casa decimal.

Essa medida foi realizada no dia 28/08/08 entre 14h46 e 15h01, próximo à saída para Uruguaiana – Entrada BR 290(B). Trata-se de uma localidade com baixa densidade habitacional e intenso tráfego de veículos, principalmente veículos pesados (carretas e caminhões). A Tabela 1 expressa o nível de pressão sonora equivalente, que se deve fundamentalmente ao tráfego na rodovia. Neste ponto o nível de pressão sonora equivalente é de 66,0 dB(A). Durante a realização desta medida, registrou-se temperatura de 26°C, umidade relativa de 55% e velocidade do vento variando entre 2m/s e 7m/s. O fluxo de veículos contabilizado durante os 15 minutos de medida, está expresso na tabela a seguir.

**Tabela 5.1-35 fluxo de veículos**

<b>Veículos</b>	<b>Quantidade</b>
Leves – carros de passeio	86
Pesados – carretas, ônibus e caminhões	28
Motocicletas	5



**Foto 5.1-60 – Ponto próximo a entrada da BR 290(B)**

Poucos metros a frente desse ponto, mais especificamente no ponto de coordenada (467802 – L) e (6675589 – N), existe um assentamento populacional denominado **Assentamento Conquista Nonoiense**, cujas primeiras edificações estão bem próximas do eixo central da rodovia, entre 40 e 50m. Os NPS estimados para esta localidade e fluxo de veículos são compatíveis com os valores apresentados nas tabelas 1 e 2, em função da proximidade entre os pontos.



Foto 5.1-61– Assentamento Conquista Nonoiense

O segundo ponto de medida está localizado próximo à **Cooperativa Habitacional Santa Rita**. Trata-se de um conjunto habitacional com cerca de 30.000 habitantes, que vivem numa região às margens da BR 116. A medida foi realizada num ponto de entrada/saída de veículos, que dá acesso à rodovia. É um ponto bastante movimentado, com intenso fluxo de veículos. O trânsito de pedestres é baixo, devido ao intenso movimento de carros e caminhões na rodovia. As primeiras residências ficam a cerca de 120m de distância do eixo central da pista de rolagem. Por se tratar de um ponto bastante movimentado, o NPS sofre um significativo acréscimo em relação à medida anterior.

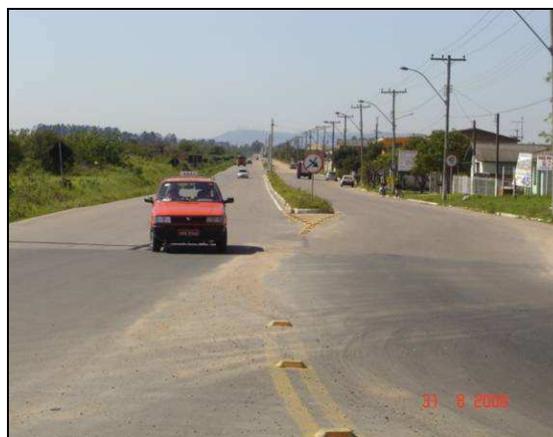


Foto 5.1-62– Acesso da COOHAB à BR 116/RS

Tabela 5.1-36 Segundo ponto de medida, próximo a Cohab

Coordenada Geográfica	NPS dB(A)
L – 467090	68,6
N – 6671513	

Durante a realização desta medida, a temperatura local era de 20,6°C, a umidade relativa do ar estava em 65,4% e a velocidade do vento variava entre 2,1m/s e 3,2m/s. O fluxo de veículos registrado durante os 15 minutos de medição está expresso na tabela a seguir.

**Tabela 5.1-37 Fluxo de veículos**

<b>Veículos</b>	<b>Quantidade</b>
Leves – carros de passeio	207
Pesados – carretas, ônibus e caminhões	27
Motocicletas	19

A terceira medida foi realizada na periferia do **Município de Guaíba**, mais precisamente num ponto do bairro Bom Fim Novo, onde há uma significativa concentração de residências, comércio e até mesmo indústria, como é o caso da Sulina, Indústria e Comércio de Óleos. Nesse bairro, assim como no bairro Nova Guaíba, a distância entre o eixo central da rodovia e as primeiras residências é de aproximadamente 30m. A tabela 7.5 expressa o NPS medido na localidade.

**Tabela 5.1-38 Terceiro Ponto de Medida**

<b>Coordenada Geográfica</b>	<b>NPS dB(A)</b>
L – 465625	66,8
N – 6666121	

A medição foi realizada em boas condições de tempo, com temperatura variando entre 12 e 14°C e velocidade do vento entre 0,4m/s e 1,8m/s. O fluxo de veículos para a localidade está demonstrado na tabela a seguir:

**Tabela 5.1-39 Fluxo de veículos**

<b>Veículos</b>	<b>Quantidade</b>
Leves – carros de passeio	94
Pesados – carretas, ônibus e caminhões	38
Motocicletas	15



Foto 5.1-63 Periferia de Guaíba – Bairro Nova Guaíba

Um pouco mais adiante, há outro bairro de Guaíba localizado às margens da rodovia. Trata-se do bairro Pedras Brancas, localizado na coordenada geográfica (462596 – L e 6662179 – N). Aqui, a situação é parecida com os outros dois bairros citados, ou seja, várias residências se encontram próximas (entre 30 e 40m) do eixo central da BR.

O ponto 4 está localizado numa região onde há uma grande concentração de propriedades rurais (fazendas). O silêncio inerente ao local só é interrompido pelo tráfego na rodovia. Os NPS são elevados para uma região com essas características, evidenciando que a maior fonte de ruídos advém do tráfego na rodovia.

Tabela 5.1-40 Quarto ponto de medição

Coordenada Geográfica	NPS dB(A)
L – 458729	66,4
N – 6641044	

O fluxo de veículos foi medido num dia em que a temperatura era de 18,1°C e a umidade relativa do ar registrava valores em torno de 35%. A velocidade do vento variava entre 1,0m/s e 1,5m/s.

Tabela 5.1-41 Fluxo de veículos

Veículos	Quantidade
Leves – carros de passeio	59
Pesados – carretas, ônibus e caminhões	21
Motocicletas	6

O quinto ponto escolhido para a medição tem características muito semelhantes ao ponto anterior, visto que a densidade populacional é muito baixa, o número de edificações é bastante reduzido e o silêncio inerente ao lugar só é interrompido pelo tráfego na rodovia.

Os NPS medidos aqui evidenciam mais uma vez, níveis elevados para uma região com essas características.

**Tabela 5.1-42 Quinto ponto de medição**

<b>Coordenada Geográfica</b>	<b>NPS dB(A)</b>
L – 448254	68,3
N – 6614112	



**Foto 5.1-64 – Área com baixa densidade habitacional**

O nível apresentado na tabela anterior revela que o fluxo de veículos na rodovia é a principal fonte de ruídos na localidade. Para o ponto em questão, a temperatura era de 21,9°C e a umidade relativa do ar era de 32,4%. O fluxo de veículos para a localidade está representado na tabela abaixo

**Tabela 5.1-43 Fluxo de veículos**

<b>Veículos</b>	<b>Quantidade</b>
Leves – carros de passeio	66
Pesados – carretas, ônibus e caminhões	36
Motocicletas	1

Diferentemente dos pontos 4 e 5, o ponto 6 apresenta maior densidade populacional, visto que a medição foi realizada na periferia do **Município de Camaquã**, mais precisamente numa região próxima ao bairro São Pedro. A rodovia passa em frente à

escola municipal **E.M.E.F Cândido Rodrigues de Freitas**. A escola está a cerca de 40m do eixo central da rodovia, bem como várias residências do bairro. Caso a duplicação seja confirmada, a distância entre as edificações (escola e residências) e a rodovia sofrerá um decréscimo, o que pode aumentar os NPS no interior dessas edificações, devido ao tráfego rodoviário. A Tabela abaixo expressa o NPS medido nesta área.

