

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

MEIO FÍSICO

Capítulo VI

6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

6.1. Meio Físico

6.1.1. Clima e Condições Meteorológicas

A região de estudo, de forma geral, possui uniformidade térmica, com o verão apresentando as maiores temperaturas e o inverno com as menores temperaturas. Verificou-se por meio dos dados meteorológicos e balanços hídricos que a região da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí apresenta excedente hídrico no ano. Cabe ressaltar que a variação da precipitação não está ligada somente à passagem de sistemas frontais, mas também, à orografia, a cobertura vegetal e edificações que alteram o microclima local.

Para a contribuição da precipitação para a recarga dos mananciais também é importante a intercepção florestal pelo armazenamento nas copas e serrapilheira. Estiagens prolongadas, como aquelas observadas no período de novembro de 2005 a setembro de 2006, oportunidade em que precipitou apenas 30% da normal climatológica para o período, motivada por condições de neutralidade e La Niña, pode ter levado a um déficit hídrico provocando problemas de recarga dos mananciais, principalmente, para o baixo e médio Itajaí-Açu. A influência destes fenômenos afeta não somente os níveis de precipitação como também o regime das frentes frias e ondas incidentes na costa. Durante o El Niño ocorrido entre os anos de 1997 e 1998, houve aumento do número e intensidade de frentes frias e ondas na costa causando, conseqüentemente, aumento dos processos erosivos em praias de todo o litoral brasileiro, assim como também, na região do litoral centro-norte catarinense.

O entendimento do clima nas suas diversas escalas, da global a local, torna-se premente no atual estágio da sociedade, pois exerce influência direta nas mais variadas demandas colocadas pelo homem e no equilíbrio da natureza.

O Sul do Brasil e, por conseguinte o Estado de Santa Catarina, pela sua posição subtropical (médias latitudes) sofre influência constante de frentes frias vindas do sul do continente. Em média ocorrem quatro eventos a cada mês do ano influenciando as atividades humanas tanto no continente como no mar.

O clima de Santa Catarina é classificado como Mesotérmico Úmido com excesso hídrico destacando-se a precipitação com maior variação no decorrer do ano. A média anual de precipitação da região Sul do Brasil varia entre 1.250 a 2.000 mm.

A precipitação é um dos principais fatores que rege as condicionantes hidrológicas de bacias, como a vazão e o transporte sedimentar para a zona costeira adjacente. Neste sentido, segundo Silva & Severo (2003 *apud* COMITÊ DO ITAJAÍ, 2010), para um período avaliado entre 1979 a 2003 para a Bacia Hidrográfica do Itajaí-Açu, as precipitações anuais variaram de 1500 mm, na região central a sudeste da bacia, a 1900 mm, na borda nordeste da bacia, como mostra a Figura 60. No entanto, de acordo ainda com estes autores, essa distribuição de chuvas não é uniforme ao longo do ano, como mostra a Figura 61, que representam a distribuição da chuva média por estação do ano.

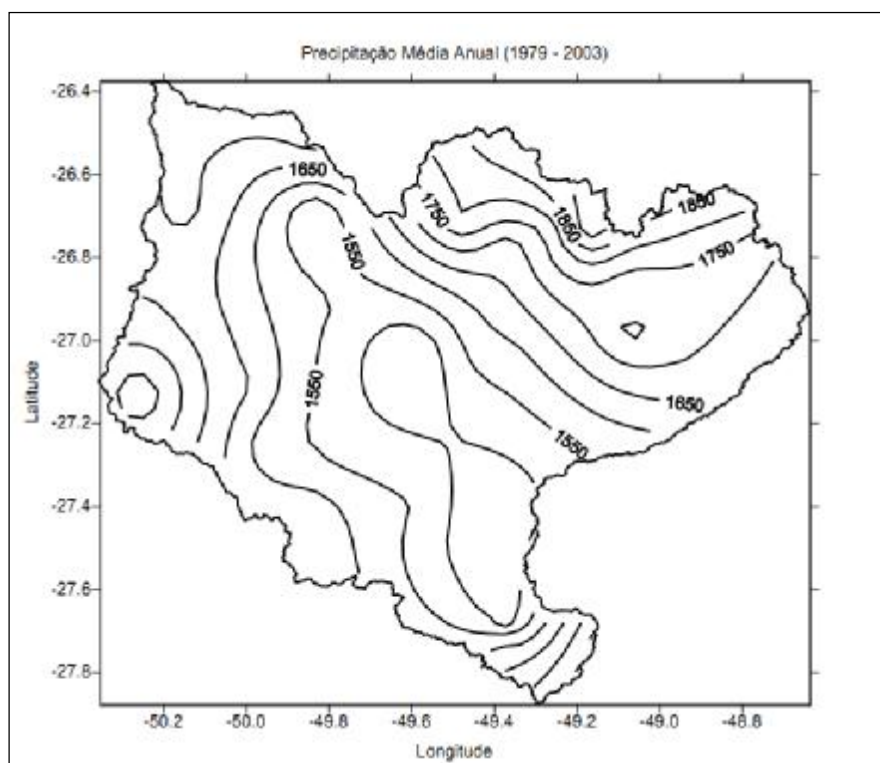


Figura 60. Distribuição da precipitação média anual. Fonte: SILVA & SEVERO, 2003 *apud* COMITÊ DO ITAJAÍ - 2010.

Silva & Severo (2003) citam que não existe uma estação seca ou mês seco na região. Assim, o regime pluviométrico da região pode ser considerado como isoúmido, segundo Serebrenick (1958). Apesar disso, pode-se distinguir nitidamente uma variação quantitativa da chuva no decorrer do ano, com as seguintes características (Figura 61):

- Ø uma estação chuvosa principal no verão, que abrange em geral quatro meses (dezembro a março);

- Ø uma estação chuvosa secundária na primavera (reduzida aos meses de setembro e outubro), havendo, assim, um mês relativamente mais seco (novembro) encravado entre duas estações chuvosas, que constitui uma estação seca secundária;
- Ø um período de 5 meses, que é o menos chuvoso do ano, abril a agosto, ou seja, no outono/inverno. Desses meses, o mais seco é o mês de abril (SILVA & SEVERO, 2003).

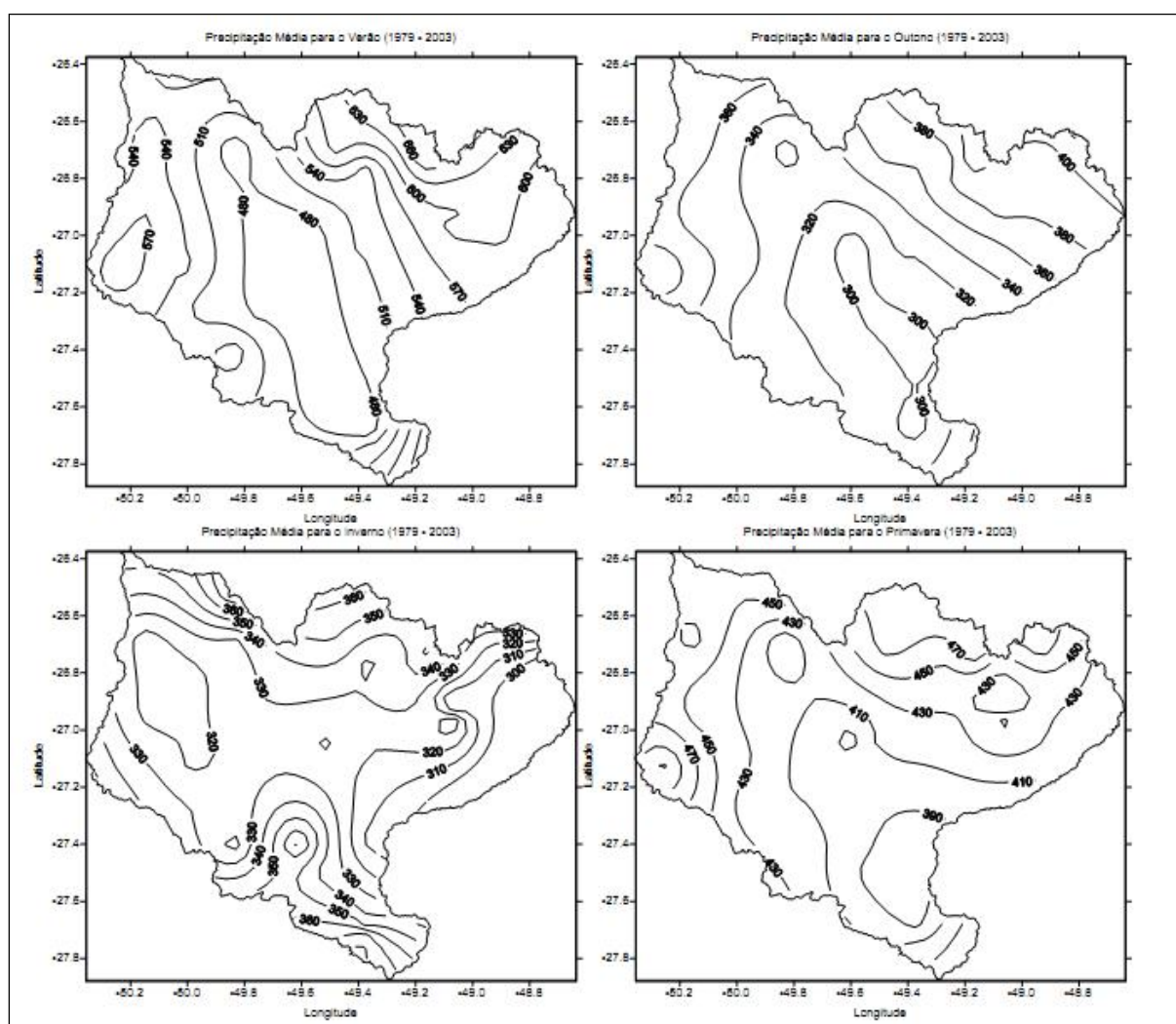


Figura 61. Distribuição da precipitação média no verão, no outono, no inverno e na primavera. Fonte: SILVA & SEVERO - 2003.

Segundo os autores supracitados, as chuvas mais intensas ocorrem, geralmente, durante a época chuvosa (verão) e as menos intensas, durante o inverno. O número de dias em que ocorre a chuva, independentemente de sua intensidade, varia entre 120 e 180 dias por ano. Durante as estações chuvosas, há, em média, 15 dias de chuva por mês.

O uso das Normais Climatológicas (valor padrão reconhecido de um elemento meteorológico, considerando a média de sua ocorrência em um determinado local, por um número determinado de anos) permite dentro da análise climatológica clássica o acompanhamento e a classificação climática de determinada região.

6.1.1.1. Climatologia da Região da Foz do Rio Itajaí-Açu

Dados meteorológicos são essenciais pela possibilidade de se realizar a interação dos eventos climáticos com os aspectos naturais e socioeconômicos. O clima de Santa Catarina apresenta boa distribuição de chuva durante o ano e pela sua posição geográfica subtropical, muito próxima da região tropical, sendo assim, zona de transição entre as Massas de Ar Tropicais, Polares e Linhas de Instabilidades originadas na Baixa Pressão do Chaco (Paraguai), isto é, atingida pelos principais centros de ação das Massas de Ar que atuam na América do Sul.

Araújo *et al.* (2006) caracterizaram o clima da região com dados meteorológicos (Normais Climatológicas) num período de 91 anos, sendo que a região apresenta precipitação anual de 1.545,3 mm, temperatura média de 20,3°C e umidade relativa de 83,73%.

Portanto, para a elaboração do presente diagnóstico, abordando a climatologia da região do baixo estuário do rio Itajaí-Açu, utilizou-se de dados meteorológicos mensais referentes ao período de 1999 a 2010, de duas estações meteorológicas situadas na cidade de Itajaí; e dados da estação automática de Itajaí, de 2010 a 2015, fornecidos pelo INMET- Instituto Nacional de Meteorologia e disponibilizados no site www.inmet.gov.br

6.1.1.1.1. Material e Métodos

Neste estudo referente ao comportamento do clima atuante na região da foz do rio Itajaí-Açu foram utilizados dados de três séries históricas de estações meteorológicas: uma convencional e outra automática. Dados da estação agro-meteorológica convencional pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) localizada no Município de Itajaí, bairro Itaipava, nas coordenadas 26°54' de latitude sul e 48°39' de longitude oeste, e a uma altitude de 2 metros com dados do período de 1987 a 2010 para precipitação e de 1980 a 2006 para os demais elementos meteorológicos. A segunda, com dados do período de 1999 a 2010, é da estação meteorológica automática pertencente à Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI),

localizada na cidade de Itajaí, bairro Centro, na coordenada 26°54'50" de latitude sul e 48°39'41" de longitude oeste, a uma altitude de 5 metros.

Os dados meteorológicos da estação da EPAGRI referem-se à Normal Climatológica (média das médias) nos períodos de 1980 a 2006 e de 1987 a 2010 e da estação da UNIVALI referem-se a dados mensais do período de 1999 a 2010 (ACQUAPLAN, 2010 – EIA do Saco da Fazenda). O uso da normal climatológica foi utilizado como parâmetro de confrontação das médias históricas e o comportamento dos dados mensais, especificamente para a precipitação. Para análise foram utilizados dados de temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e vento.

A terceira série de dados, do período de 2010 a 2015, fornecidos pela estação automática A868 Itajaí, disponíveis no site do INMET, refere-se aos dados mensais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar.

6.1.1.2. Resultados e Discussão

Segundo Nimer (1989), o sul do Brasil e, por conseguinte, o Estado de Santa Catarina é uma região das mais uniformes e de maior grau de unidade climática, expressa pelo predomínio do clima mesotérmico, superúmido, sem estação seca e com um ritmo climático característico de regiões temperadas.

O tempo predominante em determinado local é aquele associado a uma massa de ar que ocorre na região. Entretanto, devido ao movimento das massas de ar, surgem perturbações que alteram as condições de tempo dominante. Em Santa Catarina, estas perturbações estão associadas principalmente, ao deslocamento das frentes polares, consequência da invasão dos anticiclones polares. Estas invasões ocorrem ao longo de todo o ano, porém, são mais extensas e frequentes durante o inverno. Durante a primavera e verão, devido ao aquecimento diurno junto à superfície, resultam as chuvas de origem convectivas, que se caracterizam por apresentarem nuvens de desenvolvimento vertical, chuvas de forte intensidade e pequena duração.

A maior variabilidade de precipitação e temperatura na região está relacionada à entrada de sistemas frontais frios. Observa-se na Figura 62 a entrada destes sistemas no período de setembro de 2005 a dezembro de 2009 com uma média mensal de seis eventos/mês, sendo o mês de novembro de 2007, o de maior atividade e o mês de fevereiro o de 2006 de menor intensidade.

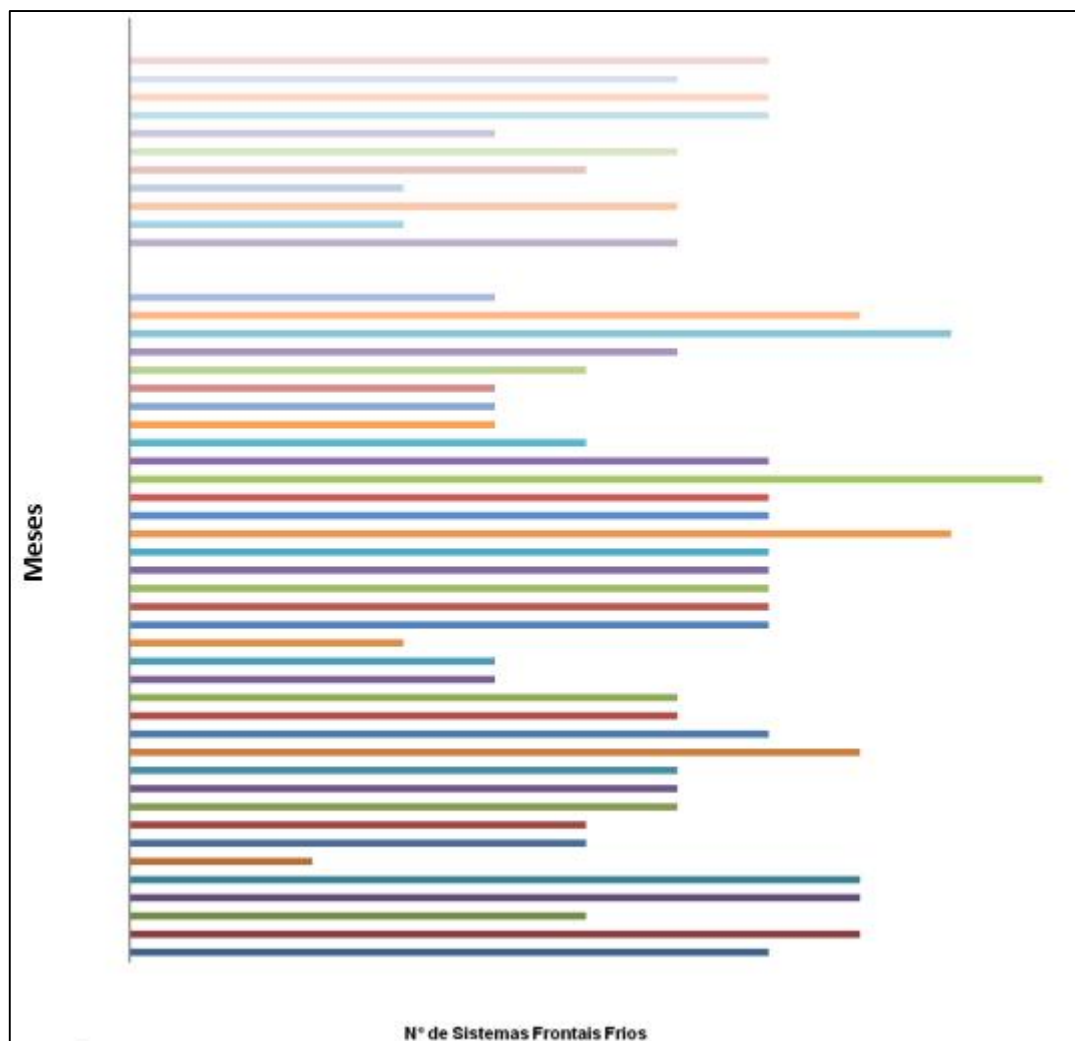


Figura 62. Número de Sistemas Frontais Frios – do período de setembro de 2005 a dezembro de 2009. Fonte: Síntese Sinótica Mensal – CPTEC/INPE - 2009.