**Tabela 5.1-44 NPS medido no sexto ponto**

<b>Coordenada Geográfica</b>	<b>NPS dB(A)</b>
L – 426539	68,8
N – 6586834	



**Foto 5.1-65– E.M.E.F Cândido Rodrigues Freitas – Camaquã**

Durante a realização desta medida, registrou-se temperatura de 23,2°C, umidade relativa de 34,8% e velocidade do vento variando entre 1,1m/s e 5m/s. O fluxo de veículos contabilizado durante os 15 minutos de medição está expresso na tabela abaixo.

**Tabela 5.1-45 Fluxo de veículos**

<b>Veículos</b>	<b>Quantidade</b>
Leves – carros de passeio	72
Pesados – carretas, ônibus e caminhões	47
Motocicletas	18

O fluxo de veículos apresenta ligeira alta em relação ao ponto anterior, devido à presença de indústrias de peças automotivas e alimentos na região. Vale ressaltar que além do bairro São Pedro, às margens da rodovia, há a presença de outro bairro,

localizado no ponto de coordenada (421891 – L) e (6583806 N), denominado Viegas, também periferia de Camaquã.

A medida número 7 foi realizada numa região semelhante aos pontos 4 e 5, com baixa densidade populacional e predomínio de propriedades rurais (fazendas). Mais uma vez, a tranqüilidade e silêncio inerente ao local, só são interrompidos pelo tráfego de veículos na rodovia. Os NPS para essa região estão próximos dos níveis registrados no ponto 4

**Tabela 5.1-46 Sétimo ponto de medida**

<b>Coordenada Geográfica</b>	<b>NPS dB(A)</b>
L – 412271	65,6
N – 6577685	



**Foto 5.1-66– Região com grande concentração de fazendas**

O fluxo de veículos foi medido num horário em que a temperatura local era de 23,7°C, a umidade relativa do ar era 30,7°C e a velocidade do vento variava entre 2,4m/s e 7,4m/s.

**Tabela 5.1-47 Fluxo de veículos**

<b>Veículos</b>	<b>Quantidade</b>
Leves – carros de passeio	60
Pesados – carretas, ônibus e caminhões	37
Motocicletas	1

A periferia de Cristal, ponto escolhido para a medida de número 8, apresenta às margens da rodovia, um aglomerado de edificações, as quais se destinam às residências e comércio. A distância entre o eixo central da rodovia e as primeiras edificações da cidade é de aproximadamente 36m. Num ponto situado na coordenada (400252 – L) e (6570402 – N) está localizado um **Centro Integrado de Ensino Público (CIEP)**, que abriga aproximadamente 800 alunos. A distância entre a rodovia

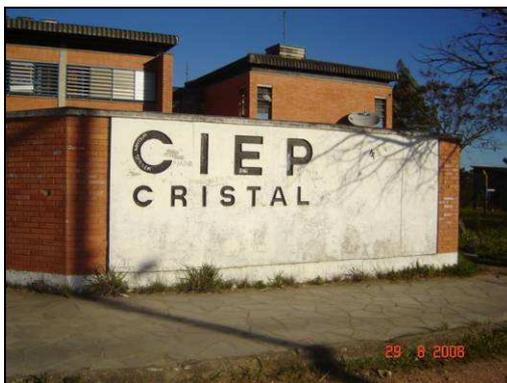
e a escola é de 70m. Caso a duplicação seja confirmada, essas distâncias sofrerão acentuadas reduções, o que pode alterar significativamente o NPS no interior de casas, comércio e escola. Logo, há que se ficar atento aos níveis de pressão sonora nessa região, pois com a construção e posterior operação do empreendimento, os níveis de ruído provavelmente devem elevar-se.

**Tabela 5.1-48 NPs no oitavo ponto de medição**

<b>Coordenada Geográfica</b>	<b>NPS dB(A)</b>
L – 399642	68,0
N – 6569758	



**Foto 5.1-67 – Periferia de Cristal**



**Foto 5.1-68 Centro Integrado de Educação Pública – CIEP**

Durante a realização da medida, a temperatura no local era de 21,2°C e a umidade relativa do ar de 32,4%. A velocidade do vento variava entre 0,5m/s e 1,7m/s e o fluxo de veículos apresenta ligeira alta em relação ao ponto anterior.

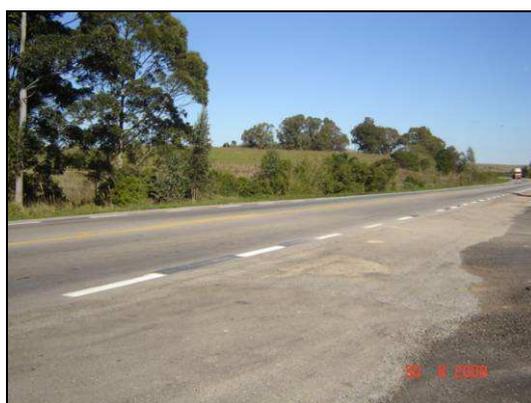
**Tabela 5.1-49 Fluxo de veículos**

<b>Veículos</b>	<b>Quantidade</b>
Leves – carros de passeio	94
Pesados – carretas, ônibus e caminhões	40
Motocicletas	2

A medida 9 tem características muito semelhantes às medidas 4, 5 e 7, ou seja, foi realizada numa região com baixa densidade populacional (ausência de residências ou comércio nas proximidades). O resultado expresso na Tabela mostra o NPS devido ao tráfego vigente na rodovia. O NPS neste ponto é de 66,6 dB(A), nível próximo aos níveis registrados nos pontos 4, 5 e 7.

**Tabela 5.1-50 Nono ponto de medição**

<b>Coordenada Geográfica</b>	<b>NPS dB(A)</b>
L – 393497	66,6
N – 6527812	

**Foto 5.1-69 – Área com baixa densidade habitacional**

A medida foi realizada no dia 30/08/08 às 10h, dia que a temperatura local era de 24°C, a umidade relativa era de 38,2% e a velocidade do vento variava entre 0,2m/s e 0,9m/s. Nesse dia e horário, o fluxo de veículos, que é muito variável, apresentava a seguinte frequência:

**Tabela 5.1-51 Fluxo de veículos**

<b>Veículos</b>	<b>Quantidade</b>
Leves – carros de passeio	52
Pesados – carretas, ônibus e caminhões	35
Motocicletas	1

Turuçu foi o ponto escolhido para a realização de mais uma medição. Trata-se de um pequeno município às margens da BR 116/RS, onde se verifica a existência de residências a, aproximadamente, 20m do eixo central da rodovia.



Foto 5.1-70 Residências à margem da rodovia

A Câmara Municipal de Turuçu está localizada a, aproximadamente, 30m do eixo central da rodovia. Os NPS para a localidade, medidos às 10h50, horário em que a temperatura local era de 25,3°C e a umidade relativa do ar era 35,8%, estão agrupados e representados na tabela abaixo.

Tabela 5.1-52 NPS para a Câmara Municipal de Turuçu (décimo ponto)

Coordenada Geográfica	NPS dB(A)
L – 388094	67,1
N – 6523112	



Foto 5.1-71– Câmara Municipal de Turuçu

O tráfego de veículos na BR é o principal gerador de ruídos na região. Não há outra fonte significativa de poluição sonora. Em 15 minutos de contagem, o fluxo de veículos apresentava os seguintes valores:

**Tabela 5.1-53 Fluxo**

<b>Veículos</b>	<b>Quantidade</b>
Leves – carros de passeio	65
Pesados – carretas, ônibus e caminhões	33
Motocicletas	4

A última avaliação, medição 11, foi realizada no km 513 da rodovia, mais precisamente no ponto de coordenada (373476 – L) e (6498323 – N), ponto pertencente às cercanias do município de **Vila Princesa**. Várias edificações nessa região (comércio e residências) estão localizadas a, aproximadamente, 50m do eixo central da rodovia. Apesar da presença de uma indústria de processamento de alimentos na vizinhança (Indústria Josapar), a principal fonte de ruídos na localidade é o tráfego de veículos na BR. O nível de pressão sonora equivalente nas cercanias do município de Vila Princesa foi o menor registrado.