6.1.1.2.1. Precipitação

A precipitação média total para o período de 1987 a 2010 foi de 1.759 mm e para o período de 1999 a 2010 foi de 1.261 mm (Figura 63). Para o período de 1999 a 2008 os índices de precipitação mostraram-se menores que a média histórica (normal climatológica – 1987/2010) já que os eventos de chuvas mais significativas dependem da instabilidade, orografia etc. No mês de novembro de 2008 os totais de chuva na estação da UNIVALI localizada no centro da cidade indicaram um total de 571 mm e na estação da EPAGRI/CIRAM no bairro Itaipava um total de 725 mm, ou seja, uma diferença de 154 mm numa distância de 12 km.

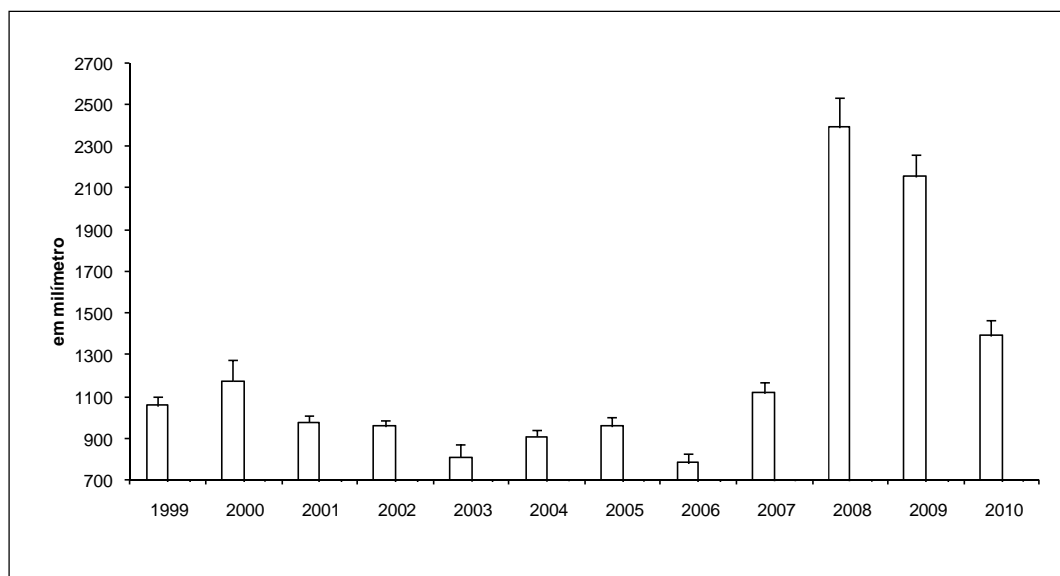


Figura 63. Precipitação Total Anual e Desvio Padrão do Município de Itajaí – SC – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI - 2010.

Para o período de julho de 2010 a fevereiro de 2015 observou-se que a precipitação média na estação de Itajaí apresentou-se semelhante à precipitação média anual observada por Silva e Severo (2003), com valores entre 1500 e 1900 mm. Para o período de julho de 2010 a dezembro de 2010 foram observados cerca de 500 mm totais de chuvas; em 2011, cerca de 1955 mm; em 2012, cerca de 1410 mm; em 2013, 1960 mm aproximadamente; em 2014, cerca de 1975 mm, e entre janeiro e fevereiro de 2015, cerca de 390 mm totais de chuva (Figura 64). Os valores encontram-se dentro da média anual de precipitação da região Sul do Brasil (entre 1250 e 2000 mm).

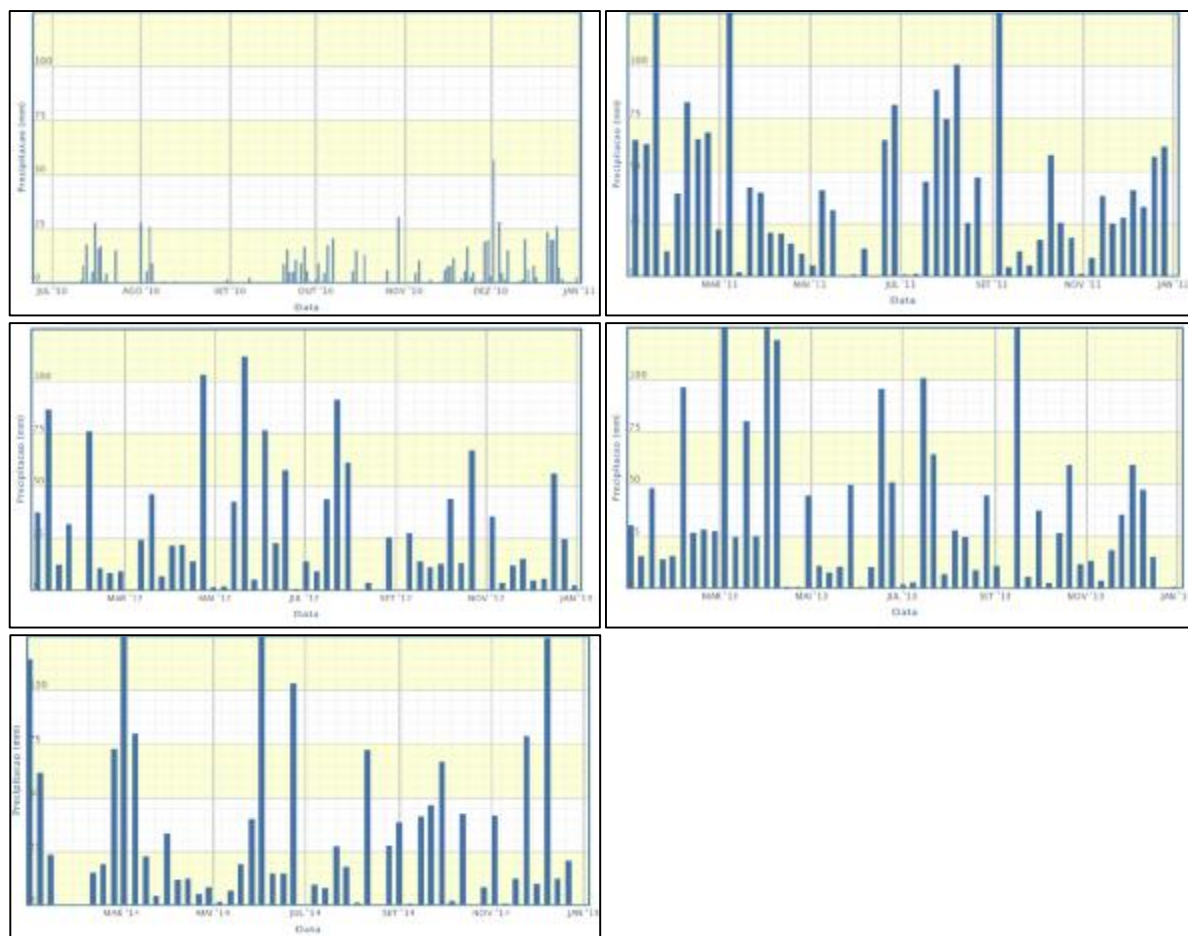


Figura 64. Precipitação anual da Estação A868 Itajaí, de julho de 2010 a janeiro de 2015. Fonte: INMET, 2015.

A Figura 65, que indica a média mensal de precipitação para o período de 1999 a 2010, observamos que os meses de janeiro, fevereiro e novembro apresentam os maiores índices mensais de precipitação, acima de 140 mm. Os meses de junho e agosto apresentam os menores índices um pouco acima de 50 mm. A média mensal ficou em 105 mm.

No ano de 1999 a relação entre a média histórica (período de 1987-2010) e da precipitação do ano foi de 60%, ou seja, precipitou apenas 60% da média histórica. A dinâmica de distribuição de chuva segue o mesmo padrão com os trimestres de J/F/M e O/N/D com maior precipitação, e os trimestres de A/M/J e J/A/S, com menor precipitação. As exceções ficaram para os meses de abril e julho com precipitação maior que a média histórica. Ressalta-se que o índice de precipitação menor para este ano pode estar associado ao fenômeno *La Niña* atuante neste ano de modo fraco.

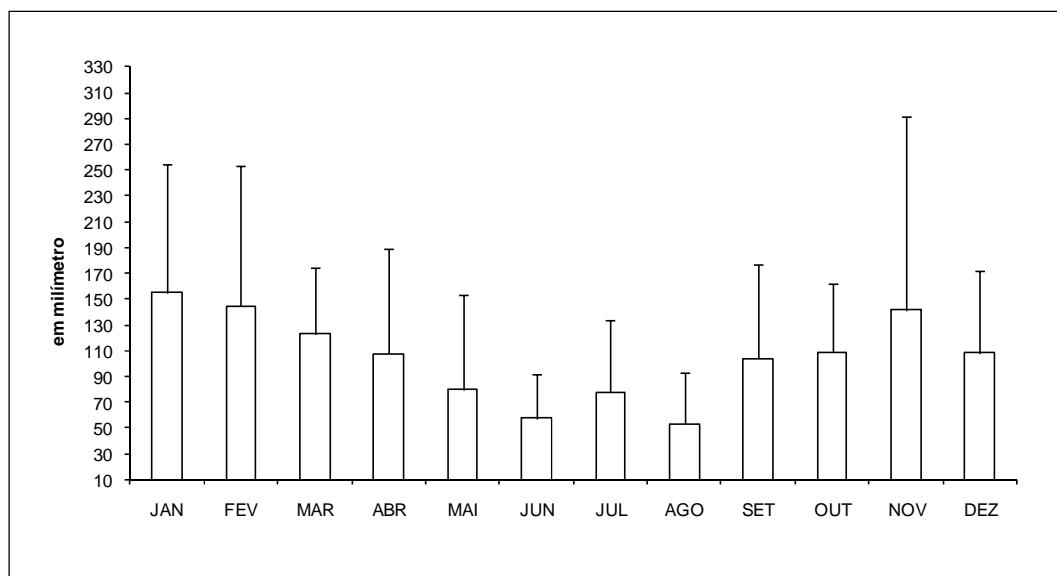


Figura 65. Precipitação Média Mensal (Média) e Desvio Padrão do Município de Itajaí – SC – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI - 2010.

No ano de 2000 verificaram-se também índices menores de precipitação, se comparado à média histórica (relação de 66,7%), e maior que o ano de 1999. Esta situação pode estar correlacionada com o *La Niña* que estava atuando em 2000 de modo fraco passando a moderado. Em linhas gerais, o fenômeno *La Niña* para a região sul provoca queda de temperatura, diminuição e principalmente distribuição irregular da chuva. A distribuição mantém o padrão de distribuição nos trimestres em relação à média histórica, ou seja, as estações mais chuvosas, verão e primavera, e outono e inverno com menor precipitação. Observam-se apenas os meses de janeiro e fevereiro com chuvas acima da média histórica. Assim, o primeiro trimestre foi mais chuvoso que à média histórica para o Município de Itajaí.

No ano de 2001 as condições de *La Niña* ainda permaneciam de modo moderado, mas com tendência de mudança para o ano seguinte de *El Niño*. Desta forma os índices de precipitação também ficaram abaixo da média histórica (55,5%). Nesse ano todos os trimestres apresentaram precipitação muito próxima em totais. No ano de 2002 se observa o retorno do regime pluvial que caracteriza a região, com chuvas em maior quantidade nos trimestres de J/F/M e O/N/D e a estação mais seca no trimestre de A/M/J. Neste ano atuava sobre a região o fenômeno *El Niño* de modo fraco. Assim, esse ano apresentou precipitação inferior aos anos anteriores, ou seja, 54,3% da média histórica.

No ano de 2003 atuava sobre a região o *El Niño* de modo fraco que pode atuar de modo diferenciado como exposto anteriormente. No período de março a agosto observaram-se anomalias negativas (Niño 3.4) no TSM (Temperatura Superficial do Mar) do Pacífico Sul,

que contribuiu para que grande parte do ano prevalecesse condição de estiagem. A exceção ficou nos meses de novembro e dezembro com precipitação superando a média histórica. No ano de 2004 observaram-se índices de precipitação com melhor distribuição ao longo do ano e o trimestre de J/A/S com estação mais seca. Os dois primeiros trimestres foram mais chuvosos. Também ocorreu parcial recuperação da estiagem do ano anterior. Em relação à média histórica precipitou 51,7% da mesma.

No ano de 2005 houve uma melhora na distribuição da precipitação no decorrer do ano. Inclusive, nos meses de agosto e setembro houve chuvas acima da média histórica. O trimestre J/A/S e J/F/M foram os mais chuvosos. No entanto, no decorrer do ano a precipitação em relação à média histórica ficou em 54,4%, contudo, superior aos dois anos anteriores. Da mesma forma que o ano anterior verificou-se variação mensal na quantidade de chuva. A partir do mês de outubro as anomalias negativas se intensificaram caracterizando transição para o *La Niña* que contribuiu com os baixos índices de precipitação para novembro e dezembro. O ano de 2006 caracterizou-se como um ano de estiagem. Esta condição começou no mês de outubro do ano anterior e prolongou-se até o mês de setembro daquele ano. Em relação à média histórica choveu apenas 44,4% do que deveria ter precipitado no ano. O quarto e primeiro trimestre foram mais chuvosos. Neste ano o *La Niña* atuou de forma fraca até o mês de setembro com variação negativa do TSM. A partir de outubro começou uma fase de transição para o *El Niño*.

No ano de 2007 ocorreu uma parcial recuperação da estiagem do ano anterior. Em relação à média histórica choveu 63,5% do que deveria ter precipitado no ano. Contudo, esse índice foi maior que os seis anos anteriores. Esse ano a precipitação manteve a dinâmica da média histórica, ou seja, o quarto e primeiro trimestre foram mais chuvosos. Nesse ano a partir do mês de fevereiro se observou variação negativa do TSM (*Niña* 3.4). Assim o *La Niña* atuou de forma fraca inicialmente, fortalecendo-se até o final do ano. No ano de 2008 ocorreu uma forte recuperação da estiagem dos anos anteriores. Em relação à média histórica choveu 36,1% a mais do que deveria ter precipitado no ano, índice maior que os nove anos anteriores. Esse ano a precipitação manteve a dinâmica da média histórica, ou seja, o quarto e primeiro trimestre mais chuvoso. Somente o mês de julho sofreu com estiagem. O mês de novembro obteve um índice quase 300% superior a média histórica, trazendo forte enchente na região do baixo vale do rio Itajaí-Açu. Nesse ano de 2008 tivemos alternância entre *La Niña* forte, *El Niño* fraco e novamente *La Niña* fraca.

No ano de 2009 observaram-se chuvas acima da média histórica com 27,8%. O trimestre mais chuvoso foi o de J/F/M e J/A/S. No ano de 2009 alternaram-se os eventos de *La*

*Niño*ano início do ano até março e a partir de abril com o *El Niño* se fortalecendo no final do ano. As chuvas mais significativas no início do ano, especialmente no litoral, foram motivadas por processos convectivos devido ao aquecimento acima da média do Oceano Atlântico Sul, já que no interior do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná sofriam forte estiagem. No ano de 2010 observaram-se chuvas acima da média histórica. O trimestre mais chuvoso foi o de A/M/J. No ano de 2010 até o mês de abril prevaleceu o evento de *El Niño*. A partir do mês maio anomalias negativas de TSM no Oceano Pacífico Central e Oriental correspondente ao Niño 3.4 caracterizou-se como o evento de *La Niña*. No segundo semestre de 2010 choveu cerca de 500 mm na região de Itajaí.

Em 2011, o trimestre mais chuvoso foi o de J/F/M e O/N/D, e somente o mês de junho sofreu com estiagem. No ano de 2012, o mês de agosto sofreu com estiagem, sendo as maiores precipitações observadas nos dois primeiros trimestres. Em 2013 e 2014, as maiores precipitações foram novamente observadas nos dois primeiros trimestres, sendo os meses com menores precipitações julho de 2013 e fevereiro e julho de 2014 (Figura 65). No ano de 2015, observaram-se chuvas próximas a média histórica em janeiro, e acima da média histórica no mês de fevereiro (Figura 66).

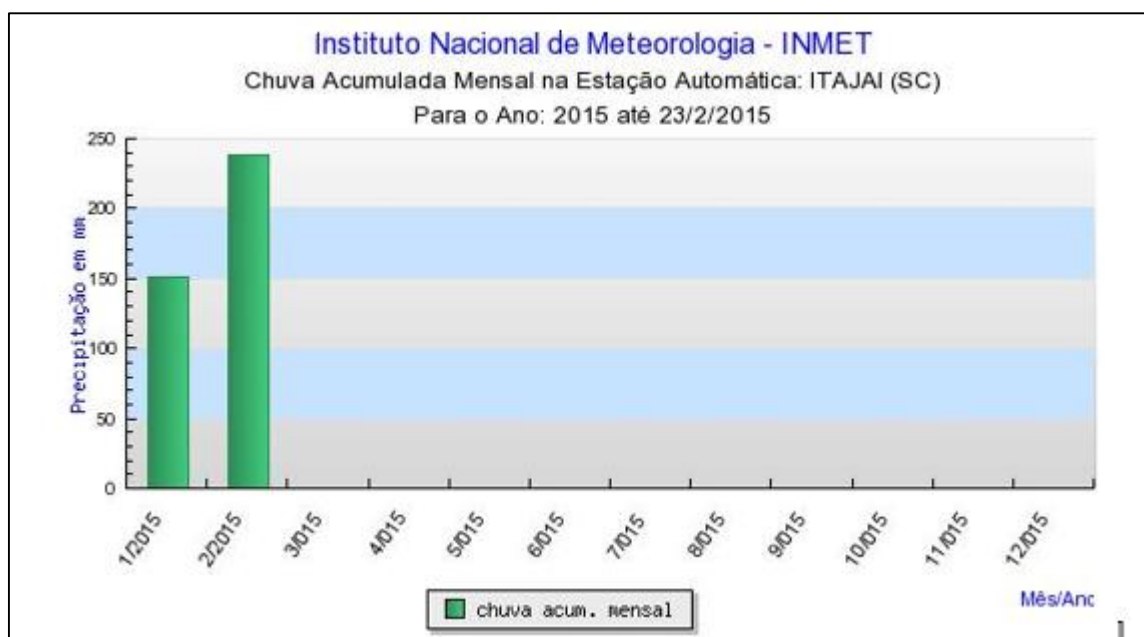


Figura 66. Precipitação do ano de 2015 da Estação A868 Itajaí. Fonte: INMET - 2015.