**Tabela 5.1-54 Décimo primeiro ponto de medição**

<b>Coordenada Geográfica</b>	<b>NPS dB(A)</b>
L – 373476	65,2
N – 6498323	



**Foto 5.1-72 Residências e comércio de Vila Princesa**

Num dia em que a temperatura local era de 26°C, umidade relativa do ar igual a 31,5% e velocidade do vento variando entre 0,2m/s e 0,5m/s, o fluxo de veículos na região, apresentou os seguintes valores:

**Tabela 5.1-55 Fluxo de veículos**

<b>Veículos</b>	<b>Quantidade</b>
Leves – carros de passeio	44
Pesados – carretas, ônibus e caminhões	30
Motocicletas	7

Ao longo de todo o trecho estudado, o fluxo de veículos é muito variável, embora os NPS registrados em cada ponto não sejam muito díspares. Essas medidas fornecem a base de dados necessária para se estimar, principalmente, os níveis de pressão sonora, quando o empreendimento estiver em sua fase de operação.

#### **5.1.7.5 O Estudo Ambiental**

Os resultados do estudo ambiental, de maneira geral, apontam para níveis de pressão sonora originados, primordialmente, pelo tráfego na rodovia. Essa é uma característica que se repetiu ao longo de toda a extensão do trecho analisado, independentemente da localidade. Em áreas com maior densidade populacional, os níveis apresentaram ligeira alta em relação aos níveis em localidades com menor índice de edificações. O nível de pressão sonora equivalente em áreas habitadas apresentou valores entre 65,2 e 68,8 dB(A), enquanto que em áreas com maior predominância de vegetação nativa, o nível variou entre 65,6 e 68,6 dB(A).

#### **5.1.7.6 Aumento dos Níveis de Pressão Sonora causados pelas Obras**

Para a operacionalização dos serviços de terraplanagem, por exemplo, será necessária a utilização de maquinário pesado, tais como: caminhões, tratores, escavadeiras, etc. Durante a execução desta parte da obra, os níveis de pressão sonora, que hoje variam entre 65,2 e 68,8 dB(A), tendem a subir devido ao intenso tráfego deste tipo de maquinário. Este aumento trazido pela implantação das obras de duplicação da BR 116, Subtrecho: Entrada Br-290(B) ao acesso a Pelotas, se manterá por todo o trecho até a finalização das obras.

Vale destacar que às margens do subtrecho supracitado, há a presença de vários municípios, tais como o município de Guaíba, Camaquã, Cristal, Turuçu e Vila Princesa, além de um assentamento populacional (Conquista Nonoiense) e uma

Cooperativa Habitacional, denominada Santa Rita. Todas as localidades citadas apresentam edificações muito próximas à rodovia, entre 20 e 70m. Em alguns casos, além de residências e comércio, há a presença de estabelecimentos de ensino, tais como o Centro Integrado de Ensino Público, CIEP Cristal, a Escola Municipal de Ensino Fundamental E.M.E.F Cândido Rodrigues de Freitas, e a Universidade Lutena do Brasil (ULBRA).

Segundo a NBR 10.151, norma que fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independente da existência de reclamações, o nível de pressão sonora em áreas estritamente residencial urbana, de hospitais ou de escolas é de 40 dB(A) para o período diurno e 35 dB(A) para o período noturno<sup>7</sup>. Ainda com relação aos níveis estabelecidos pela norma, destacam-se as áreas com vocação comercial e industrial, atividades estabelecidas ao longo do trecho demarcado. A tabela a seguir resume o nível de critério para ambientes externos em dB(A).

**Tabela 5.1-56 Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)**

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área predominantemente industrial	70	60

Tendo em vista o NPS detectado ao longo da rodovia, verifica-se que qualquer movimento na vizinhança pode vir a piorar a situação hoje presente. Desta forma, é importante evitar a implantação de canteiros de obras, usinas de asfalto e etc, naturais fontes de ruídos, próximos a áreas residenciais ou de escolas.

É provável que os níveis de pressão sonora atualmente ocorrentes, entre 65,2 e 68,8 dB(A), quando somados aos gerados pela implantação das obras, agrave o quadro atual, trazendo consigo um impacto ambiental negativo de caráter local. Este agravamento da situação atual, trazido pela implantação das obras de duplicação da rodovia, se manterá por todo o trecho até a finalização das obras.

Este impacto é negativo com abrangência localizada. A probabilidade de sua ocorrência é certa e seu início se dará imediatamente após o início das obras de terraplanagem. Poderá causar irritabilidade e desconforto às pessoas que possam vir

<sup>7</sup> Segundo a norma, o período noturno se estende das 22h às 6 horas.

a transitar no local ou residir nas proximidades, além dos próprios trabalhadores que operem o equipamento. É de grande importância, pois contribui para o agravar do nível de poluição sonora local, sua duração é por todo o período das obras e é parcialmente reversível. É sinérgico, pois se difunde com o ruído gerado pelo tráfego constante da BR-116/RS.

#### **5.1.7.7 Impactos sobre a Fauna**

Durante a fase de construção do empreendimento, há que se destacar os impactos sobre a fauna da região. Tomando-se como referência a cobertura vegetal ao longo de grande parte do traçado, o projeto se apresenta como uma obra de impacto sobre a fauna. Com o advento das obras, os níveis de pressão sonora, decorrentes da utilização de máquinas, caminhões e outros equipamentos necessários para a construção do trecho, aumentarão, consideravelmente, assustando e conseqüentemente afugentando animais de seu habitat natural.

Trata-se, portanto de um impacto de natureza negativa, com área de abrangência localizada, de ocorrência certa e início imediato. Possui grande importância, uma vez que pode determinar mudanças de hábitos para a fauna da localidade.

A situação da fauna local se agrava uma vez que terminada a fase de implantação, os NPS tenderão sempre a subir nos momentos de aumento do tráfego veicular.

#### **5.1.7.8 Impactos Relacionados à Fase de Operação do Empreendimento**

Nessa fase do empreendimento os impactos relacionados ao bem estar físico do ser humano serão decorrentes do aumento do fluxo de veículos na rodovia, devido à sua duplicação. Os maiores impactos relacionados a esta fase estarão mais concentrados em regiões onde a densidade populacional é maior, ou seja, principalmente nas localidades onde se apresentam bairros e conjuntos habitacionais às margens da BR. Abaixo são descritos e analisados, individualmente, os impactos dessa fase do empreendimento quanto à poluição sonora.