6.1.1.2.2. A Enchente de Novembro de 2008

A enchente e os deslizamentos ocorridos no final de novembro de 2008 começaram a ser desenhados no mês de outubro. Nesse mês precipitaram 237 mm, ou seja, 56% acima da média histórica, em 20 dias de chuva no mês. No mês de novembro precipitaram 571 mm,

343% acima da média histórica na estação da UNIVALI. Considerando-se a estação da EPAGRI, localizada no bairro Itaipava, precipitou 725,1 mm, ou seja, 437% acima da média histórica. Choveu 24 dias no mês. Do dia 19 ao dia 27 choveu na região 374,9 mm. No período mais crítico da enchente, os dias 20, 21, 22 e 23 precipitaram 342,9 mm. No dia 21 precipitou em 24 horas 126,3 mm e nos dias 22 e 23 mais 80 mm para cada dia. As condições sinóticas que propiciaram essa condição de chuva permanente foram uma passagem de frente fria no dia 19 e a fixação de um sistema de alta pressão sobre o oceano que favorecem os ventos vindos do oceano para o continente. Do dia 20 a 23 de novembro uma frente estacionária sobre a região sudeste não permitiu o deslocamento do sistema de alta pressão. Com isso, a umidade trazida pelos ventos do oceano e as características fisiográficas da região, litoral próximo das serras Geral e do Mar, favorecem a ascensão dos mesmos a alta altitude e seu resfriamento realimentando as precipitações. Cabe ressaltar que a temperatura do oceano Atlântico Sul estava acima da média histórica favorecendo ao aumento da umidade.

6.1.1.2.3. A Enchente de Setembro de 2011

Eventos de precipitação extrema são um dos piores problemas provocados por intempéries climáticas no Estado de Santa Catarina. Segundo levantamento da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), entre 1980 a 2007 *"ocorreram em Santa Catarina 1.229 inundações graduais, 701 inundações bruscas, 140 de escorregamentos, 780 de estiagens, 422 de granizos, 549 de vendavais e 43 episódios de tornados."*

Em 2011, 68% dos municípios catarinenses com mais de 30 mil habitantes tiveram problemas com eventos climáticos. Ainda, 89% dos municípios com mais de 50 mil habitantes passaram por inundações ou deslizamentos de terra em encostas. Ou seja, os principais centros econômicos de Santa Catarina foram os mais afetados pelas chuvas.

Em setembro de 2011, 96 cidades da região foram atingidas por enchentes, enxurradas ou deslizamentos e quase 1 milhão de pessoas foram afetadas. O Município de Itajaí, um dos mais afetados, teve quase 80% de sua parte urbana ocupada pelas águas dos rios Itajaí-Mirim e Itajaí-Açu - dados semelhantes aos ocorridos em 2008, quando ocorreu um evento similar na região.

De acordo com relatório de CPTEC (2011), na primeira semana de setembro de 2011 um sistema frontal influenciou a condição de tempo sobre Santa Catarina. No decorrer do dia 5 daquele mês uma frente fria atingiu o sudeste catarinense chegando ao litoral norte do

Estado nas primeiras horas do dia 6, avançando para o Paraná onde se manteve estacionária até as primeiras horas do dia 9 de setembro, com a pista de ventos de sudeste na retaguarda deste sistema mantendo a condição de tempo chuvoso em toda faixa leste deste Estado até as primeiras horas deste dia. O acumulado de chuva em 24h, do dia 6 ao dia 7 segundo registro do INMET, chegou a 73 mm em Campos Novos e acumulou 46 mm em Joinville. Entre os dias 7 e 8, em Campos Novos, foi registrado o acumulado de chuva de 98 mm, em Florianópolis acumulou 97 mm, em Indaial, 75 mm, em Lages, 65 mm e em Navegantes, 71 mm.

A Figura 67 (à esquerda) representa a precipitação total acumulada entre os dias 20 de Agosto e 18 de Setembro, observa-se que no centro-leste do Estado de SC houve acumulado de chuva em torno e/ou acima de 300 mm. Na ilustração à direita, nota-se anomalia positiva acima de 150 mm de precipitação para o mesmo período nesta região, ou seja, choveu pelo menos 150 mm acima do normal para este período.

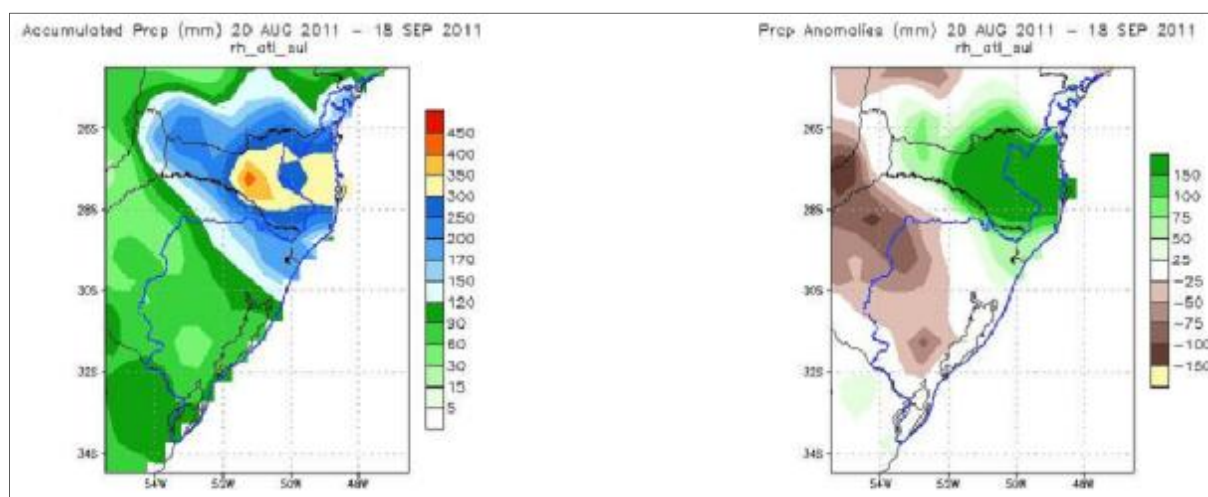


Figura 67. (a) Precipitação total acumulada entre os dias 20/08/2011 e 18/09/2011. (b) Anomalia de precipitação entre os dias 20/08/2011 a 18/09/2011. Fonte: CPTEC - 2011.

De acordo ainda com CPTEC (2011), este sistema anticiclônico na costa da Região Sul, advecia umidade para o continente através dos ventos de quadrante sudeste/leste devido a sua circulação. Tal fator favorece a instabilidade e a chuva, principalmente, na faixa centro-leste da região.

6.1.1.2.4. Temperatura

No período de 1980 a 2006 (Normal Climatológica) a temperatura média foi de 20,2°C, a máxima absoluta neste período foi 38,4°C em 11 de dezembro de 1980 e a mínima absoluta de 0,5°C negativo, foi observada em 3 de agosto de 1991.

No período de 1999 a 2010 a temperatura média foi de 21,6°C (Figura 68), a máxima absoluta de 35,2°C em novembro de 2002, e a mínima absoluta de 3,9°C em julho de 2000. Utilizaram-se dados trimestrais do período de 1999 a 2010 para análise da temperatura média, máxima absoluta e mínima absoluta (Figura 69 e Figura 70).

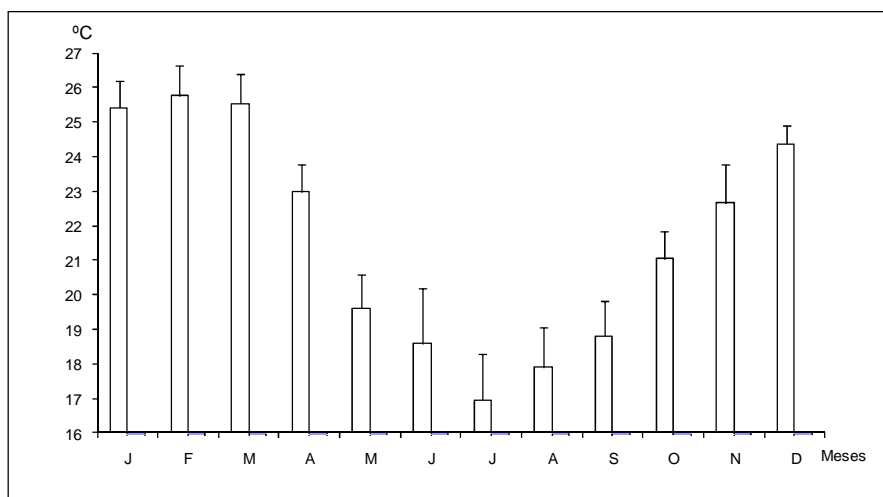


Figura 68. Temperatura Média Mensal (Média) e Desvio Padrão do Município de Itajaí – SC – período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI - 2010.

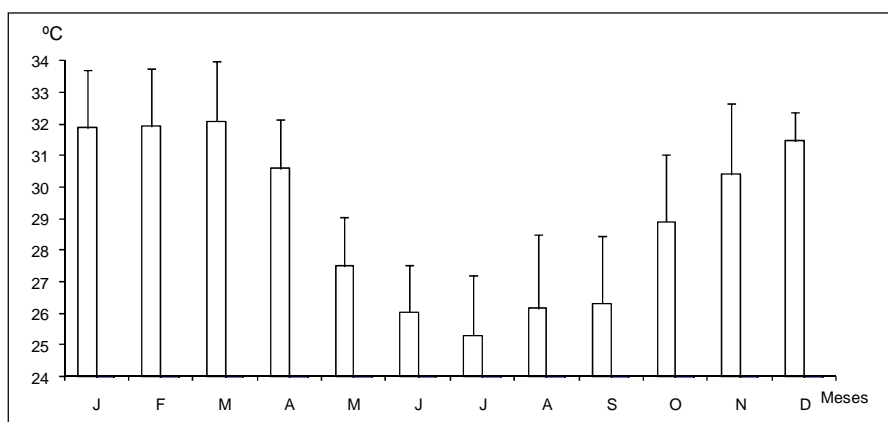


Figura 69. Temperatura Máxima Absoluta (Média) e Desvio Padrão do Município de Itajaí – SC – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI - 2010.

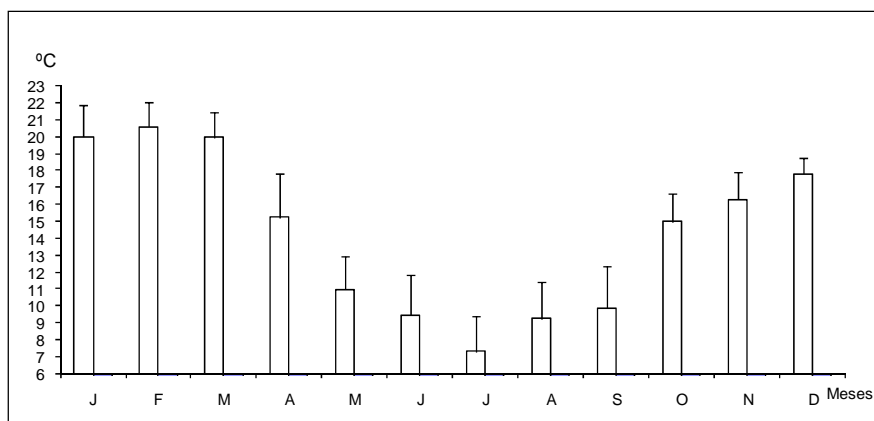


Figura 70. Temperatura Mínima Absoluta (Média) e Desvio Padrão do Município de Itajaí – SC – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI - 2010.

No período de 2010 a 2015 as menores temperaturas médias foram observadas entre maio e setembro. Em 2010 e 2011, as menores temperaturas foram observadas no mês de julho. Em 2012 e 2014, as menores temperaturas foram observadas em junho e agosto e, em 2013, as temperaturas mais baixas foram observadas no mês de agosto. Em relação às temperaturas médias mais altas, foram observadas em janeiro de 2011, dezembro de 2012, fevereiro de 2013 e janeiro de 2014.

6.1.1.2.5. Umidade Relativa do Ar

A média da umidade relativa do ar para o período de 1999 a 2010 foi de 83,3%. As menores médias de umidade foram evidenciadas no trimestre J/F/M e O/N/D e as maiores médias nos trimestres são os meses de junho e julho (Figura 72). A média para o trimestre de janeiro a março foi de 81,7% e no ano de 2000 ocorreu a menor média com 74,6%, e em 2010 a maior média com 88,2%. Para o trimestre de abril a junho a média foi de 83,7% com o ano de 2000 apresentando a menor média com 77,3% e o ano de 2010 com a maior média de 90,1%. No trimestre de julho a setembro a média foi de 85% sendo o ano de 1999 com a menor média de 78,8% e o ano de 2009 com a maior média de 90,7%. No trimestre de outubro a dezembro a média foi de 82,2% com a menor média no ano de 1999 com 75,4% e a maior em 2008 com 88,5%.

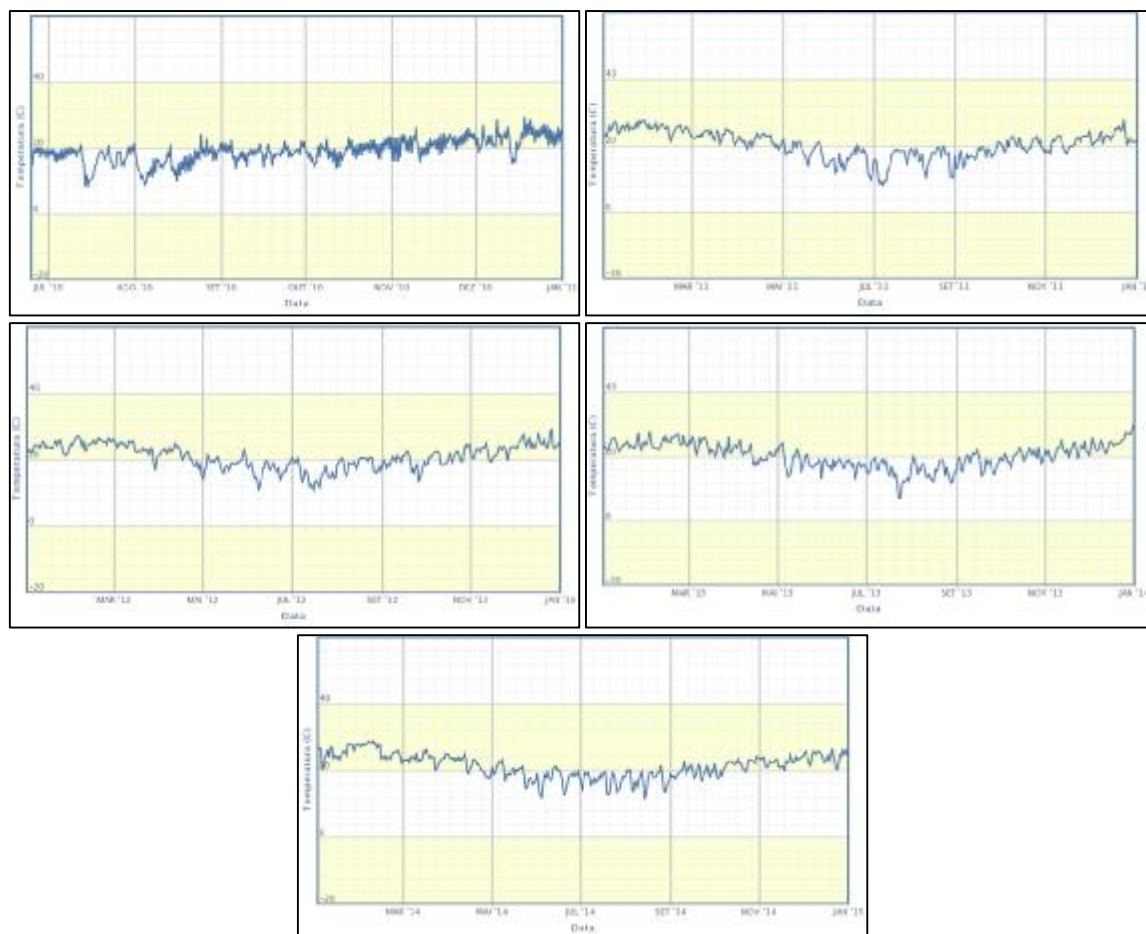


Figura 71. Temperatura média na Estação A868 Itajaí, de julho de 2010 a janeiro de 2015.
Fonte: INMET - 2015.

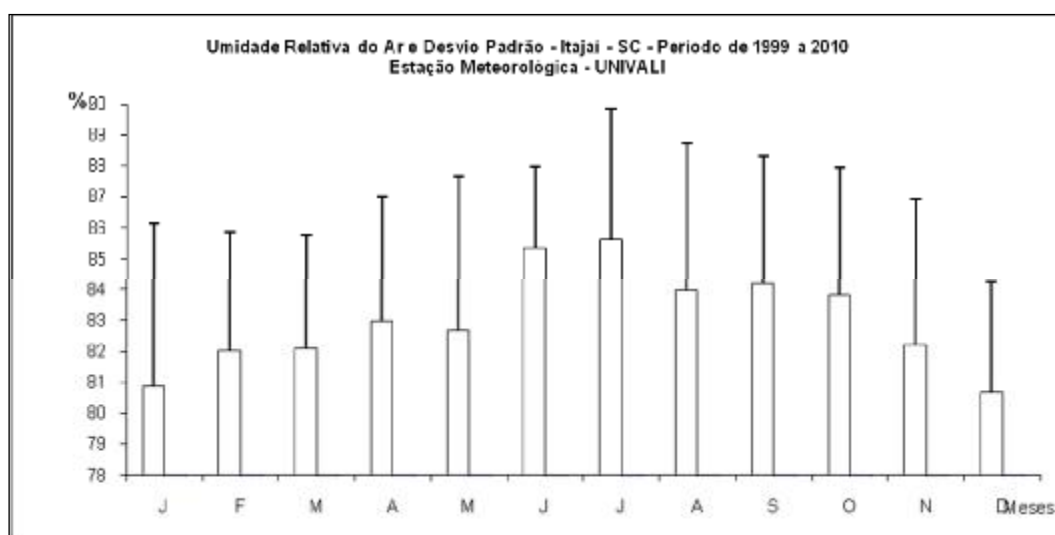


Figura 72. Umidade Relativa do Ar (Média) e Desvio Padrão do Município de Itajaí – SC – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI - 2010.

A média da umidade relativa do ar para o período de 2010 a 2015 foi aproximadamente de 80%. As menores médias de umidade foram evidenciadas em setembro, outubro e novembro (2010, 2012, 2013 e 2014) e em J/A/S em 2011 (Figura 73).

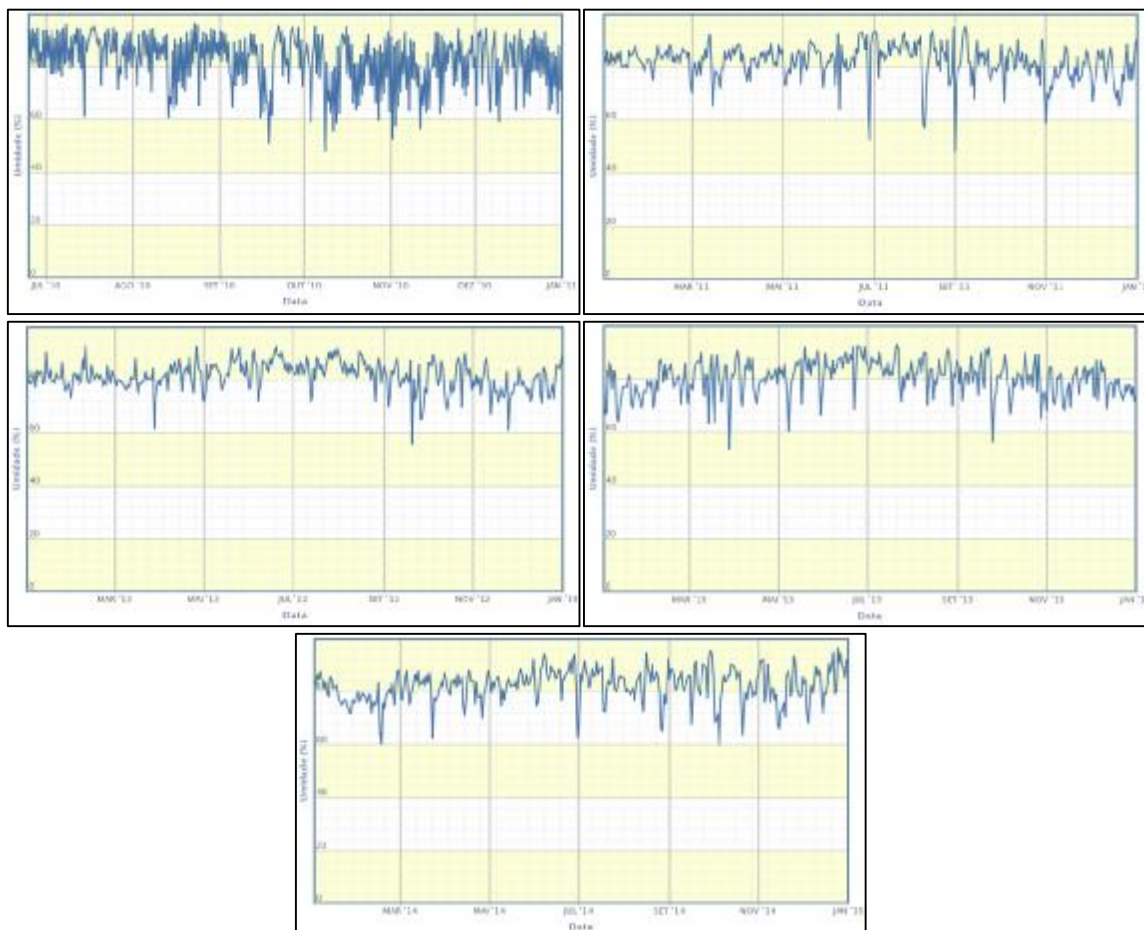


Figura 73. Umidade na Estação A868 Itajaí, de julho de 2010 a janeiro de 2015. Fonte: INMET - 2015.

6.1.1.2.6. Vento

A velocidade média do vento foi 4,3 km/h (Figura 74) com o mês de dezembro apresentando a maior média e o mês de abril com a menor média. A maior velocidade média registrada no período foi no mês de dezembro de 1999 com 6,1 km/h e a menor no mês de janeiro do mesmo ano, com 2,1 km/h. As médias das rajadas máximas foram de 46,4 km/h (Figura 75) com o mês de fevereiro com maior média e o mês de abril com a menor média. A maior rajada máxima no período foi em fevereiro de 2007 com 78,9 km/h e a menor rajada máxima foi em abril de 2007 com 32,2 km/h.

A direção predominante para o período de 1999 a 2010 foi de Sul-Sudoeste (SSW) de fevereiro a setembro e Leste-Nordeste (ENE) de outubro a janeiro (Figura 76). De fevereiro

a agosto a ocorrência da direção de SSW foi de 7,5 anos em 12 anos e da direção de ENE foi 5,3 em 12 anos (período de 1999 a 2010).

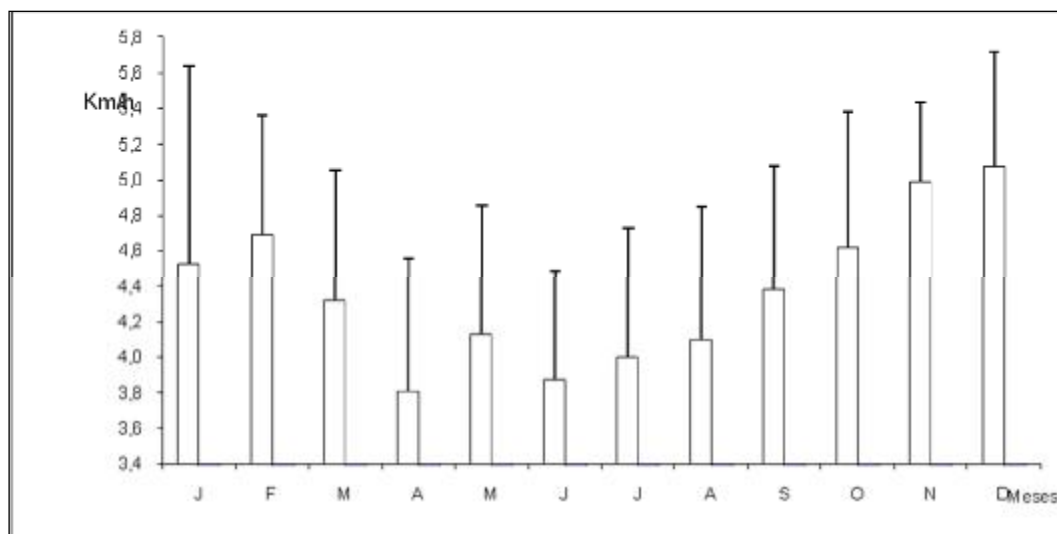


Figura 74. Velocidade Média do Vento e Desvio Padrão do Município de Itajaí – SC – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI - 2010.

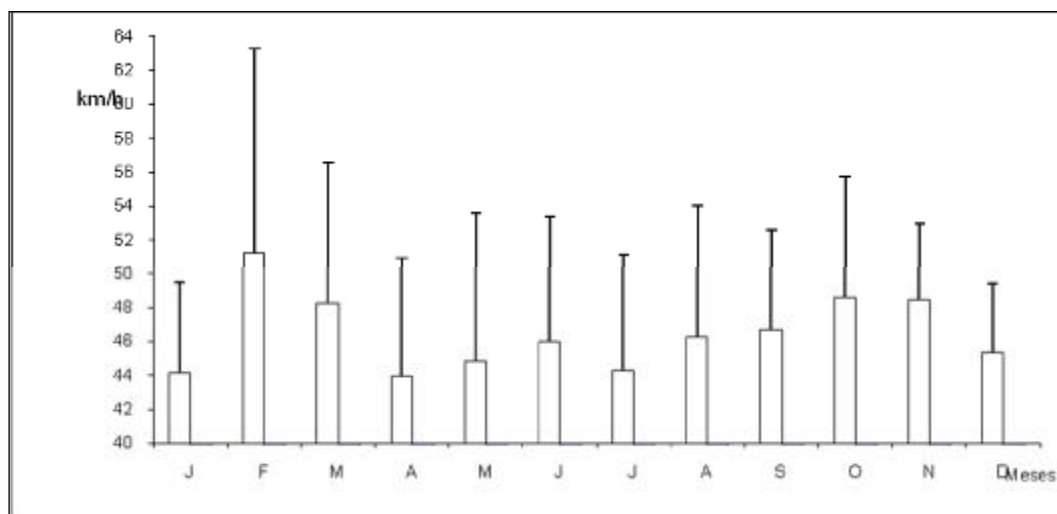


Figura 75. Rajada Máxima do Vento (Média) e Desvio Padrão do Município de Itajaí – SC – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI - 2010.

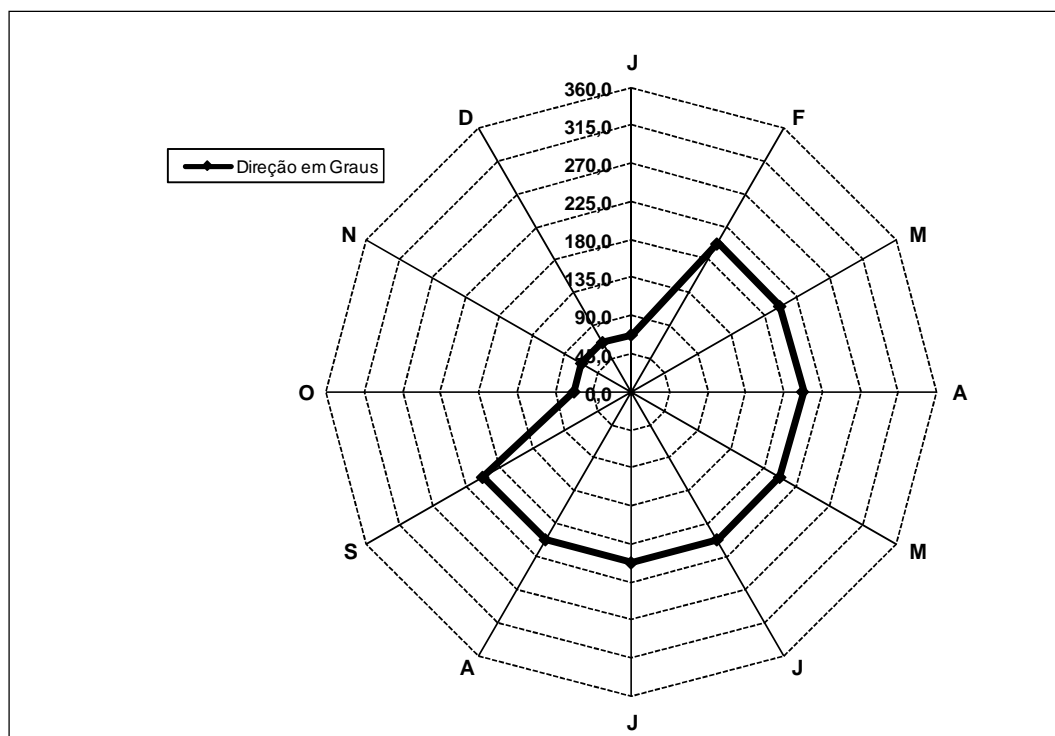


Figura 76. Direção Predominante do Vento (Média) do Município de Itajaí – SC – Período de 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI – 2010.

6.1.1.2.7. Balanço Hídrico

O balanço hídrico representa o excedente ou déficit hídrico para uma determinada região. É importante tanto na sua aplicação agrícola como na capacidade de reposição dos mananciais de água.

O Município de Itajaí, no período de 1999 a 2010, não apresentou déficit hídrico anual (Figura 77). A média anual de excedente hídrico foi de 195,1 mm e a média mensal de 16,3 mm. Os meses de setembro, outubro e novembro apresentam a maior disponibilidade de água no solo com 116 mm e os meses de janeiro, março e dezembro não apresentaram excedente hídrico. Os meses de março e dezembro apresentaram déficit e retirada hídrica (Figura 78). A primavera apresenta o maior excedente, enquanto o verão o menor. Utilizando-se os dados da Normal Climatológica (período 1987-2010) o a região do baixo estuário não apresenta déficit hídrico em nenhum mês, e um excedente hídrico de 776,1 mm no ano, com média mensal de 64,7 mm.

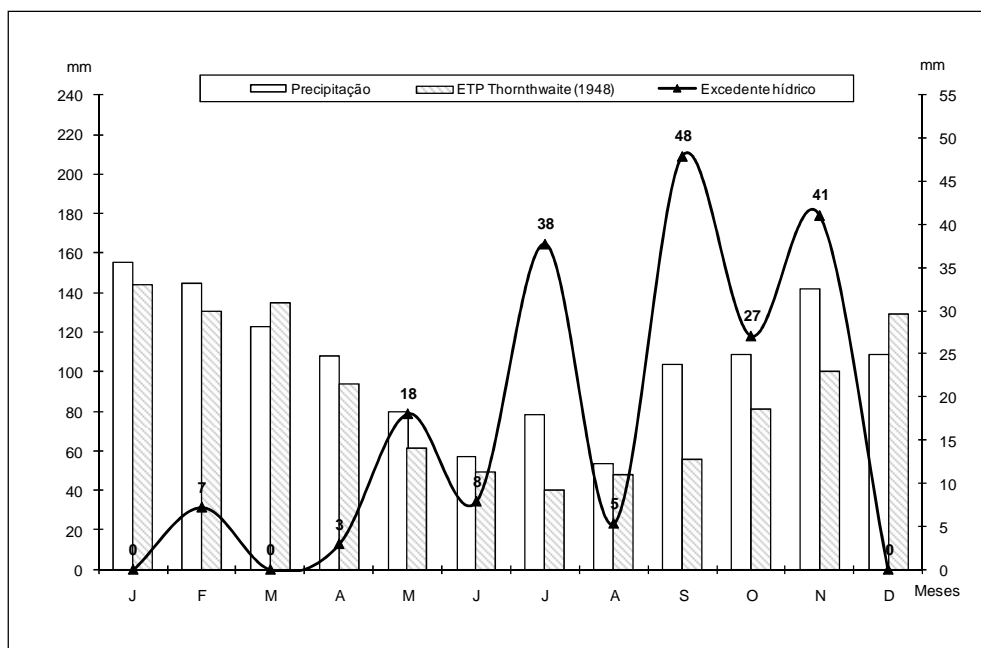


Figura 77. Excedente hídrico – Balanço hídrico do Município de Itajaí – SC – Período 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI - 2010.

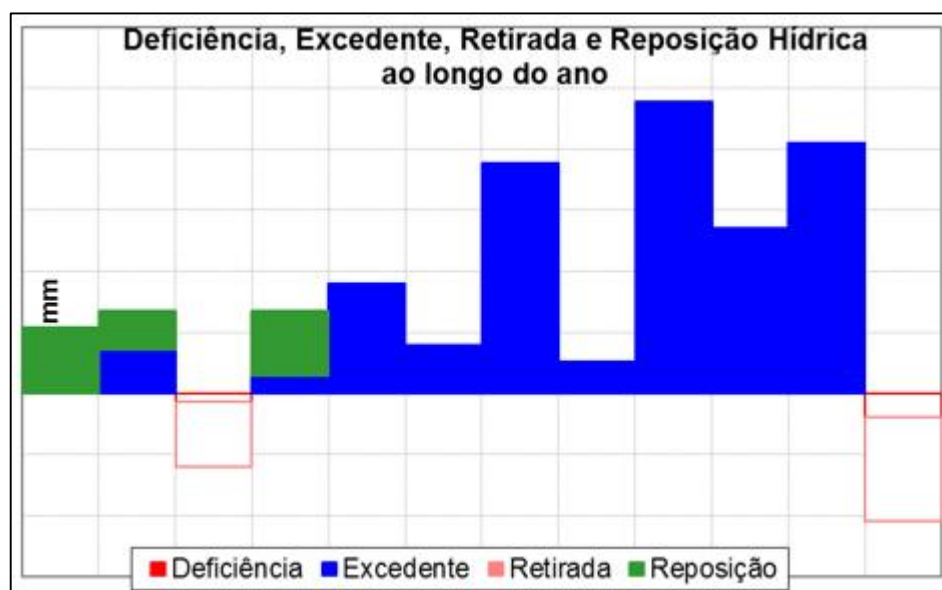


Figura 78. Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano – Balanço hídrico do Município de Itajaí – SC – Período 1999 a 2010 – Estação Meteorológica Automática. Fonte: Laboratório de Climatologia – UNIVALI 2010.

6.1.2. Diagnóstico da Qualidade do Ar

6.1.2.1. Introdução

Estudos técnicos utilizados no licenciamento ambiental das atividades industriais devem conter no mínimo (a) diagnóstico atualizado do ambiente; (b) avaliação dos impactos

gerados pela implantação e operação do empreendimento, incluindo riscos; e (c) indicação de medidas de controle, mitigação, compensação e de readequação, se couber.

Neste contexto, o presente item apresenta os resultados do diagnóstico da qualidade do ar na área onde se prevê a implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí.

A qualidade do ar se caracteriza por um impacto instantâneo sobre a saúde pública, sendo motivo de preocupação constante na Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011). Percebe-se de uma maneira geral que a preocupação com a qualidade do ar tem aumentado consideravelmente nos tempos recentes, sendo que a própria Organização Mundial da Saúde (OMS) tem revisado constantemente os padrões de qualidade do ar, chamando a atenção para que se baixem (por meio do controle de emissões) as concentrações dos vários contaminantes/poluentes do ar. Cabe ressaltar que Agência Internacional de Pesquisas sobre o Câncer (IARC), vinculada à Organização Mundial da Saúde (OMS), classificou a poluição do ar exterior como sendo cancerígena depois de analisar os dados epidemiológicos sobre qualidade de ar e ocorrência deste tipo de doença (OMS, 2013).