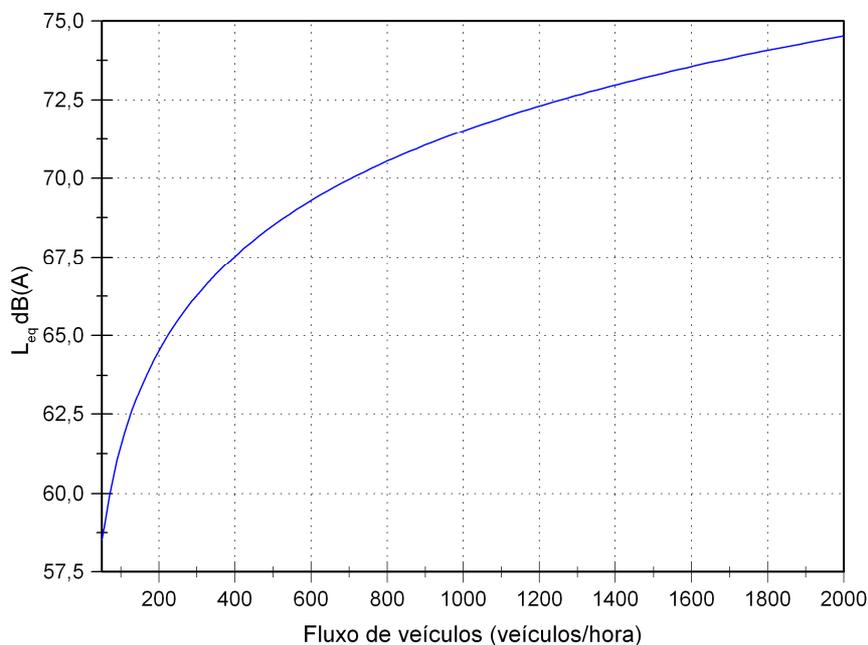
#### **5.1.7.9 Emissões Sonoras ao Longo do Subtrecho: Entrada Br – 290(B) ao acesso a Pelotas**

O estudo ambiental realizado revelou que os níveis de pressão sonora ao longo do trecho do empreendimento apresentaram baixa dispersão, ou seja, a diferença entre o menor – 65,2 dB(A) e o maior nível de pressão sonora equivalente registrado – 68,8 dB(A), foi de apenas 3,6 dB(A).

Com a operação do novo trecho, estima-se que os níveis de pressão sonora ao longo da rodovia devam aumentar para valores entre 69 e 70 dB(A), considera-se a ocorrência de impacto negativo, pois certamente haverá intensificação dos NPS devido ao incremento do tráfego de veículos pesados ao longo de todo o trecho duplicado.

A abaixo representa o  $L_{eq}(A)$ , nível de pressão sonora equivalente em dB(A) em função do fluxo de veículos, para  $P_{VP} = 20\%$ . Como esperado, há uma forte correlação entre o fluxo de veículos na rodovia e o nível de pressão sonora ao longo desta.

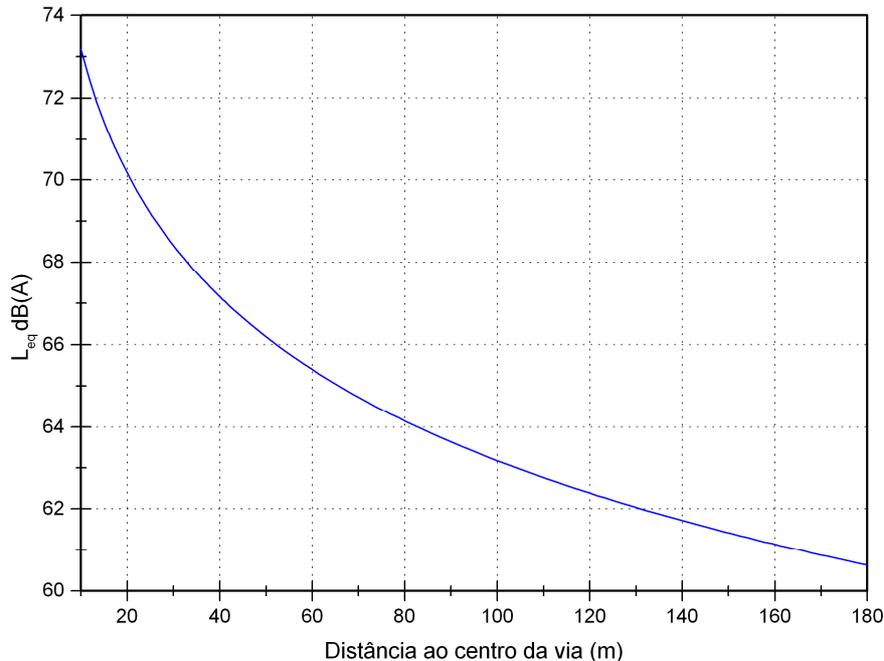
Vale destacar, que a velocidade dos veículos também influencia o NPS emitido, conforme trabalho de Steele (2001).



**Figura 5.1-44 Nível de pressão sonora em função do fluxo de veículos**

Além do incremento de pressão sonora, com a duplicação da rodovia, a distância entre edificações, tais como residências, comércios e estabelecimentos de ensino, e o eixo central da rodovia, certamente sofrerá um decréscimo. É o que provavelmente ocorrerá em Santa Rita, Guaíba, Camaquã, Cristal e Vila Princesa. Logo as áreas urbanas que apresentam edificações às margens da rodovia (entre 20 e 70m), são as mais sensíveis ao impacto da poluição sonora, não só pelo acréscimo dos níveis hoje estabelecidos, mas também pelo decréscimo da distância entre a fonte geradora (rodovia) e os possíveis receptores (moradores, trabalhadores, estudantes).

Segundo estudos realizados, a intensidade do nível sonoro sofre um decaimento em função do aumento da distância entre a fonte geradora do ruído e o receptor. O gráfico abaixo apresenta uma simulação do decaimento do nível de pressão sonora equivalente  $L_{eq} = 69,2$  dB(A) a 25m do centro da pista, realizada a partir do modelo matemático adotado (RLS90).



**Figura 5.1-45 Decaimento do NPS em função da distância ao centro da pista.**

Logo, na impossibilidade de se desviar o traçado para duplicação, sugere-se que residências, comércios, escolas, sejam devidamente alocados em áreas com pelo menos 250m de distância do eixo central da rodovia. Com isso, espera-se que os NPS gerados pelo intenso fluxo de veículos na rodovia, decaiam para níveis abaixo de 60 dB(A). Além desse tipo de medida mitigadora, pesquisas revelam que o tipo de pavimento contribui para o aumento ou redução do ruído produzido pelo tráfego de veículos. Fujiwara e colaboradores concluíram que superfícies porosas e elásticas contribuem para a redução dos níveis de ruídos.

Desta forma, a empresa responsável pelas obras de duplicação da rodovia, promoveria satisfatória compensação ambiental à população local, garantindo assim condições de conforto acústico para todas as edificações potencialmente prejudicadas pelo acréscimo de ruído decorrentes da implantação do empreendimento.

- **Providências a serem adotadas**

A implantação de um programa para o monitoramento dos níveis de pressão sonora ao longo das obras de duplicação é sem dúvida a melhor alternativa para a solução dos problemas relacionados à emissão de ruídos. Deverão ser devidamente atendidas as diversas situações acima mencionadas no sentido de minimizar os impactos advindos do aumento da pressão sonora.

- **CONCLUSÕES**

De médio a longo prazo, a região pela qual passará o novo trecho rodoviário sofrerá alterações decorrentes dos impactos positivos e negativos vinculados à operação do empreendimento, considerado um indutor natural do desenvolvimento econômico e social face ao seu porte e natureza.

Considerando as diferentes variáveis que afetam tanto a qualidade de vida e o bem estar do ser humano, como as conseqüências e evolução de ações antrópicas sobre os ambientes físicos e a biota das regiões que compõem as áreas de influência do trecho da rodovia a ser duplicada. Descreve-se a seguir um panorama geral da situação atual e os prováveis efeitos da implantação do empreendimento, no que se refere à poluição sonora.

▪ Poluição sonora

Conforme os estudos realizados, o trecho demarcado para a duplicação da BR-116/RS é afetado por altos níveis de pressão sonora, gerados primordialmente pelo tráfego de veículos na rodovia, o qual apresenta as seguintes características: tráfego variável e fluxo elevado [quantidade de veículos/hora]. Até mesmo em áreas menos povoadas (propriedades rurais e/ou fazendas) o nível de pressão sonora é alto.

Segundo a NBR 10.151, o nível recomendado para áreas de sítios e fazendas é de 40 dB(A) para o período noturno. Provavelmente, essas áreas devem estar em conformidade com a norma, visto que os níveis nessas regiões, só apresentam valores maiores, em torno de 65 a 68 dB(a), quando a avaliação é realizada nas proximidades da rodovia. Devido a grande distância entre a rodovia e as residências nessa região, o impacto da poluição sonora nessas áreas é certamente muito baixo. Já para áreas às margens da rodovia, cerca de 20 a 70m, a situação se apresenta bastante grave, visto que a população convive com níveis de pressão sonora acima daqueles recomendados pela norma.

Observando-se os resultados obtidos das simulações efetuadas, percebe-se que após a duplicação, os níveis de pressão sonora devem subir para valores entre 69 e 70

dB(A), prejudicando ainda mais a população que reside em áreas próximas ao eixo central da rodovia. Isso sem contar que, com a duplicação, em certos locais, a distância entre as residências, comércios e estabelecimentos de ensino deve cair, agravando ainda mais a situação.

A implantação das obras para a duplicação da BR aumentará os níveis de ruídos, trazendo consigo impacto ambiental negativo de caráter local à região. Este aumento se manterá por todo o trecho até a finalização das obras. Por isso, é essencial a implantação de um programa para o monitoramento de ruídos durante a fase de construção e operação do empreendimento. Além de um programa de monitoramento, vale salientar, que é imprescindível que canteiros de obras, pátios de guarda de equipamentos e outras instalações potencialmente emissoras de ruídos não sejam instalados nas proximidades de residências, instituições de saúde e ensino, etc.

A problemática da poluição sonora vai muito além das perdas auditivas induzidas por ruídos e que são detectáveis através de audiometrias. Ela engloba problemas extra-auditivos que são mais difíceis de serem detectados, mas que estão diretamente relacionados com o bem estar e a saúde da população. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1999), níveis moderados de pressão sonora já podem desencadear dificuldade para dormir, efeitos fisiológicos e cardiovasculares, efeitos na saúde mental e na performance, além de afetar o comportamento. Em geral as condições físicas e psicológicas são afetadas, principalmente em indivíduos com predisposições, acarretando redução do desempenho, instabilidade de humor, irritabilidade, agressividade, alterações emocionais (depressões e excitações) e estresse, dentre outros males.

### **5.1.8 NÍVEIS DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA**

Poluente atmosférico é toda e qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos em legislação, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade ([www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br), acesso em 26/07/2008).

Os padrões nacionais de qualidade do ar foram estabelecidos pelo IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e aprovados pelo CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA 03/90. Esta Resolução define legalmente o limite máximo para a concentração de um

poluente na atmosfera, que garanta a proteção da saúde e do meio ambiente. Esses padrões são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

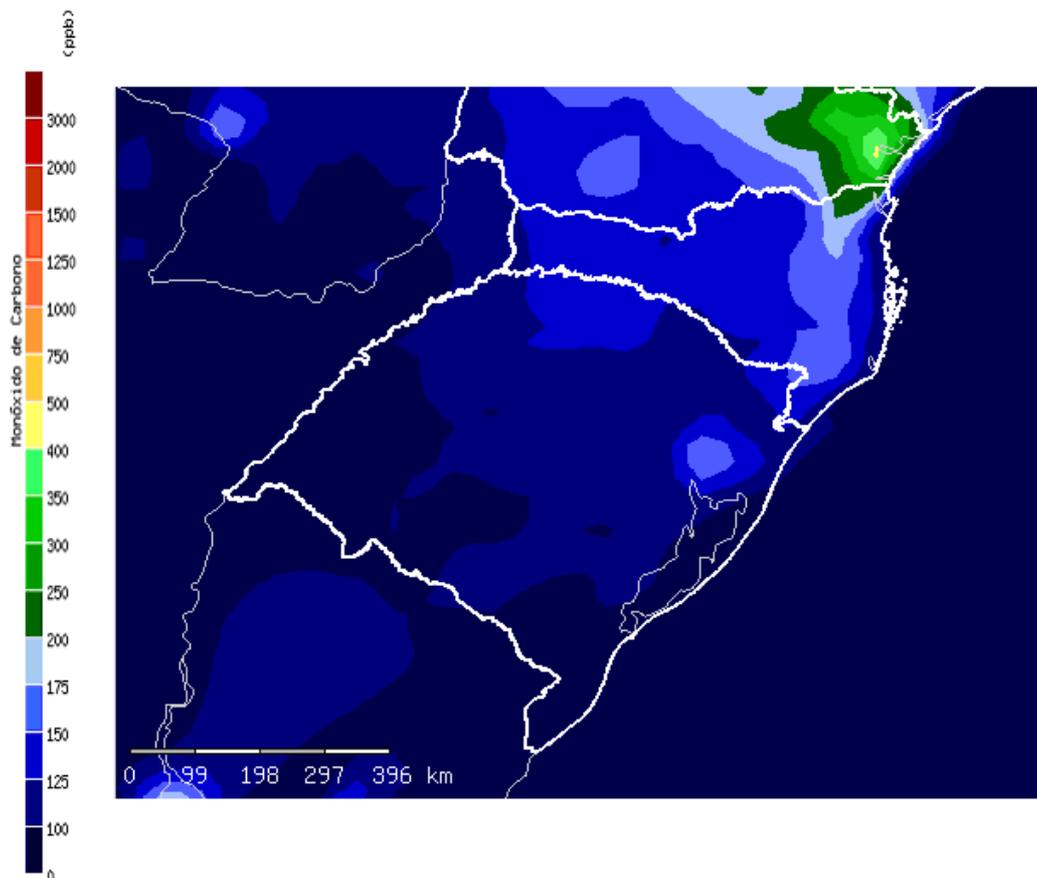
No Brasil são estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários:

- Padrões primários: são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.
- Padrões secundários: são as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

O objetivo do estabelecimento de padrões secundários é criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar. Devem ser aplicados às áreas de preservação (por exemplo: parques nacionais, áreas de proteção ambiental, estâncias turísticas). Não se aplicam, pelo menos em curto prazo, a áreas de desenvolvimento, onde devem ser aplicados os padrões primários.

Como prevê a própria Resolução CONAMA n.º 03/90, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido em classes I, II e III, conforme o uso pretendido. A mesma resolução prevê ainda que enquanto não for estabelecida a classificação das áreas, os padrões aplicáveis serão os primários.

Os parâmetros regulamentados são os seguintes: partículas totais em suspensão (TSP), fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozônio (O<sub>3</sub>) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>).



**Figura 5.1-46 Emissões de Poluentes – Rio Grande do Sul Monóxido de Carbono: ppb 74m – Total (25/07/2008)**

Fonte: CATT-BRAMS - CPTEC/INPE

**Tabela 5.1-57 Padrões Nacionais de Qualidade do Ar**

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário Ug/m <sup>3</sup>	Padrão Secundário Ug/m <sup>3</sup>	Método de Medição
Partículas Totais em Suspensão	24 horas <sup>1</sup> MGA <sup>2</sup>	240 80	150 60	Amostrador de grandes volumes
Partículas Inaláveis	24 horas <sup>1</sup> MAA <sup>3</sup>	150 50	150 50	Separação inercial/filtração
Fumaça	24 horas <sup>1</sup> MAA <sup>3</sup>	150 60	100 40	Refletância
Dióxido de Enxofre	24 horas <sup>1</sup> MAA <sup>3</sup>	365 80	100 40	Pararosanilina
Dióxido de Nitrogênio	1 hora <sup>1</sup> MAA <sup>3</sup>	320 100	190 100	Quimiluminescência
Monóxido de Carbono	1 hora <sup>1</sup>	40.000 35 ppm	40.000 35 ppm	Infravermelho não dispersivo
	8 horas <sup>1</sup>	10.000 9 ppm	10.000 9 ppm	
Ozônio	1 hora <sup>1</sup>	160	160	Quimiluminescência

Fonte: Resolução CONAMA nº 03, 26/06/90.

1 - Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. 2 - Média geométrica anual. 3 - Média aritmética anual.