Assim como a qualidade do ar afeta os seres humanos, os componentes biológicos dos ecossistemas também estão sujeitos a danos quando a qualidade do ar apresentar contaminantes em excesso, apesar das consequências serem menos visíveis nos ecossistemas. Os processos industriais e de geração de energia, os veículos automotores e as queimadas são, dentre as atividades antrópicas, as maiores causas da introdução de substâncias poluentes na atmosfera.

A poluição atmosférica pode ser definida como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que 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 à qualidade de vida da comunidade (CONAMA, 1990).

De uma forma geral, a qualidade do ar é produto da interação de um complexo conjunto de fatores dentre os quais destacam-se a magnitude das emissões, a topografia e as condições meteorológicas da região, favoráveis ou não à dispersão dos poluentes. Uma série de reações químicas entre os componentes da atmosfera acontecem e são estimuladas pela energia solar, a qual favorece a formação de radicais livres pelas ondas de maior energia (e.g., ultra-violeta) (BAIRD, 2002).

A importância de se considerar a qualidade do ar repousa no fato que nos últimos anos, vários estudos epidemiológicos, realizados em diversos países do mundo, inclusive no Brasil, vêm demonstrando a existência da associação entre a exposição a poluentes atmosféricos e efeitos deletérios sobre a saúde, mesmo quando os níveis médios destes poluentes não são tão altos. Esses efeitos têm sido observados tanto na mortalidade geral, quanto por causas específicas como doenças cardiovasculares e doenças respiratórias.

Efeitos na morbidade também têm sido observados e incluem: aumento em sintomas respiratórios em crianças, diminuição na função pulmonar, aumento nos episódios de doença respiratória ou simplesmente aumento no absenteísmo escolar. As evidências obtidas demonstram que a degradação da saúde das populações expostas à contaminação atmosférica resulta no aumento das consultas médicas, das admissões hospitalares e das mortes, ocasionando também um incremento no consumo de medicamentos. Todos esses desdobramentos acabam impactando o Setor Saúde (MARTINS et al., 2002; SALDIVA et al., 2002)..

Assim, está evidenciado que a gestão da qualidade do ar deve ter como objetivo a garantia que o desenvolvimento sócio-econômico ocorra de forma sustentável e ambientalmente segura. Para tanto, se fazem necessárias ações de prevenção, combate e redução das emissões de poluentes e dos efeitos da degradação do ambiente atmosférico. Uma gestão eficaz deve se baseada em resultados analíticos fornecidos pelos estudos de diagnóstico e de monitoramento no locais susceptíveis de emitirem contaminantes para o ar ou em locais susceptíveis de sofrerem as consequências da qualidade do ar.

Nesse sentido, o governo brasileiro instituiu o “Compromisso pela Qualidade do Ar e Saúde Ambiental” (BRASIL, 2009), pois algumas substâncias e compostos podem permanecer na atmosfera por longos períodos de tempo e alcançar grandes distâncias, devido às características da circulação, intensidade e velocidade dos ventos ou das chuvas (BAIRD, 2002; FELLEBERG, 1980; MANAHAN, 1994). Essas características imprimem a alguns tipos de poluição um potencial de abrangência transfronteiriça responsável por alterações de grande escala, o que obriga a conjugação de esforços em âmbito local, nacional e global. Ações de gestão são necessárias para prevenir ou reduzir as emissões de poluentes e os efeitos da degradação do meio ambiente. A gestão da qualidade do ar envolve, portanto, medidas mitigadoras que tenham como base a definição de limites permissíveis de concentração dos poluentes na atmosfera, a restrição de emissão dos mesmos, bem como um melhor desempenho na aplicação dos instrumentos de comando e controle, entre eles o licenciamento ambiental e o monitoramento. A criação de estruturas de controle da

poluição em áreas especiais, como bacias aéreas saturadas e APPs, além de estímulo à implantação de tecnologias menos poluentes são fatores cruciais para o controle da qualidade do ar.

A proteção da qualidade do ar no país encontra respaldo legal tanto na Constituição Federal de 1988 como na legislação ordinária, tendo como corolário a Lei 6.938/81 que delimita os objetivos, princípios e instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). A mesma Lei 6.938/81 iluminou também a elaboração do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar-PRONAR, instituído por meio da Resolução 05/89 do CONAMA. Tal Programa foi criado, portanto, com o objetivo de “permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhora da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas”.

Sob a perspectiva conceitual, o PRONAR tem uma ótica de gestão, e como meio de instrumentalizar suas medidas, cria, ou incorpora através da Resolução CONAMA 005/1989 programas como: Programa de Controle da Poluição por Veículos Automotores (PROCONVE); Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial (PRONACOP); Programa Nacional de Avaliação da Qualidade do Ar; Programa Nacional de Inventário de Fontes Poluidoras do Ar e Programas Estaduais de Controle da Poluição do Ar. De modo complementar à CONAMA 005/1989, foram aprovadas as Resoluções 003/1990, que define os padrões de qualidade do ar e critérios mínimos para o monitoramento, e a Resolução 382/2006 (Complementada pela Resolução nº 436, de 2011), com limites de emissão para poluentes e fontes específicos, delineando regras mínimas sobre o monitoramento dessas emissões.

Os limites de emissão ou Padrões de Qualidade do Ar, conforme publicação da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011), variam de acordo com a abordagem adotada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais, que por sua vez dependem, entre outras coisas, do nível de desenvolvimento e da capacidade nacional de gerenciar a qualidade do ar. As diretrizes recomendadas pela OMS levam em conta esta heterogeneidade e, em particular, reconhecem que, ao formularem políticas de qualidade do ar, os governos devem considerar cuidadosamente suas circunstâncias locais antes de adotarem os valores propostos como padrões nacionais.

No Brasil os padrões de qualidade do ar foram estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990, sendo de acordo com esta resolução divididos em padrões primários e secundários.

São padrões primários de qualidade do ar (PQAR) 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.

São padrões secundários de qualidade do ar (50% PQAR) 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 a 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.

Como prevê a própria Resolução CONAMA nº 03/1990, 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 pela legislação ambiental são os seguintes: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. A mesma resolução estabelece ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar. Ressalte-se que 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 40).

Tabela 40. Nível de qualidade do ar em função dos valores dos parâmetros regulamentares (Resolução CONAMA N° 03/1990).

PARÂMETROS	NÍVEL DE QUALIDADE					
	50% PQA R	PQAR	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA	CRÍTICO
SO ₂ - Dióxido de Enxofre (µg /m ³)	80	365	800	1.600	2.100	2.620
CO - Monóxido de Carbono (ppm)	4,5	9,0	15,0	30,0	40,0	50,0
O ₃ - Ozônio (µg /m ³)	80	160	200	800	1.000	1.200

PARÂMETROS	NÍVEL DE QUALIDADE					
	50% PQA R	PQAR	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA	CRÍTICO
NO ₂ - Dióxido de Nitrogênio (µg /m ³)	100	320	1.130	2.260	3.000	3.750
PTS – Particulados Totais Suspensão (µg/m ³)	120	240	375	625	825	-

PQAR - Padrão de qualidade do ar / µg - micrograma / ppm - partes por milhão

Fonte: CETESB - 1990.

Uma descrição sucinta das características, das fontes e dos efeitos dos contaminantes mostrados na Tabela 40 é mostrada a seguir.

A) Monóxido de Carbono (CO).

Gás incolor, inodoro e insípido; é o poluente característico dos grandes centros urbanos. Sua fonte principal são os veículos automotores, mas estão presentes em qualquer combustão (em maior ou menor quantidade), dependendo de sua qualidade. A presença de CO indica uma combustão incompleta. Seu principal efeito é a redução da habilidade do sistema circulatório de transportar oxigênio, devido a sua maior afinidade pela hemoglobina do que o oxigênio, formando a carboxihemoglobina, ao invés da oxihemoglobina que leva oxigênio para os tecidos. Como o monóxido de carbono apresenta afinidade pela hemoglobina 240 vezes maior que a do oxigênio, o que faz com que uma pequena quantidade de CO possa saturar uma grande quantidade de moléculas de hemoglobina, diminuindo a capacidade do sangue de transportar O₂. Atua também, desviando a curva de dissociação da hemoglobina para a esquerda levando a uma diminuição da liberação de O₂ nos tecidos (HODGSON, 2010).

B) Dióxido de Enxofre (SO₂)

Gás incolor que provém, principalmente, da queima de combustíveis fósseis, que contém enxofre, e que na combustão se transforma em óxido de enxofre, sendo estes constituídos, principalmente, por SO₂. O SO₂ é altamente solúvel em água à 30°C. Uma vez lançado na atmosfera, o SO₂ é oxidado, formando ácido sulfúrico (H₂SO₄). Esta transformação depende do tempo de permanência no ar, da presença de luz solar, temperatura, umidade e adsorção do gás na superfície das partículas. A permanência no ar por um período grande de tempo faz com que o SO₂ e seus derivados (aerossóis ácidos) sejam transportados para

regiões distantes das fontes primárias de emissão, aumentando a área de atuação destes poluentes (BAIRD, 2002). A maior parte do SO₂ inalado por uma pessoa em repouso é absorvido nas vias aéreas superiores. Atividade física leva a um aumento da ventilação, com conseqüente aumento da absorção nas regiões mais distais do pulmão. É classificado como um gás irritante das vias respiratórias, e é capaz de produzir bronco-constricção (HODGSON, 2010).

C) Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

Gás cuja fonte principal de emissão é a combustão, onde o nitrogênio do combustível se associa ao oxigênio do ar nas altas temperaturas da câmara de combustão. Assim, durante a combustão sob elevadas temperaturas, o oxigênio reage com o nitrogênio formando óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO₂) e outros óxidos de nitrogênio (NO_x). Estes compostos são extremamente reativos e na presença de oxigênio (O₂), ozônio e hidrocarbonetos, o NO se transforma em NO₂. Por sua vez, NO₂ na presença de luz do sol, reage com hidrocarbonetos e oxigênio formando ozônio (O₃), sendo um dos principais precursores deste poluente na troposfera. Ao contrário de outros poluentes, as concentrações de NO₂ nos ambientes internos estão intimamente relacionadas com as concentrações externas, uma vez que este poluente se difunde com muita facilidade de fora para dentro das edificações através de mecanismos de ventilação (BAIRD, 2002). Os efeitos dizem respeito ao aumento da resistência à passagem de ar nas vias respiratórias e danos ao transporte normal de gases entre o sangue e os pulmões (HODGSON, 2010).

D) Ozônio (O₃)

Gás com odor característico e altamente tóxico com alto poder de oxidação. Os oxidantes fotoquímicos resultam de uma série de reações químicas complexas que ocorrem na atmosfera, envolvendo, principalmente, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio sob a ação de luz solar e em condições meteorológicas propícias (calmaria e inversão térmica). O O₃ faz parte dos oxidantes presentes no ar, constituídos principalmente de Ozônio (maior quantidade) e aldeídos. Os níveis de ozônio aumentam consideravelmente entre o fim da primavera e o começo do outono, em regiões periféricas de grandes centros urbanos, localizadas nas direções em que sopram os ventos. Caracteristicamente, seus picos de concentração ocorrem no meio da manhã, algumas horas após o rush matinal do trânsito (nível máximo de emissão de óxidos de nitrogênio), atingindo seu ápice no meio da tarde e declinando à noite. As concentrações de ozônio nos ambientes externos são maiores que nos interiores dos edifícios, porém esta diferença pode diminuir dependendo do tipo

de ventilação do local analisado (BAIRD, 2002). O ozônio é um potente oxidante, tem efeito irritante e citotóxico (provoca lesão das células), que atinge as porções mais distais das vias aéreas (HODGSON, 2010).

E) Material Particulado (MP)

Sob a denominação geral de Material Particulado se encontra um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho. As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar.

O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores, maiores serão os efeitos provocados. O particulado pode também reduzir a visibilidade na atmosfera.

O material particulado pode ser classificado como:

- **e.1 Partículas Totais em Suspensão (PTS)**

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 50 µm. Uma parte destas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade.

- **e.2 Partículas Inaláveis (MP₁₀)**

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 10 µm. As partículas inaláveis podem ainda ser classificadas como partículas inaláveis finas – MP_{2,5} (<2,5 µm) e partículas inaláveis grossas (2,5 a 10 µm). As partículas finas, devido ao seu tamanho diminuto, podem

atingir os alvéolos pulmonares, já as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório.

- e.3 Fumaça (FMC)

Está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão. O método de determinação da fumaça é baseado na medida de refletância da luz que incide na poeira (coletada em um filtro), o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera. Um método alternativo para medir a Fumaça faz uso da escala de Ringelmann, muito usada no Brasil.

6.1.2.2. Objetivo

O presente estudo de diagnóstico objetiva analisar a qualidade do ar na área onde se prevê a implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí, e desta forma gerar dados ambientais para possibilitar uma avaliação efetiva da atual situação da área, visto que o empreendimento está localizado em área sujeita aos efeitos do tráfego de veículos, os quais são fontes de emissões atmosféricas (gases e material particulado). Para tanto, foram realizadas análises em 7 (sete) pontos amostrais envolvendo 6 (seis) parâmetros mensurados em cada ponto amostral: SO₂, NO₂, CO, O₃, Particulados Totais em Suspensão e Partículas Inaláveis.

6.1.2.3. Materiais e Métodos

6.1.2.3.1. Amostragem do Ar

Para a caracterização da qualidade do ar foram definidos 07 (sete) pontos amostrais, que se justificam pelo fato da área do empreendimento ser grande e situar-se em uma zona onde o entorno possui alta circulação de veículos e com operações de algumas indústrias de pequeno porte. Assim, esses pontos amostrais propostos podem ser considerados suficientes para constatar qualquer alteração na qualidade do ar na área subjacente ao Distrito Regional de Inovação de Itajaí (SC) (Figura 79). Ainda, destaca-se, que foram consideradas as condições meteorológicas apresentadas durante a campanha, assim como a escolha dos pontos amostrais também se deu por estarem distribuídos em locais estratégicos, ou seja, os mais críticos da área, onde os contaminantes atmosféricos podem ser emitidos ou onde estes podem causar efeitos negativos caso atinjam altas

concentrações. A Figura 79 também apresenta as coordenadas geográficas dos pontos amostrais.

As amostragens do ar foram realizadas nos dias 29 e 30 de agosto de 2016 com a utilização de amostradores de gases e poeiras modelos Ambientec (Ambientec, RJ) e Gilair-5 (Gilian - EUA), conforme metodologias da ABNT. Os dados meteorológicos foram obtidos da estação INMET (Itajaí-A868).

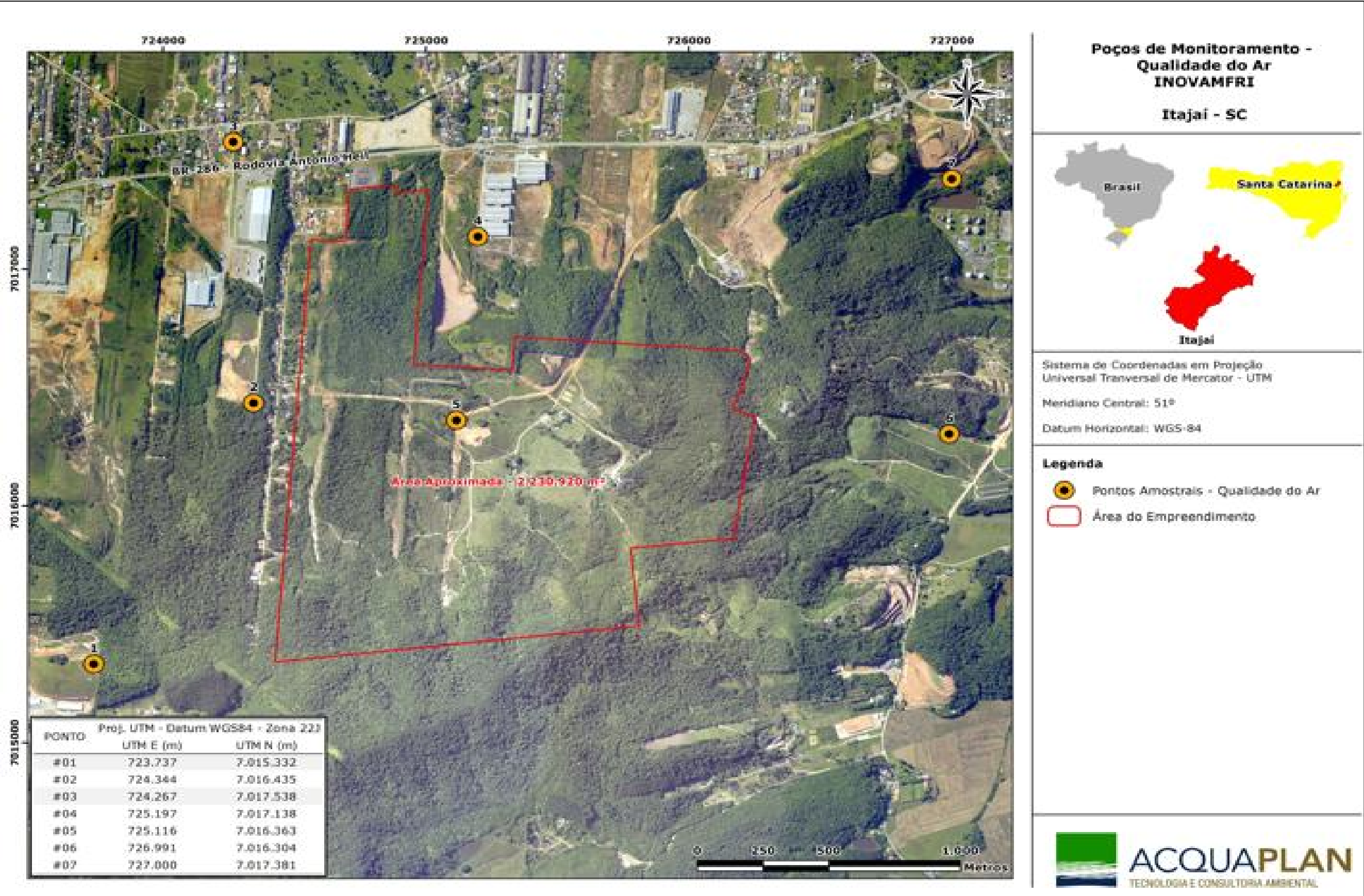


Figura 79. Localização dos pontos amostrais para a caracterização da qualidade do ar na área de influência do Distrito Industrial Regional de Itajaí - INOVAMFRI (SC). Fonte:ACQUAPLAN – 2017.

6.1.2.3.2. Metodologia Analítica

As metodologias analíticas foram baseadas nas seguintes Normas/Métodos:

- Gases – Determinação do teor de dióxido de nitrogênio – Método Modificado de Gress-Saltzman (ISO 6768; 1998):

Princípio: o NO_2 é absorvido (durante 10-120 minutos com uma vazão de ar de 0,5 litro por minuto) em reagente adequado formando um corante azóico de cor vermelha-violeta. Este volume é quantificado em espectrofotômetro e relacionado com uma curva de calibração preparada com NaNO_2 .

- Atmosfera – Determinação da concentração de dióxido de enxofre pelo método do peróxido de hidrogênio (ABNT-NBR 12979 Setembro/1993):

Princípio: o SO_2 presente na atmosfera é aspirado (durante 20 – 24 horas com uma vazão de ar de 2 litros por minuto) e absorvido por borbulhamento pela solução de H_2O_2 , formando o H_2SO_4 , o qual é quantificado posteriormente por titulação com $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ na presença de um indicador específico.

- Determinação do Monóxido de Carbono por sensor eletroquímico:

Princípio: os sensores eletroquímicos se baseiam em reações espontâneas de oxidação e redução, que envolvem um determinado gás para medição de sua concentração. Nesta determinação, o CO é oxidado a CO_2 , o que gera a circulação de uma corrente entre os eletrodos, a qual é proporcional à concentração do gás que se deseja mensurar.

- Determinação de Ozônio pelo método DDPD™ (APHA *et al.*, 1999).

Princípio: o ar é borbulhado durante 30 minutos com uma vazão de 1 litro por minuto em uma solução de KI. Quando o ozônio (O_3) entra em contato com esta solução de KI, na presença do reagente DDPD™ forma-se um complexo azuláceo, proporcional à quantidade de Ozônio, sendo medida a absorbância da solução e comparado com uma curva de calibração com concentrações de Ozônio conhecidas.

- Material Particulado em suspensão e Partículas Inaláveis no ar ambiente. Coleta conforme a ABNT-NBR 9547 Setembro de 1997 para Partículas Totais em Suspensão.

Princípio: o MP ($>10,0 \mu\text{m}$) presente na atmosfera é aspirado (durante 24 horas com uma vazão de ar de $1,1 \text{ m}^3$ por hora) e retido em um filtro de PVC pré-pesado, o qual é novamente pesado no final do ensaio. O material de menor diâmetro ($<10,0 \mu\text{m}$) que passou pelo filtro de PVC foi retido em outro filtro de PVC de menor porosidade pré-pesado e novamente pesado ao final da coleta.

6.1.2.3.2.1. Resultado e Discussão

Nos dias em que foram realizadas as coletas das amostras de ar, as condições meteorológicas foram as seguintes (Tabela 41):

Tabela 41. Condições meteorológicas da área amostrada para a análise da qualidade do ar na área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí - INOVAMFRI nos dias 31 de agosto e 01 de setembro de 2016.

Parâmetros	Data	
	31/08/2016	01/09/2016
Direção do Vento	NW/W	SW/S
Velocidade Média Vento (Km/h)	12,9	1,1
Rajada do Vento (Km/h)	36,0	13,0
Temperatura (°C)	18,1	12,2
	25,8	20,4
Umidade (%)	92	97
Chuva* (mm)	0,0	0,0

Fonte: Dados da estação meteorológica do INMET (Estação Itajaí A-868) - 2016.

A coleta de dados mais precisos sobre a variação da direção e a velocidade dos ventos permitiu estabelecer a rosa dos ventos para o período amostrado em cada dia de amostragem (Figura 80 e Figura 81).

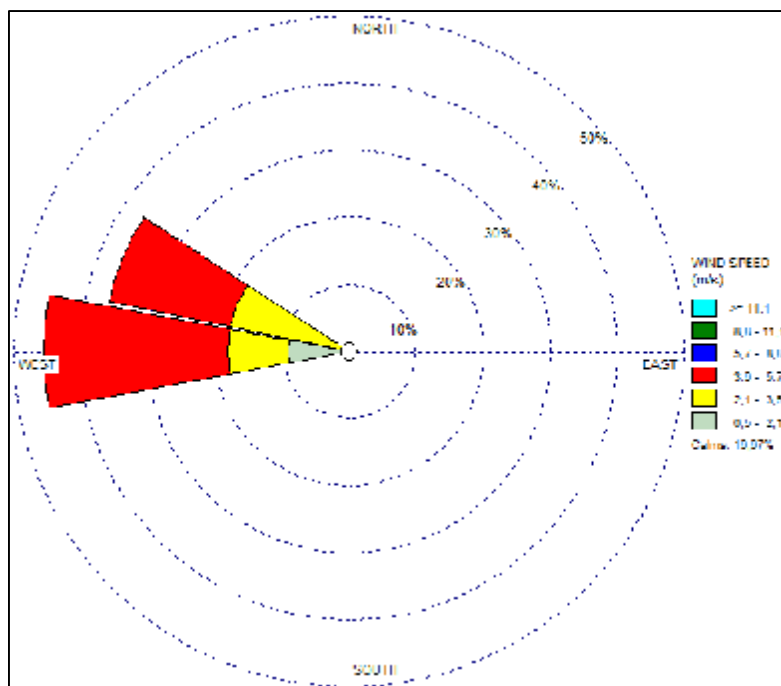


Figura 80. Direção e velocidade do vento predominante para o dia 31 de agosto de 2016 na região de Itajaí (SC). Fonte: Estação INMET Itajaí A868 - 2016.

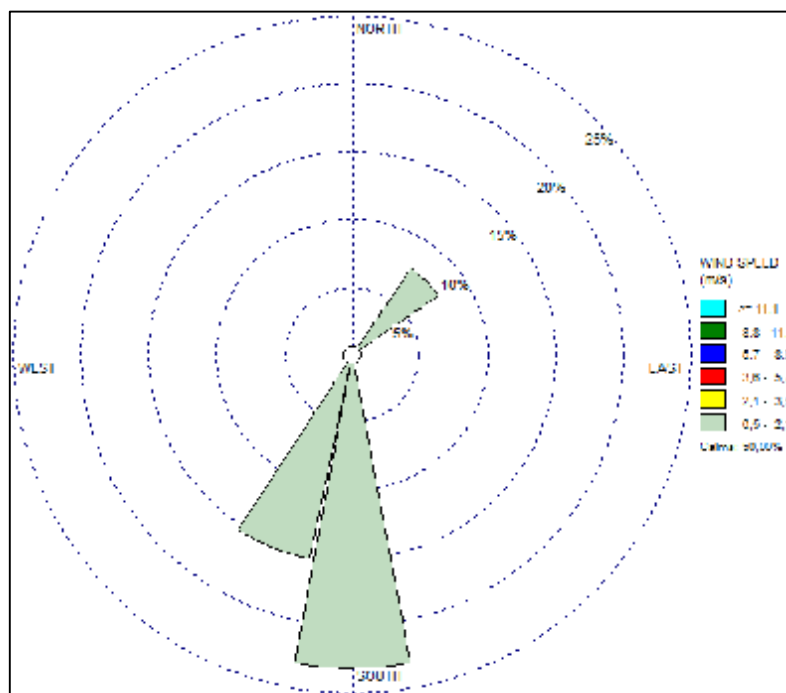


Figura 81. Direção e velocidade do vento predominante para o dia 01 de setembro de 2016 na região de Itajaí (SC). Fonte: Estação INMET Itajaí A868 - 2016.

As velocidades médias diárias variaram bastante entre os dois dias de amostragens, atingindo valores de 12,9 Km/h no dia 31 de agosto e 1,0 Km/h no dia 01 de setembro de 2016. Já com relação às rajadas esporádicas, no dia 31 de agosto foram verificados valores

superiores a 36 Km/h e no dia 01 de setembro os valores atingiram 13 Km/h. A direção predominante dos ventos foi inicialmente do Oeste, mudando para Sul. As temperaturas variaram cerca de 7-8°C durante a amostragem. As rajadas de ventos favorecem a dispersão dos contaminantes atmosféricos porventura presentes nos locais amostrados, os quais estavam livres de obstáculos (construções elevadas, elevações topográficas), conforme verificação *in situ*.

A Tabela 42 mostra os resultados analíticos dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostragens para avaliar a qualidade do ar na área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí - INOVAMFRI.

Tabela 42. Valores dos parâmetros analisados nos dias 31 de agosto e 01 de setembro de 2016 para avaliar a qualidade do ar na área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí - INOVAMFRI.

Parâmetro	Pontos Amostrais						
	#01	#02	#03	#04	#05	#06	#07
SO ₂ (µg/m ³)	28	33	73	68	26	31	65
NO ₂ (µg/m ³)	21	29	84	77	20	27	59
Ozônio (µg/m ³)	15	14	25	27	16	14	17
CO (ppm)	0	0	2	1	0	0	0
Partículas Inaláveis (µg/m ³)	18	20	48	40	21	25	24
Partículas Totais em Suspensão (µg/m ³)	40	46	114	95	48	60	58

Fonte: ACQUAPLAN -2017.

Nota-se na Tabela 42 que os valores encontrados para os parâmetros analisados são diferentes entre os pontos amostrais #1 e #7. Estas diferenças de valores são consequência da distância entre a localização de cada ponto com relação à área do tráfego e das habitações. O relativo isolamento de fontes emissoras automotivas e industriais próximas aos pontos amostrais #1, #2, #5 e #6, associado à presença de rajadas de ventos, podem explicar os valores baixos que foram obtidos nas análises efetuadas. Já os pontos amostrais #3, #4 e #7, mais próximos à circulação automotiva, apresentaram os maiores valores nas amostragens.

Os valores PQAR (Padrões de Qualidade do Ar) mostrados anteriormente na Tabela 42 são os valores limites para uma qualidade do ar aceitável, ou seja, que não acarrete risco de causar danos à saúde pública ou ao meio-ambiente. Nesse sentido, nenhum ponto amostral analisado na área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí - INOVAMFRI mostrou valores superiores ao PQAR, conforme dados da.

Os valores medidos para o SO₂ (Tabela 42) estão diretamente relacionados com a queima de combustível fóssil. Pelo fato do local do empreendimento se situar próximo à orla marítima, a presença de ventos é uma constante, facilitando a dispersão dos gases quando da sua geração.

Levando em consideração os valores analisados para o Dióxido de Enxofre (Tabela 42) e seguindo a classificação da CETESB (Tabela 43), a qualidade do ar analisado é BOA para todos os pontos amostrais, conforme valores apresentados na Figura 82.

Tabela 43. Qualidade do ar em função da concentração de Dióxido de Enxofre.

Dióxido de Enxofre Padrão diário de qualidade do ar - 365 µg /m ³ - média de 24 horas			
Faixa de Concentração	Qualidade	Índice	
0 - 80 µg /m ³	Boa	0 - 50	Atende ao padrão
81 - 365 µg /m ³	Regular	51 - 100	
366 - 800 µg /m ³	Inadequada	101 - 198	Não atende ao padrão
801 - 1600 µg /m ³	Má	200 - 299	
1601 - 2100 µg /m ³	Péssima	300 - 398	
> 2101 µg /m ³	Critica	> 400	

Fonte: CETESB - 2009.

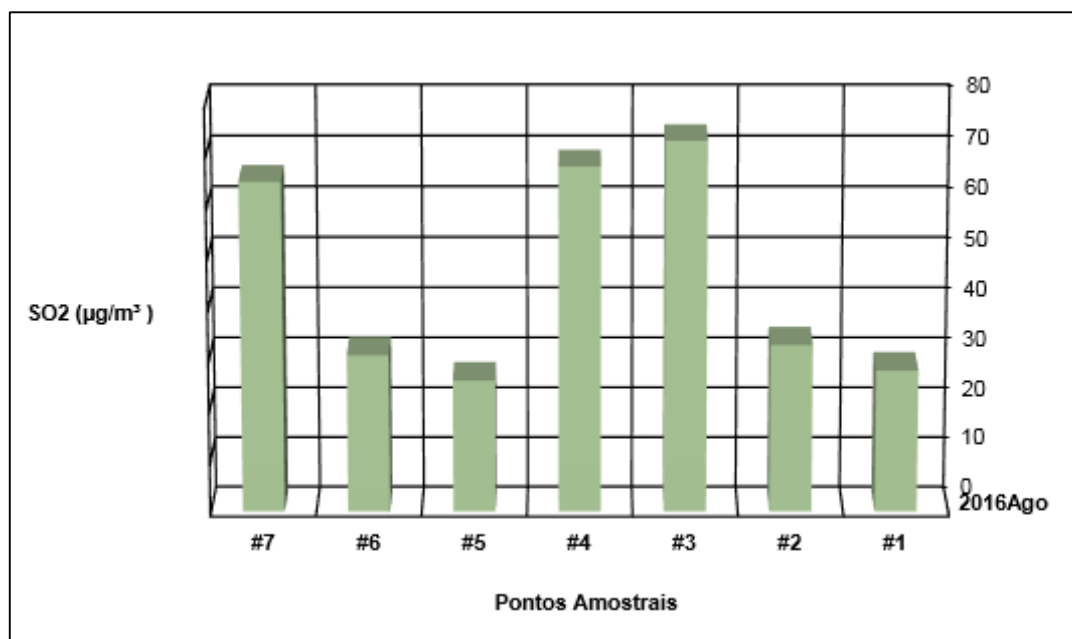


Figura 82. Concentração de SO₂ (µg/m³) nos 7 Pontos Amostrais analisados na área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí - INOVAMFRI. Fonte: ACQUAPLAN – 2017

Com relação ao NO_2 , a contextualização feita para o caso do SO_2 também é válida. Segundo a classificação da CETESB (Tabela 44), a qualidade do ar analisado (Tabela 42) é BOA para todos os pontos amostrais, conforme valores apresentados na Figura 83.

Tabela 44. Qualidade do ar em função da concentração de Dióxido de Nitrogênio.

Dióxido de Nitrogênio Padrão diário de qualidade do ar - $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - valor máximo de 1 hora			
Faixa de Concentração	Qualidade	Índice	
0 - $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Boa	0 - 50	Atende ao padrão
101 - $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Regular	51 - 100	
321 - $1130 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Inadequada	101 - 198	Não atende ao padrão
1131 - $2260 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Má	200 - 299	
2261 - $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Péssima	300 - 398	
> $3001 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Crítica	> 400	

Fonte: CETESB - 2009.

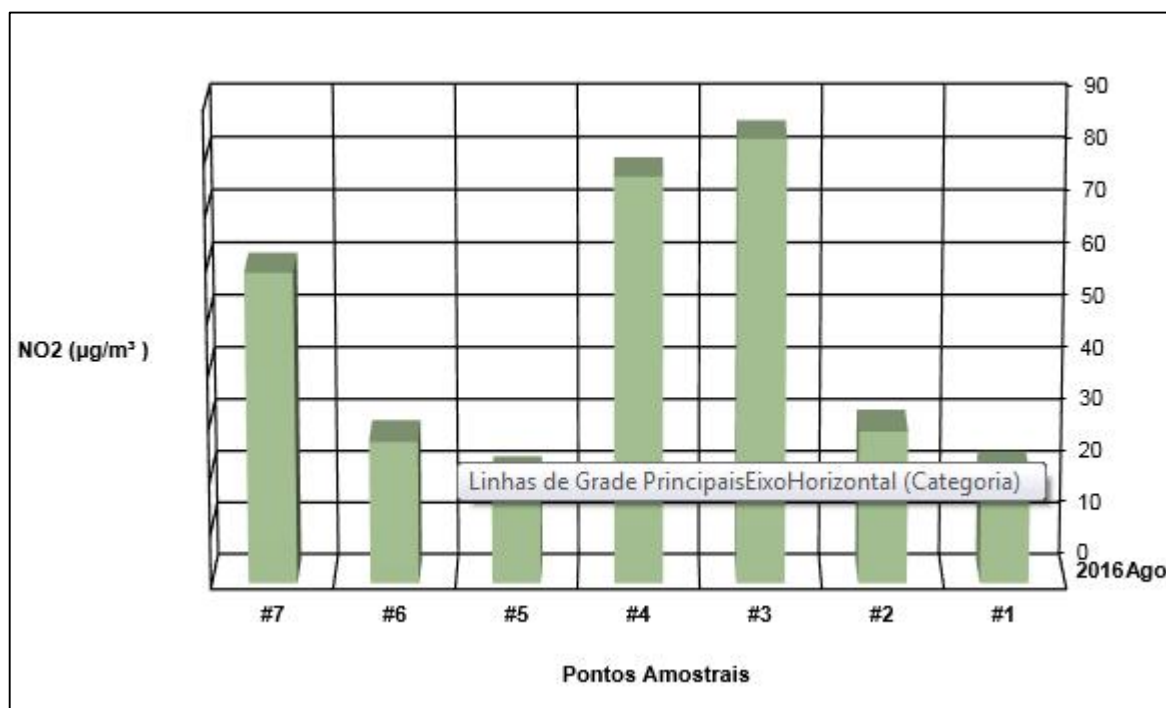


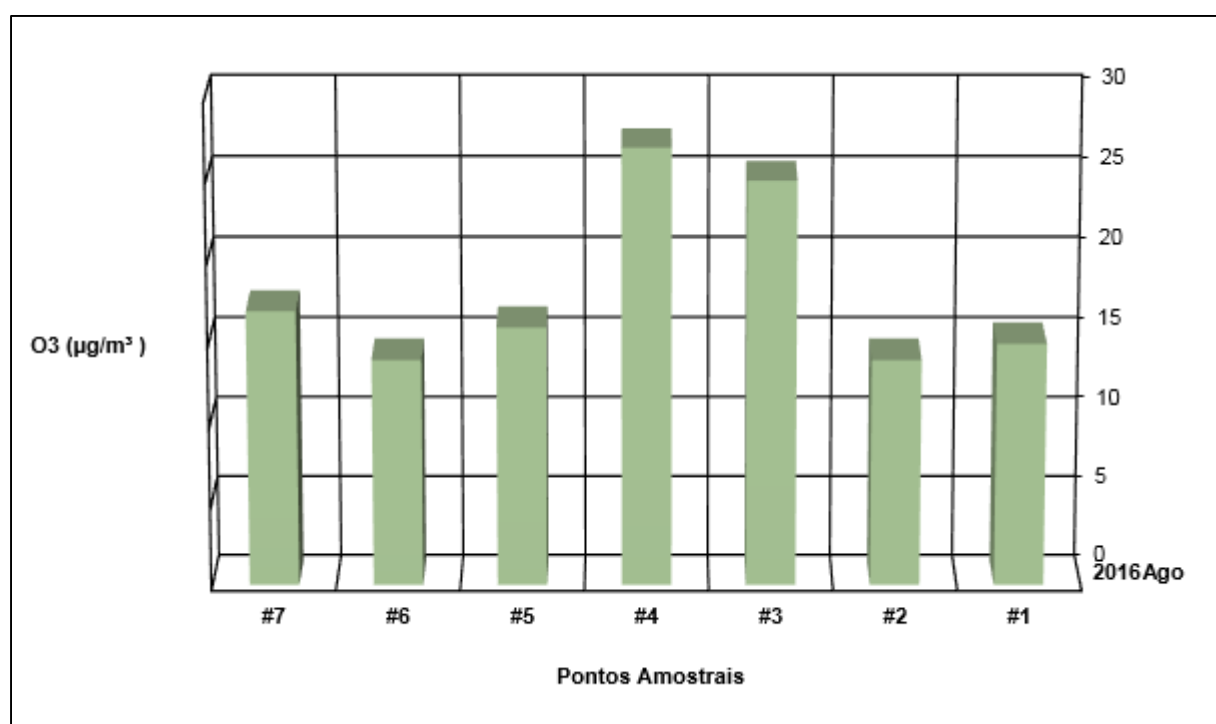
Figura 83. Concentração de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nos 7 Pontos Amostrais analisados na área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí – INOVAMFRI. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