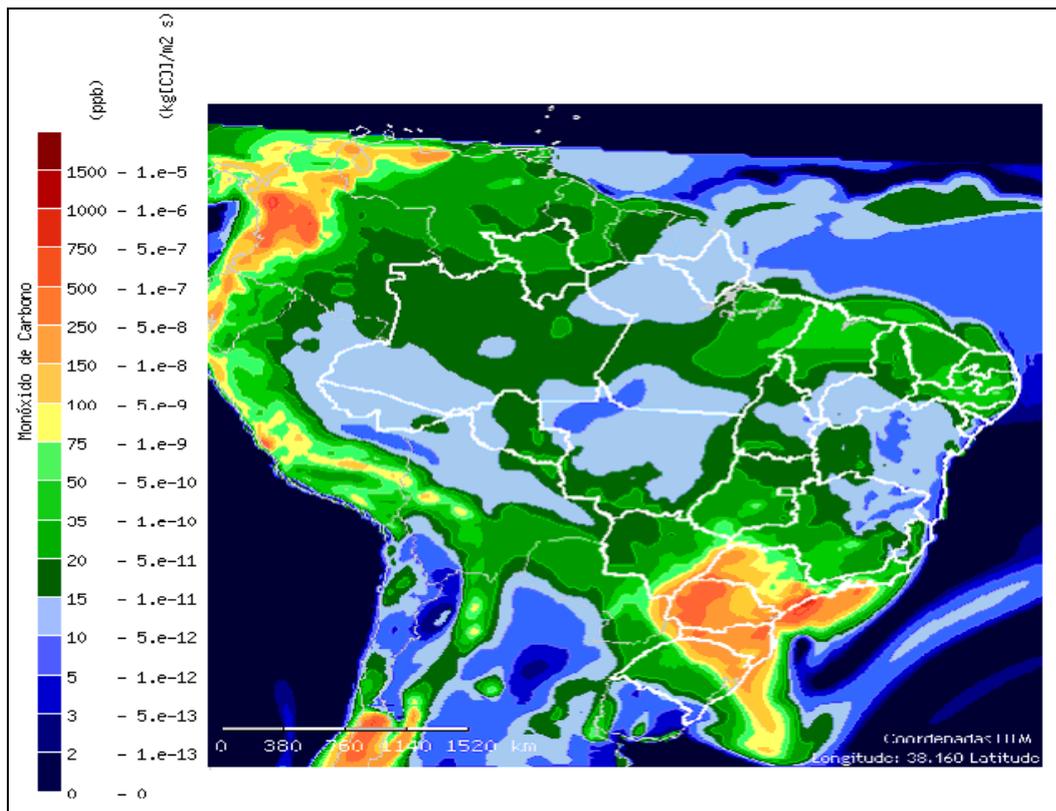
A mesma Resolução estabelece ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar. A declaração dos estados de Atenção, Alerta e Emergência requer, além dos níveis de concentração atingidos, a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

**Tabela 5.1-58- Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar**

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
Dióxido de Enxofre ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 h	800	1.600	2.100
Partículas Totais em Suspensão (PTS) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 h	375	625	875
SO <sub>2</sub> X PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )x( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 h	65.000	261.000	393.000
Monóxido de Carbono (ppm) - 8 h	15	30	40
Ozônio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 1 h	400	800	1.000
Partículas Inaláveis ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 h	250	420	500
< Fumaça ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 h	250	420	500
Dióxido de Nitrogênio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 1 h	1.130	2.260	3.000

**Fonte:** Resolução CONAMA nº 03, 26/06/90.

As regiões metropolitanas do País são as que apresentam os maiores problemas de poluição. A poluição atmosférica nessas áreas tem aumentado devido à crescente atividade industrial e ao aumento do número de veículos motorizados em circulação, e outras formadas indiretamente através de reações fotoquímicas no ar. Assim, a qualidade do ar urbano tem causado sérios problemas às condições de vida das pessoas, da vegetação e da fauna que vive nas cidades e arredores.



**Figura 5.1-47 Emissões de Urbano/Industriais – Brasil Monóxido de Carbono (ppb): 74m (22/07/2008)**

Fonte: CATT-BRAMS - CPTEC/INPE

As elevadas concentrações de poluentes advindos dessas fontes, partículas sólidas em suspensão, gotículas de óleo expelidas pelos motores, altas concentrações de CO, CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> e compostos de Flúor e Cloro são algumas das causas da baixa qualidade do ar.

**Tabela 5.1-59 Principais Poluentes Atmosféricos**

	Principal fonte	O que causa
NO <sub>2</sub>	Escape dos veículos motorizados	Problemas respiratórios
	Centrais termoelétricas	
	Fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico	
SO <sub>2</sub>	Centrais termoelétricas	Problemas respiratórios, irritação nos olhos, problemas cardiovasculares
	Petróleo ou carvão	
	Fábricas de ácido sulfúrico	

Partículas em suspensão	Escape dos veículos motorizados	Problemas respiratórios, irritação dos olhos, doenças cardiovasculares
	Processos industriais	
	Centrais termoelétricas	
	Reação dos gases poluentes na atmosfera	
CO	Escape dos veículos motorizados	Problemas respiratórios, intoxicações, problemas cardiovasculares
	Alguns processos industriais	Na exposição prolongada: aumento do volume do baço, hemorragias, náuseas, diarreias, pneumonia, perda de memória e outros males.
	Fumaça de cigarro	
Pb (Chumbo)	Escape dos veículos motorizados (gasolina com chumbo)	Efeito tóxico acumulativo
	Incineração de resíduos	Anemia e destruição de tecido cerebral
O <sub>3</sub> (Ozônio)	Formados na atmosfera devido à reação de óxidos de azoto, hidrocarbonetos e luz solar	Irritação nos olhos
		Problemas respiratórios (reação inflamatória das vias aéreas)

Fonte: CETESB (www.cetesb.sp.gov.br)

Calcula-se que 60% da poluição atmosférica nas regiões das grandes cidades sejam decorrentes dos veículos automotores. Outras fontes problemáticas são indústrias e queimadas, agravadas pelas condições climáticas. Dos gases emitidos pelos veículos automotores, 99,9% são inofensivos, mas 1% é altamente ofensivo ao homem e ao meio ambiente. Considerando o aumento da frota de veículos nas cidades, este 1% é extremamente significativo.

Nas áreas rurais, de forma geral, a poluição atmosférica advém principalmente de queimadas, como prática antecedente ao corte para formação de pastagens ou lavouras, o que contribui negativamente para a qualidade do ar com as emissões de material particulado, CO e CO<sub>2</sub>, que contribuem para o fenômeno conhecido como efeito estufa.

No Rio Grande do Sul, onde se localiza o empreendimento, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) é a instituição responsável pela fiscalização e controle da qualidade do ar no Estado. Atualmente a Fepam monitora a

qualidade do ar através da Rede Manual e da Rede Automática, diferenciada em função das áreas que abrangem, dos equipamentos que utilizam e dos parâmetros do ar que determinam. Na Rede Manual são realizadas coletas de 24 horas, de seis em seis dias, cujas amostras são transportadas, das estações ao laboratório, para serem analisadas.

Na Rede Automática, também denominada AR DO SUL, as análises são realizadas, automaticamente, por equipamentos que utilizam princípios físicos e químicos, no instante em que o ar é amostrado, sendo os dados gerados e enviados via rede telefônica a uma central, o que permite acompanhamento on line da qualidade do ar e das condições meteorológicas, nos locais onde estão instaladas. ([www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br), 26/07/2008).