O Ozônio pode ter origem das reações químicas entre alguns poluentes atmosféricos submetidos aos raios ultra-violetas, ou seja, indiretamente a combustão é a principal fonte dos reagentes que podem dar origem ao O_3 na presença dos raios solares. Segundo a classificação da CETESB (Tabela 45), a qualidade do ar nos 7 pontos amostrais analisados é BOA, conforme valores apresentados Figura 84.

Tabela 45. Qualidade do ar em função da concentração de Ozônio.

Ozônio - Padrão diário de qualidade do ar - 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - valor máximo de 1 hora			
Faixa de Concentração	Qualidade	Índice	
0 - 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Boa	0 - 50	Atende ao padrão
81 - 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Regular	51 - 100	
161 - 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Inadequada	101 - 198	Não atende ao padrão
201 - 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Má	200 - 299	
801 - 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Péssima	300 - 398	
> 1001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Critica	> 400	

Fonte: CETESB – 2009.

Figura 84. Concentração de O₃ (µg/m³) nos 7 Pontos Amostrais analisados na área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí - INOVAMFRI. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Com relação ao Monóxido de Carbono, os resultados mostraram valores baixos para todos os pontos amostrais. Segundo a classificação da CETESB (Tabela 46), a qualidade do ar, considerando a concentração do Monóxido de Carbono é BOA para os todos os Pontos Amostrais analisados, conforme apresentado na Figura 85.

Tabela 46. Qualidade do ar em função da concentração de Monóxido de Carbono.

Monóxido de Carbono - Padrão diário de qualidade do ar - 9,0 ppm - média de 8 horas			
Faixa de Concentração	Qualidade	Índice	
0 - 4,5 ppm	Boa	0 - 50	Atende ao padrão
4,6 - 9,0 ppm	Regular	51 - 100	
9,1 - 15,0 ppm	Inadequada	101 - 198	Não atende ao padrão
15,1 - 30,0 ppm	Má	200 - 299	
30,1 - 40,0 ppm	Péssima	300 - 398	
> 40,1 ppm	Crítica	> 400	

Fonte: CETESB - 2009.

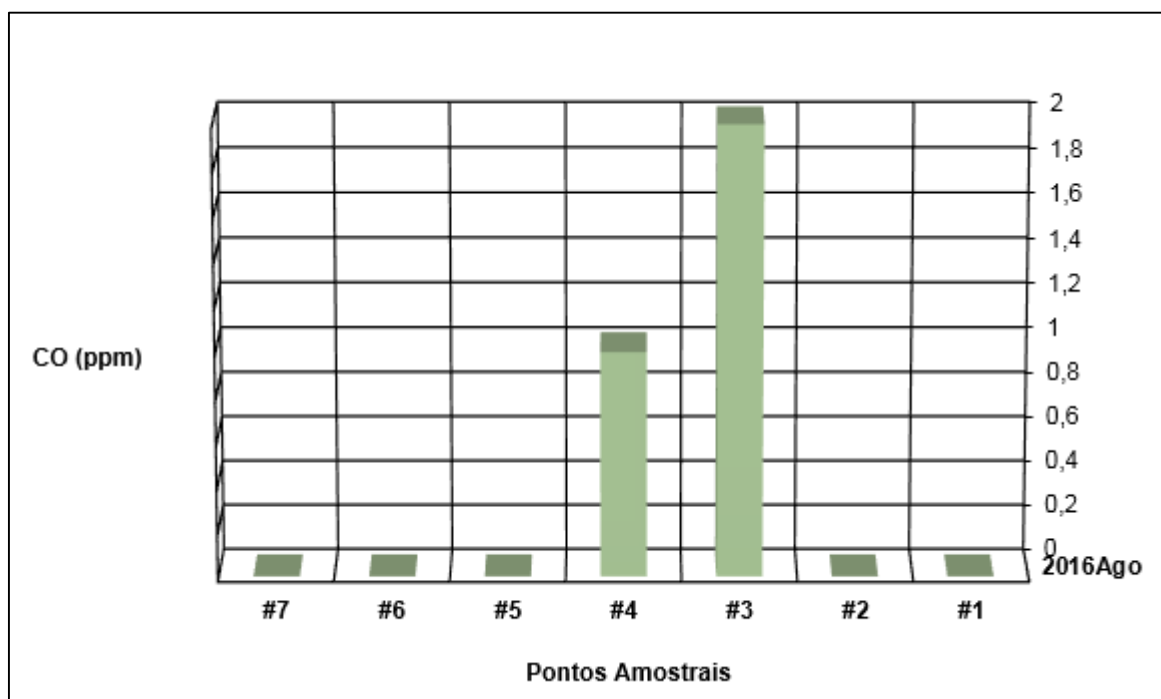


Figura 85. Concentração de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nos 7 Pontos Amostrais analisados na área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí - INOVAMFRI. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

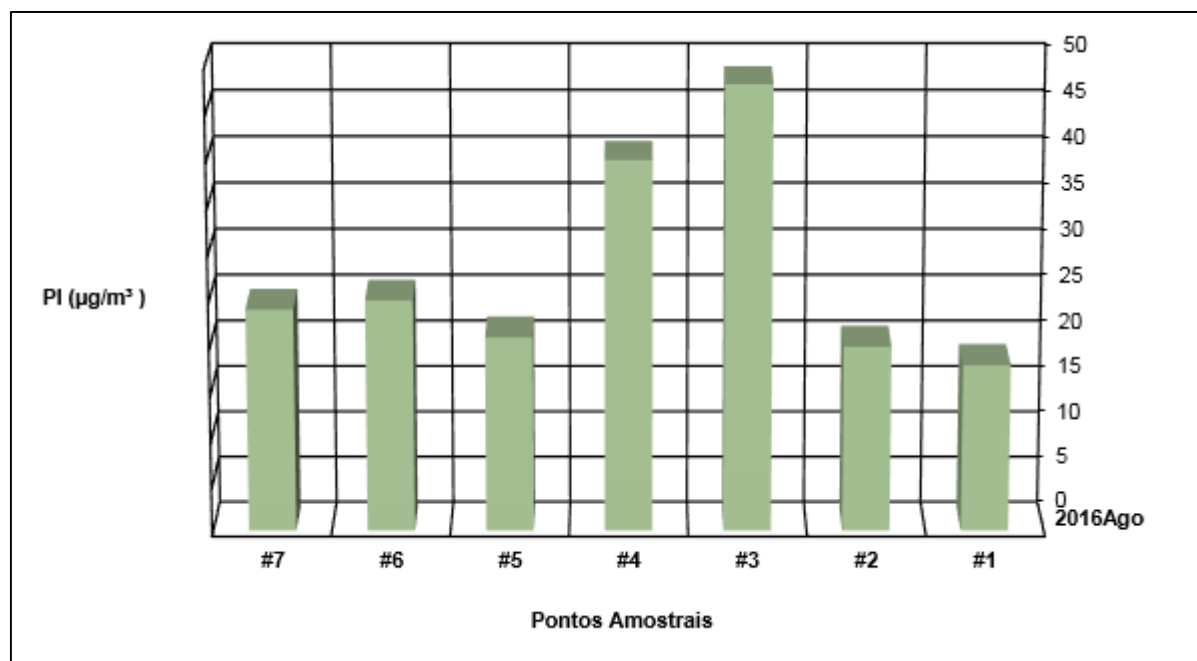
Com relação aos Particulados Inaláveis (diâmetro < 10 μm), os valores encontrados nos 7 pontos amostrais (Tabela 47) analisados estão abaixo do Padrão de Qualidade do Ar, que é de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para Partículas Inaláveis em Suspensão (Figura 86)

Tabela 47. Qualidade do ar em função da concentração de Partículas Inaláveis (diâmetro < 10 µm).

Partículas Inaláveis (MP₁₀) - Padrão diário de qualidade do ar - 150 µg /m³ - média de 24 horas

Faixa de Concentração	Qualidade	Índice	
0 - 50 µg /m ³	Boa	0-50	Atende
51 - 150 µg /m ³	Regular	51 – 100	ao padrão
151 - 250 µg /m ³	Inadequada	101 – 198	Não atende
251 - 420 µg /m ³	Má	200 – 299	ao
251 - 420 µg /m ³	Péssima	300 – 398	padrão

Fonte: CETESB - 2009.

Figura 86. Concentração de Partículas Inaláveis (diâmetro < 10 µm, µg/m³) nos 7 Pontos Amostrais analisados na área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí - INOVAMFRI. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Com relação aos Particulados Totais em Suspensão (diâmetro > 10 µm), os valores encontrados nos 7 pontos amostrais, analisados estão abaixo do Padrão de Qualidade do Ar, que é de 240 µg/m³ para Partículas Totais em Suspensão (Figura 87).

Tabela 48. Qualidade do ar em função da concentração de material Particulado em Suspensão.

PTS - Padrão diário de qualidade do ar – 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - média de 24 horas ou anual		
Tempo de amostragem	Padrão Primário	Padrão Secundário
24 h*	240	150
Média Geométrica Anual	80	60

* Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. Fonte: CETESB - 2009.

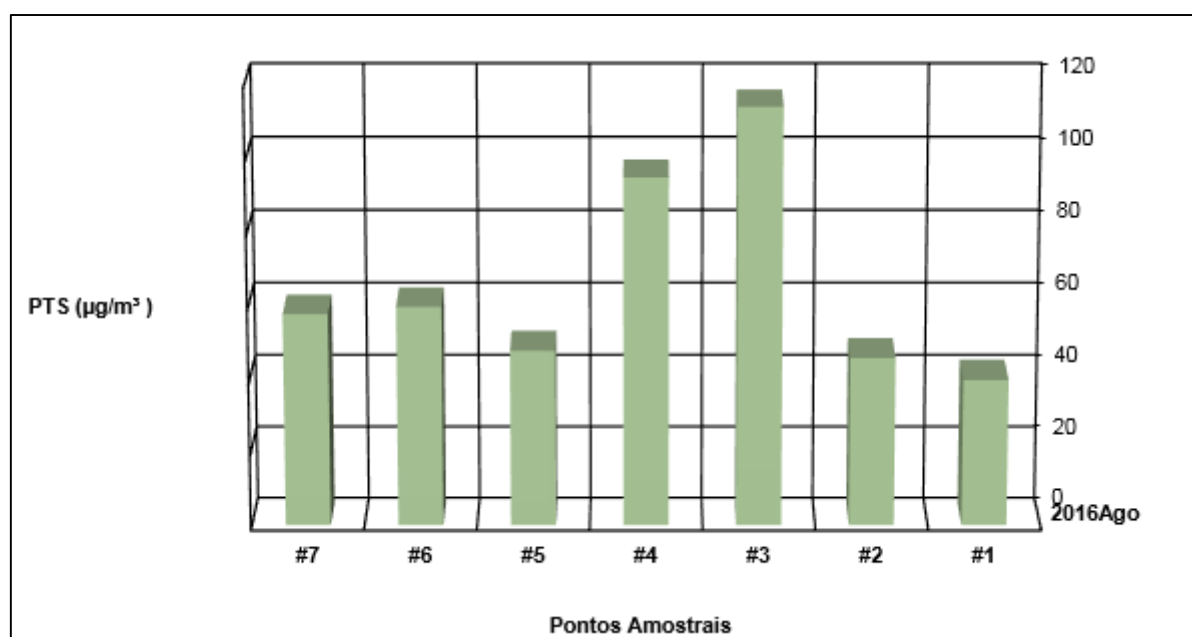


Figura 87. Concentração de Partículas Totais em Suspensão (diâmetro > 10 μm , $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nos 7 Pontos Amostrais analisados na área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí - INOVAMFRI. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Assim, segundo a classificação do CONAMA, a qualidade do ar nos 7 pontos amostrais analisados para Partículas Totais em Suspensão atende ao Padrão Secundário cujo limite é de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

6.1.2.4. Considerações Finais

Segundo a Resolução CONAMA N° 03/1990, os valores dos parâmetros analisados (SO_2 , NO_2 , CO, O_3 , Particulados Totais em Suspensão e Partículas Inaláveis) no mês de agosto e setembro de 2016, nos 7 pontos amostrais situados nas áreas de influência do Distrito Regional de Inovação de Itajaí - INOVAMFRI atendem aos padrões legais. Segundo a classificação da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo), a qualidade do ar foi BOA para os todos os parâmetros nos sete pontos amostrais.

A explicação para os valores mais elevados nos pontos amostrais #3, #4 e #7 (para alguns parâmetros) repousa no fato da proximidade destes pontos amostrais com a rodovia estadual Antônio Heil, local este de intensa movimentação de veículos.

Esta classificação atual de qualidade BOA do ar denota que o mesmo não apresenta riscos significativos de danos ambientais ou de causar danos à saúde pública. Contudo, em função da evolução das atividades socioeconômicas na área do empreendimento (e.g., aumento na movimentação de cargas), novas medidas poderão ser realizadas para avaliar o impacto potencial das novas circunstâncias de emissão sobre a saúde pública e sobre os ecossistemas, em função dos valores legislativos pertinentes.

A área do terreno para implantação do empreendimento possui 220,9 ha. Deste total, aproximadamente 155 ha é ocupada por vegetação de Floresta Ombrófila Densa em estágio sucessional inicial e médio de regeneração, o que certamente mitiga potenciais impactos decorrentes do aumento da emissão de gases. As características naturais da área onde será implantado e desenvolvido o Distrito Regional de Inovação de Itajaí, com a formação de corredores biológicos que favorecem a fauna presente nessa região e áreas de APP (Área de Preservação Permanente), que devem ser preservadas juntamente com recursos hídricos, são barreiras naturais que minimizam possíveis impactos sobre a qualidade do ar com efeitos sobre a saúde pública e os ecossistemas da região.

6.1.3. Diagnóstico dos Níveis de Pressão Sonora (Ruídos)

6.1.3.1. Introdução

O IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) conceitua poluição sonora como sendo o conjunto de todos os ruídos provenientes de uma ou mais fontes sonoras, manifestadas ao mesmo tempo num ambiente qualquer.

A Poluição Sonora apresenta reflexos em todo o organismo e não apenas no aparelho auditivo. Portanto, os ruídos podem causar vários distúrbios, desde a alteração do humor, insônia e, até mesmo, a capacidade de concentração. Provocam, ainda, interferências no metabolismo de todo o organismo com riscos de alterações cardiovasculares e da perda auditiva (LE BRUIT, 1990). Constitui-se no tipo de degradação que mais se agrava com o decorrer dos tempos, exigindo em seu habitual silêncio soluções que contemplem a qualidade de vida tão almejando pelas populações (ENIZ, 2004).

Elevados níveis de ruídos provocam, além da perda da audição, efeitos psicológicos, distúrbios neurovegetativos, náuseas e cefaleias, redução da produtividade, aumento do número de acidentes, bem como o de consultas médicas e absenteísmo no processo de trabalho. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2002), os níveis de ruído nas empresas brasileiras são absurdamente excessivos, não sendo o problema auditivo o mais alarmante e, sim os efeitos no sistema nervoso o item a ser mais enfocado.

O ruído oriundo do tráfego é uma das formas mais difundidas de contaminação sonora, automóveis, ônibus e caminhões que circulam nos grandes centros urbanos produzem ruídos entre 85 e 95 dB[A]. Entretanto, os aviões são os responsáveis pelos mais elevados níveis de pressão sonora, situados entre 130 e 140 dB (A) (ZANER, 1991 *apud* RUSSO, 1997).

A Organização Mundial da Saúde considera que o início do estresse auditivo se dá sob exposições a 55 dB, conforme apresentado na Figura 88.