**Tabela 5.1-60 Pontos da Rede Automática de Monitoramento do Ar no Rio Grande do Sul**

Município	Estação	Localização	Parâmetros de Monitoramento
Porto Alegre	Centro /Rodoviária	Largo Edgar Koëtz	PI10, SO2, H2S, CO, NOx, O3
Porto Alegre	Santa Cecília /Silva Só	Av. Silva Só, 340	PI10, SO2, CO, NOx, O3
Porto Alegre	Jardim Botânico /ESEF	Escola Superior de Educação Física da UFRGS, Rua Felizardo Furtado, 488.	PI10, SO2, CO, NOx, O3
Canoas	Canoas/V COMAR	V Comando Aéreo da Região Sul, Rua Guilherme Schell, 3950	PI10, SO2, O3
Sapucaia do Sul	Sapucaia/SESI	Rua Lúcio Bittencourt 1080	PI10, SO2, CO, NOx, O3
Triunfo	Montenegro/Pólo Petroquímico	Brigada Militar	PI10, SO2, H2S, CO, NOx, O3
Caxias do Sul	Caxias/São José	Rua Luiz Fachin, 620	PI10, SO2
Esteio	Esteio/Vila Ezequiel	Rua Ezequiel Nunes Filho, 3	PI10, SO2, NOx, O3, CO, Hidrocarbonetos e Parâmetros Meteorológicos
Canoas	Canoas/Parque Universitário	Rua Viana Moog, 101	PI10, SO2, NOx, O3, CO, Hidrocarbonetos e Parâmetros Meteorológicos
Diversos	Móvel	Circula pelo Estado	PI10, SO2, H2S, CO, NOx, O3
Central de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar/DLABAR (de recepção dos dados telemétricos) na sede da FEPAM/Porto Alegre.			

Fonte: FEPAM/RS

Através do Índice de Qualidade do Ar (IQA), obtido das várias estações distribuídas no Estado, transforma-se as concentrações medidas dos diversos poluentes em um único valor adimensional que possibilita a comparação com os limites legais de concentração para os diversos poluentes (Padrões de Qualidade do Ar - PQA).

O IQA é divulgado, diariamente, de cada estação de monitoramento, considerando-se o índice mais elevado dos poluentes monitorados, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso.

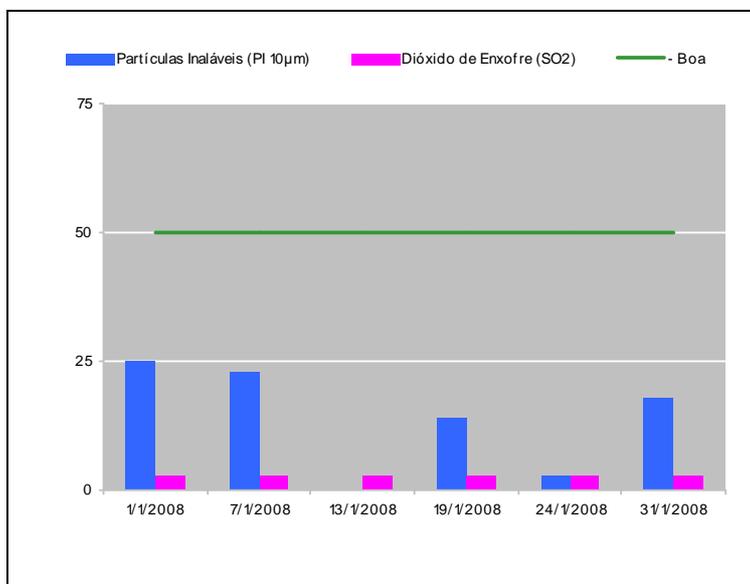
**Tabela 5.1-61 Pontos da Rede Manual de Monitoramento do Ar no Rio Grande do Sul**

Município	Estação	Localização	Parâmetros de Monitoramento
Porto Alegre	Jardim Botânico / 8º DISME	Estação Meteorológica do 8º Distrito de Meteorologia do INMET	PI10, PTS, SO2
Porto Alegre	Anchieta / CEASA	Centrais de Abastecimentos do RS, Av. das Indústrias	PI10, PTS, SO2
Charqueadas	CORSAN	Estação da CORSAN	PI10, PTS, SO2
Estância Velha	Hospital Getúlio Vargas	Ao lado da Casa Mortuária e nos fundos do Hospital Getúlio Vargas	PTS, SO2
Montenegro	Parque Centenário	Parque Centenário	PTS, SO2
Triunfo	III Pólo Petroquímico	SINE, no III Pólo Petroquímico	PTS, SO2
Caxias do Sul	Centro Administrativo	Junto ao Centro Administrativo Municipal	PTS, SO2
Rio Grande	CORSAN	Junto à Estação da CORSAN, na Vila Hidráulica	PTS, SO2
Rio Grande	Praça Montevideu	Praça Montevideu, no centro da cidade	PTS, SO2
Rio Grande	CEEE	Junto à Estação de Rebaixamento de Tensão da CEEE	PTS, SO2
Rio Grande	Rádio Cassino	Junto às antenas da Rádio Cassino	PTS, SO2

Fonte: FEPAM/RS

A seguir, exemplo de dado fornecido pelo Boletim Mensal de Qualidade do Ar da Rede Manual da FEPAM/RS, na estação Porto Alegre, 8º/DISME, em janeiro de 2008:

Boletim Mensal da Qualidade do Ar – Jardim Botânico/8º DISME	
Mês:	01/2008
Local:	Jardim Botânico/8º DISME
Pior Ocorrência:	01/01/2008
Poluente:	Partículas Inaláveis (PI 10µm)
Índice:	25
Cor:	 <b>Boa</b>
Observação:	Sem observações relevantes



Fonte: FEPAM/RS

**Figura 5.1-48 Boletim Mensal de Qualidade do Ar da Rede Manual da FEPAM/RS, na estação Porto Alegre**

Abaixo, exemplo do Boletim da Qualidade do Ar, diário, da Rede Automática, em Porto Alegre, da Estação Centro/Rodoviária, no dia 23/07/2008:

Boletim da Qualidade do Ar	
Centro/Rodoviária – Porto Alegre	
Data	<b>23/07/2008</b>
Horário de Fechamento do Boletim:	16:00 h
Local:	Centro/Rodoviária
Qualidade do Ar	 <b>Boa</b>
Poluentes Críticos:	Ozônio(O3)
Índice (IQAr):	21
Observação:	Parâmetro(s) considerado(s): SO2, O3.

Fonte: FEPAM/RS

**Figura 5.1-49 Boletim da Qualidade do Ar, diário, da Rede Automática, em Porto Alegre**

Tomando-se o exemplo de Porto Alegre como parâmetro da qualidade do ar em áreas urbanas, o que, para este estudo é considerado a pior situação de poluição atmosférica, observa-se pelo boletim que a qualidade do ar pode ser considerada boa em local onde a movimentação de veículos é intensa. Extrapolando esta condição para os demais centros urbanos da área de influência direta, pode-se afirmar que os níveis de poluição serão menores do que o de Porto Alegre. Isto pode ser explicado pela densidade de automóveis nas áreas urbanas e pela facilidade de circulação de ventos. Nestas condições, Porto Alegre apresenta uma situação mais crítica do que a cidade de Guaíba, que seria o centro urbano mais semelhante ao de Porto Alegre, bem como das cidades de Camaquã e Cristal, que se encontram na área de influência direta e serão mais afetadas pelos impactos decorrentes da implantação das obras.

No que diz respeito ao diagnóstico da zona rural, como já foi mencionado anteriormente, os maiores problemas estão ligados às queimadas que afetam a

qualidade do ar nos períodos de estiagem. Porém também podem ser citados problemas relacionados à suspensão de material particulado nas estradas vicinais, que se encontram sobre leito natural.

As áreas de extração de material de construção, comumente encontradas na zona rural, vinculada à rodovia federal, também são foco de poluição atmosférica, uma vez que geralmente encontram-se próximas às propriedades rurais e não possuem um plano de lavra adequado.

Levando este contexto de poluição atmosférica à realidade de uma obra de duplicação, em um ambiente que se encontra altamente antropizado, sejam por ocupações urbanas ou por rurais, observa-se que a região não possui problemas acentuados com este tipo de poluição e que, a inserção da obra em um ambiente que possui 90% de sua ocupação com características rurais, não se apresenta como impacto significativo. Entretanto, a dinâmica da obra causa pontualmente uma alteração no cotidiano da população envolvida, sendo necessária adoção de medidas de mitigação para contornar a situação de diminuição da qualidade de vida e da alteração da paisagem.

#### **5.1.8.1 . Poluição Atmosférica na Fase de Obras da Rodovia**

O monitoramento da qualidade do ar tem como objetivo avaliar os níveis de poluição atmosférica e se eles trazem desconforto ambiental durante a execução das obras, principalmente no que diz respeito à geração de poeira, ao longo de todo o trecho de obras e nos canteiros de obras, localizados em áreas próximas a ocupações urbanas.

Para a fase construtiva, deve ser monitorada a alteração da qualidade do ar, no que diz respeito à geração de poeira, principalmente nas áreas de corte/aterro, durante a terraplanagem das áreas e no trecho de grande movimentação de equipamentos.

Para o monitoramento da qualidade do ar deverão ser consideradas as normas técnicas NBR 8969 - Poluição do Ar, as Resoluções CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 18 de 05/86 e nº 07 de 08/93 a Lei Federal nº 8723 de 10/93, além das leis estaduais e municipais em vigor, sobre esse assunto.

Tabela 5.1-62 Agentes e Fontes Poluidoras

Agente Poluidor	Fontes Poluidoras
Emissão de partículas	A principal fonte é o secador rotativo. Outras fontes são: peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem, tráfego de veículos e vias de acesso.
Emissão de gases	Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Misturador de asfalto: hidrocarbonetos. Aquecimento de cimento asfáltico: hidrocarbonetos. Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento asfáltico: hidrocarbonetos.
Emissões fugitivas	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura.
<b>Obs:</b> Emissões fugitivas são quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar seu fluxo.	

**Fonte:** Norma DNIT 070/2006

Os poluentes atmosféricos que mais comumente afetam a qualidade do ar no entorno de obras desse tipo são as partículas em suspensão (oriundas das escavações, do transporte de solos e de materiais de construção, e o manuseio de agregados na produção de concreto). Além disso, temos os poluentes normais dos escapamentos dos veículos usados pelas construtoras, aliados ao tráfego normal da rodovia.

O impacto ambiental causado, tanto pela poeira como pela lama, deverá ser generalizado ao longo da obra, sendo importantes algumas medidas no sentido de minimizar os efeitos causados. Embora quanto à geração de lama não se possam efetivar ações de maior controle, quanto à poeira pode-se umedecer o solo através de caminhões aspersores evitando o arraste do vento, e a utilização de equipamentos devidamente cobertos por lonas para o transporte de material das jazidas e do bota-fora.

Os equipamentos de britagem e de mistura de agregados devem ser equipados com aspersores de água para evitar o lançamento de material particulado na atmosfera. Centrais de concreto, quando próximas a áreas de ocupação humana, devem ter como equipamento obrigatório de controle um filtro de manga, com sistema de limpeza periódica manual, permitindo controlar a poluição do ar por finos. (Norma DNIT 070/2006).

As estradas de acesso e caminhos de serviço, nos trechos próximos a concentrações habitacionais, deverão receber tratamento apropriado para evitar a formação de nuvens de poeira oriundas do tráfego de veículos e máquinas.

A manutenção de veículos das construtoras, incluindo a verificação do nível de ruídos e a manutenção das características originais do sistema de escapamento, deve atender as Resoluções CONAMA nº 10/89; 07/93; 226/97; 251/99 e 252/99, referentes aos padrões de emissões veiculares.

Segundo a Norma, o Projeto de Engenharia deve definir as áreas para as instalações de canteiros, jazidas, bota-fora, instalações industriais, enfim, toda a estrutura de apoio à construção do empreendimento, levando em considerações os seguintes pontos, a fim de se evitar danos maiores ao meio ambiente e à população diretamente afetada, bem como aos operários:

- Os areais, as pedreiras, as instalações de britagem e as usinas de asfalto, concretos e solos – bem como os depósitos para ligantes betuminosos não podem:
  - Situar-se em área de preservação ambiental,
  - Estar sujeitas a instabilidades físicas passíveis de ocorrência em cotas superiores (a exemplo: escorregamentos, deslizamentos, depósitos de tálus etc.);
  - Ser susceptíveis a cheias e inundações.
- As instalações de britagem e as usinas de asfalto bem como os depósitos para ligantes betuminosos, não devem:
  - Situar-se próximas a nascentes de cursos d'água;
  - Situar-se em linha reta com a direção predominante dos ventos e nucleamentos urbanos;
- O setor encarregado da supervisão ambiental das obras deverá consultar os órgãos ambientais com jurisdição nas áreas de operação das usinas, antes de sua instalação, a fim de estabelecer o nível necessário para o controle de emissão de gases e particulados pelas suas chaminés;
- Na operação das Usinas de Asfalto deverão ser adotadas as seguintes medidas:
  - Instalação de sistemas de controle de poluição do ar constituídos por ciclone e filtro de mangas ou de equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos nas legislações vigentes;

- Apresentar junto com o projeto para obtenção de licença, resultados de medições em chaminés que comprovem a capacidade do equipamento de controle proposto, para atender os padrões estabelecidos pelo órgão ambiental;
- Dotar os silos de estocagem de agregado fino de proteções laterais e cobertura, para evitar dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento;
- Enclausurar a correia transportadora de agregado frio;
- Adotar procedimentos de forma que a alimentação do secador seja feita sem emissão visível para a atmosfera;
- Manter pressão negativa no secador rotativo, enquanto a usina estiver em operação, para evitar emissões de partículas na entrada e saída do mesmo;
- Dotar o misturador, os silos de agregado quente e as peneiras classificatórias do sistema de exaustão conectados ao sistema de controle de poluição do ar, para evitar emissões de vapores e partículas para a atmosfera;
- Fechar os silos de estocagem de massa asfáltica;
- Pavimentar e manter limpas as vias de acesso internas, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% de opacidade;
- Dotar os silos de estocagem de filer de sistema próprio de filtragem a seco.
- Adotar procedimentos operacionais que evitem a emissão de partículas provenientes dos sistemas de limpeza dos filtros de mangas e de reciclagem do pó retido nas mangas;
- Acionar os sistemas de controle de poluição do ar antes dos equipamentos de processo;
- Manter em boas condições de operação todos os equipamentos de processo e de controle;
- Dotar as chaminés de instalações adequadas para realização de medições;

- Substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora (gás ou eletricidade) e o estabelecimento de barreiras vegetais no local, sempre que possível.

Em relação aos equipamentos em geral, deverá ser promovido:

- A manutenção preventiva e corretiva permanente das máquinas e equipamentos em operação na obra, considerando a geração de ruídos, a geração de gases e odores e as condições de segurança operacional;

A localização do empreendimento possui uma grande vantagem em relação ao sistema de circulação atmosférica da região: a dispersão dos poluentes atmosféricos é feita de forma mais eficiente.

O Estado localiza-se na zona subtropical de alta pressão, justamente na faixa divisória de influência dos eventos alísios e ventos de Oeste. Esta posição implica que na metade do Estado dominem os ventos alísios (do mar para o continente) e na metade sul, ventos de Oeste (do continente para o mar). Ao longo dos 630 km de extensão do litoral do Estado do Rio Grande do Sul, existem 986 km<sup>2</sup> de areia e dunas, sopradas por ventos intensos e constantes. Também no interior do Estado, na baixa rugosidade e aceleração orográfica das coxilhas da campanha, muitos ventos se unem ao Minuano compondo um dos potenciais eólicos mais promissores do Brasil (Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, acesso: <http://www.semc.rs.gov.br/atlas/regimes.htm>, em 10/09/2008).