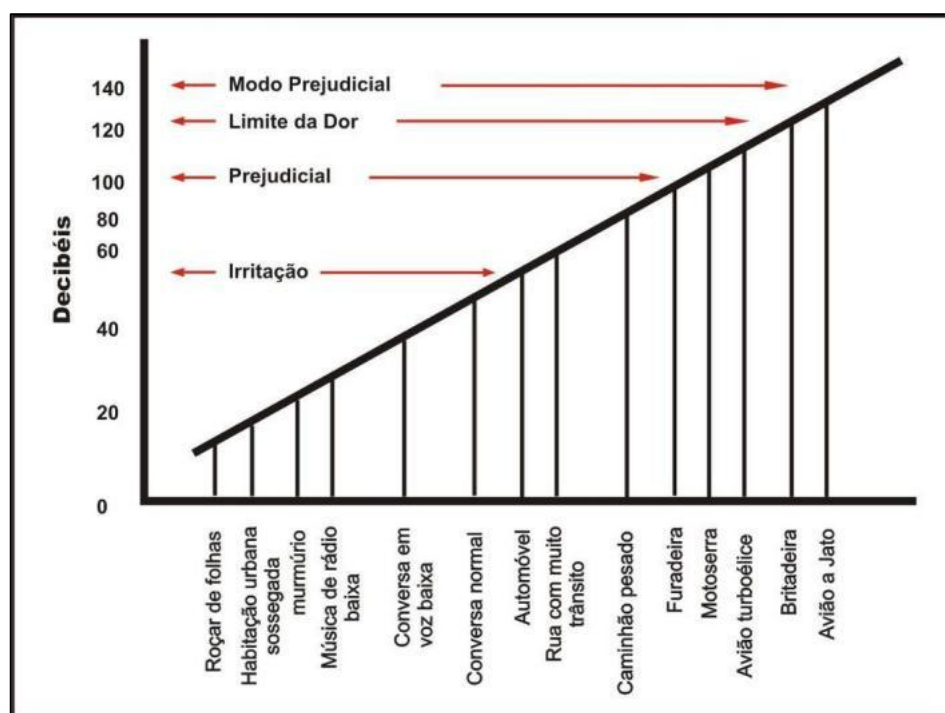


Figura 88. Exemplos de níveis de pressão sonora e seus danos causados a saúde humana (Modificado de SOUZA, 1998). Fonte: Souza – 1998.

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA publicou a Resolução CONAMA N° 001 de 8 de março de 1990, que: *"dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política"*. Sendo estabelecido pela Resolução o que segue:

"I - A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.

II - São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior, os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela Norma NBR-10.151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

VI - Para os efeitos desta Resolução, as medições deverão ser efetuadas de acordo com a NBR-10.151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da ABNT".

A NBR 10.151 fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, apresentando o método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos, no caso dos ruídos, apresentarem características especiais, e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores. Esta norma foi elaborada em 1987, tendo sua redação revisada e substituída no ano de 2000.

De acordo com a norma NBR-10.151, e considerando que a área de implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí esteja classificada como área predominantemente industrial, os níveis máximos de ruído na região limítrofe do empreendimento (Nível de Critério de Avaliação) deverão ser de 60 dB(A) (noturno) e de 70 dB(A) (diurno).

Com base nestas restrições, foram definidas as estações amostrais e a metodologia para a caracterização dos níveis de pressão sonora ao longo da área limítrofe do presente empreendimento.

6.1.3.2. Metodologia

Para se realizar o diagnóstico dos níveis de pressão sonora no entorno da área a ser destinada à implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí, propôs-se realizar medições dos níveis de pressão sonora em 21 estações amostrais nos dois períodos (diurno

e noturno), definidos e distribuídos para a melhor caracterização dos níveis de pressão sonora ao longo da área de influência do presente empreendimento.

Sendo assim, foram realizadas medições sonoras em 21 (vinte e um) pontos amostrais no dia 20 de julho de 2016, distribuídos no entorno da área de instalação do empreendimento (Tabela 49 e Figura 89).

Tabela 49. Coordenadas geográficas dos pontos amostrais do diagnóstico dos Níveis de Ruído no entorno da área destinada à implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí.

Ponto	Coordenadas UTM/SIRGAS-2000	
	UTM E (m)	UTM N (m)
#01	724.709	7.017.339
#02	724.512	7.016.471
#03	724.460	7.015.789
#04	724.426	7.015.341
#05	725.811	7.015.493
#06	726.206	7.016.654
#07	725.333	7.016.646
#08	725.430	7.017.049
#09	725.542	7.018.027
#10	724.190	7.017.855
#11	723.672	7.017.656
#12	723.503	7.017.164
#13	723.605	7.015.374
#14	723.963	7.015.029
#15	725.116	7.016.363
#16	724.476	7.014.344
#17	726.844	7.015.548
#18	727.185	7.017.494
#19	727.305	7.018.656
#20	723.067	7.016.011
#21	726.148	7.014.759

Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

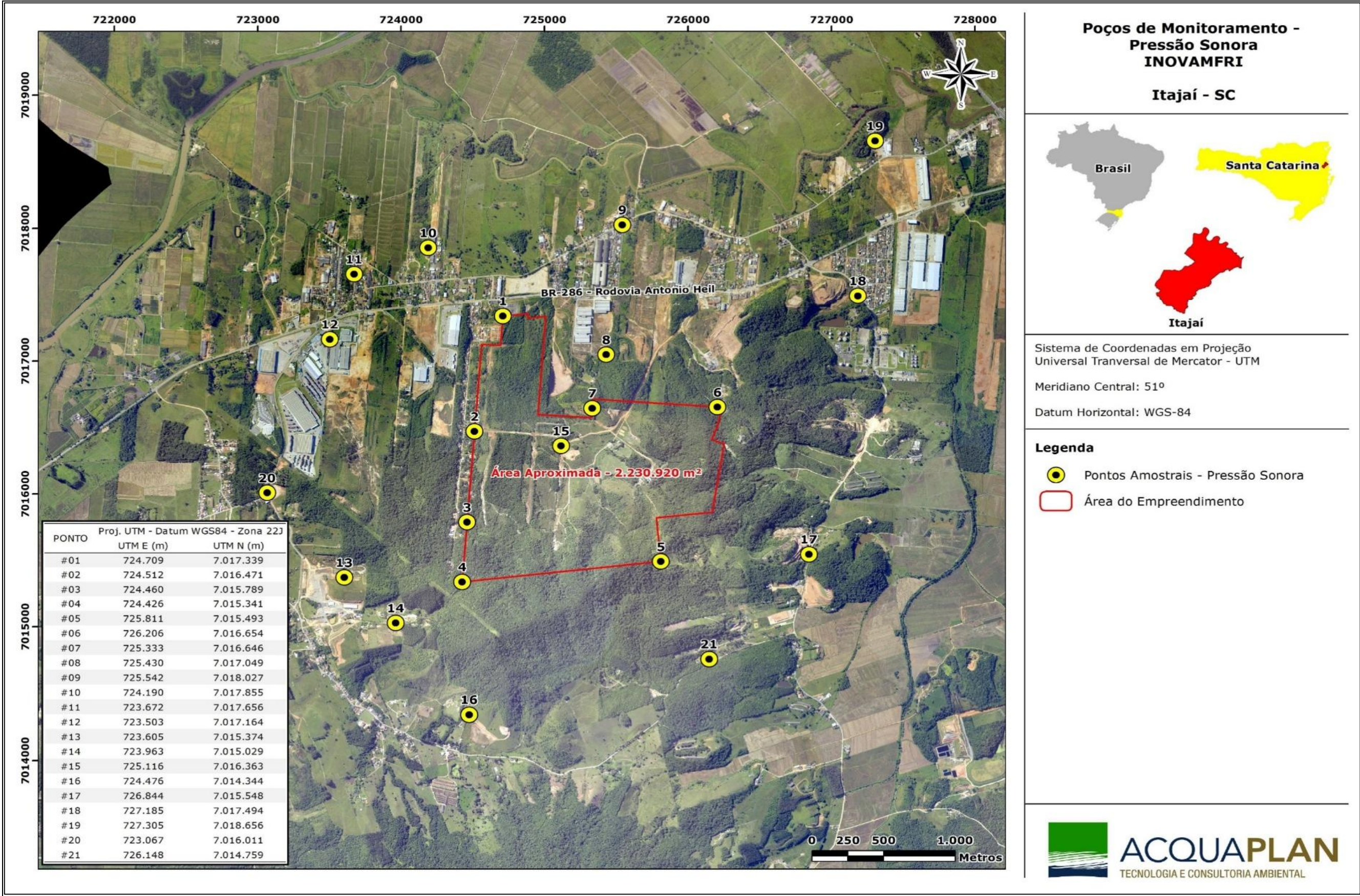


Figura 89. Localização dos pontos amostrais do monitoramento dos Níveis de Pressão Sonora no entorno da área a ser destinada à implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí.Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

A obtenção dos Níveis de Pressão Sonora – NPS deu-se por um “decibelímetro” (medidor de nível de pressão sonora) da marca Instrutherm, modelo DEC – 490 Digital (Figura 90), sendo este calibrado para as medições realizadas por um calibrador de nível sonoro marca Instrutherm, modelo CAL – 3000F. O aparelho é portátil com uma saída RS-232 (interface instrumento/computador), possui um microfone eletrolítico de ½” de diâmetro, um sistema de processamento dos sinais coletados, um visor em cristal líquido e opções de leitura nas faixas de 30 a 80, 50 a 100, 60 a 110, de 70 a 120, de 80 a 130 e de 30 a 130 decibéis nas escalas de compensação A ou C, e ainda leituras do tipo *fast* (respostas a cada 200 ms) ou *slow* (respostas a cada 500 ms).



Figura 90. Medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro) da marca Instrutherm, modelo DEC – 490 Digital. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Para esta atividade, o equipamento foi configurado com a opção de leitura entre 30 e 130 dB, na escala de compensação A – dB[A] – e, no tipo de leitura “*fast*”; posicionado a uma altura média de 1,30 metros e afastado mais do que dois (02) metros de qualquer superfície refletora, conforme o estabelecido pela NBR 10.151 (2000), sendo as medições realizadas entre a faixa horária classificada como diurna (entre 08:00h e 22:00h) e noturna (após às 22:00 horas). As medições foram realizadas durante cinco (05) minutos, sendo os Li’s registrados pelo equipamento a cada cinco (05) segundos.

Respeitando o que dispõe o item 5.1 da NBR 10151 (2000), não se realizou coleta de NPS em dia caracterizado por interferências audíveis advindas de fenômenos naturais, tais como chuvas fortes, ventos fortes e trovões.

A avaliação dos resultados do monitoramento dos níveis de pressão sonora foi realizada considerando os Níveis de Critério de Avaliação – NCA's estabelecidos na NBR 10151 (2000), avaliando as ocupações do entorno dos pontos de monitoramento.

Com área de 220,9 hectares, o Distrito Regional de Inovação da AMFRI encontra-se inserido em área urbana, em macro zona de uso especial sendo esta, definida, conforme Lei Complementar Nº 215, de 31 de dezembro de 2012, que institui as normas para o código de Zoneamento, Parcelamento e Uso do Solo no Município de Itajaí, como Zona Industrial Predominante (ZIP)(Figura 91).

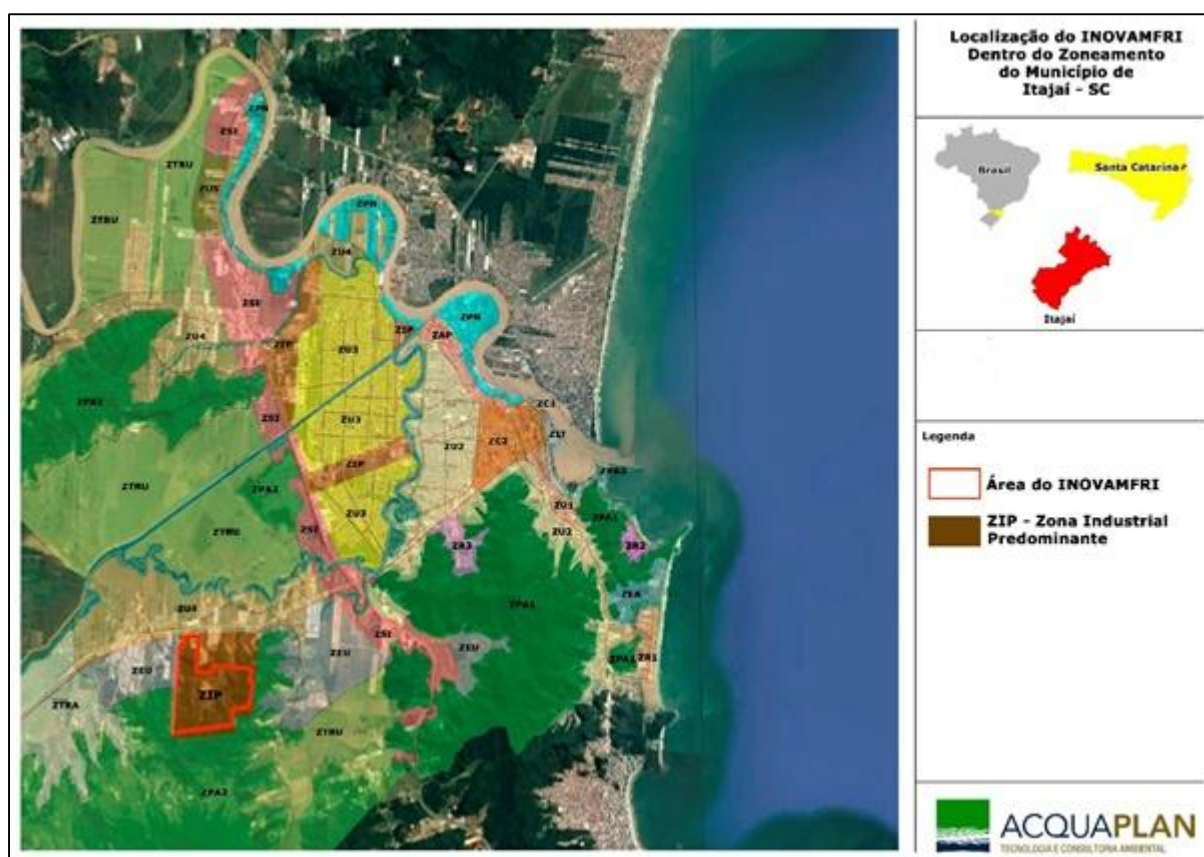


Figura 91. Zoneamento da área destinada à implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí, Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

A Zona Industrial Predominante – ZIP caracteriza-se como área de perímetro urbano com baixa densidade e pouca infraestrutura para adensamento populacional; e a Macrozona Urbana Especial - MZUE constitui como uma área de baixa densidade, com características rurais e condições de receber investimentos para fins de industrialização.

A NBR 10.151 fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, apresentando o método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos, no caso, dos ruídos apresentarem características especiais, e uma

comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores. Elaborada em 1987, teve sua redação revisada e substituída no ano de 2000, adotando valores de níveis máximos de ruído de acordo com a classificação do zoneamento, como mostra na Tabela 50.

Tabela 50. Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A), de acordo com a NBR 10.151.


Tipo 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 mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT NBR 10.151 – 2000.


Sendo assim, os pontos amostrais localizados na área de influência destinada à implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí foram classificados, de acordo com a NBR 10.151, como “Área predominantemente industrial”, já que apresenta baixa densidade e pouca infraestrutura para adensamento populacional.

6.1.3.3. Resultados


Abaixo é apresentada uma breve descrição dos pontos amostrais utilizados para o levantamento dos níveis de pressão sonora na área pretendida para implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí.

Ponto #01	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 724.709 E 7.017.339N	
Descrição do local: situado a 300 metros da Rodovia Antonio Heil, na extremidade noroeste do terreno.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: sofre interferências sonoras provenientes da circulação de veículos leves e pesados ao longo da Rodovia Antonio Heil.	


Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #02	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 724.512 E 7.016.471 N	
Descrição do local: situado em uma estrada de chão, a 1000 metros próximo ao futuro Centro de Inovação de Itajaí.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local com baixa interferência nos níveis de ruídos, com influência de moradores locais.	


Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #03	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 724.460 E 7.015.789 N	
Descrição do local: situado em uma estrada de chão, próximo a uma das torres de energia no perímetro do futuro empreendimento, localizado a sudoeste da área.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local com baixa interferência nos níveis de ruídos, com influência da avifauna local.	


Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #04	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 724.426 E 7.015.341 N	
Descrição do local: situado na extremidade sudoeste do empreendimento.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local ermo, sofre com influência de avifauna local.	


Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #05	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 725.811 E 7.015.493 N	
Descrição do local: situado ao suldeste do empreendimento.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: sofre influência da avifauna local.	


Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #06	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 726.206 E 7.016.654 N	
Descrição do local: encontra-se no perímetro nordeste do empreendimento.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local que sofre influências sonoras da avifauna local e de atividades de moradores locais.	


Fonte: ACQUAPLAN - 2017.

Ponto #07	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 725.333 E 7.016.646 N	
Descrição do local: localizado próximo ao novo Centro de Inovação de Itajaí.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local que apresenta grande influência nos níveis de ruído provenientes da construção do novo Centro de Inovação de Itajaí.	


Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #08	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 725.430 E 7.017.049 N	
Descrição do local: situado próximo à Rodovia Antônio Hiel, a 200 metros da Souza Cruz S/A.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: sofre influência do fluxo de veículos leves e pesados que circulam ao longo da Rodovia Antonio Heil.	


Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #09	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 725.542 E 7.018.027 N	
Descrição do local: localiza-se próximo ao Mercado Vicente, na Av. Itaipava.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: possui grande influência da circulação de veículos leves e pesados e do aglomerado residencial próximo a este ponto de medição sonora.	


Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #10	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 724.190 E 7.017.855 N	
Descrição do local: situado no final da rua Rosalina Pedroni, bairro Itaipava, Itajaí.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: sofre interferências sonoras exclusivamente da circulação de veículos na via, assim como ruídos provenientes dos moradores locais.	


Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #11	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 723.672 E 7.017.656 N	
Descrição do local: situado próximo a uma olaria na Av. Itaipava.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: com grande interferência sonora proveniente dos veículos que transitam pelo local, assim como da operação de máquinas e veículos da olaria.	


Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #12	
Coordenadas planas: UTM WGS 84 723.503 E 7.017.164 N	
Descrição do local: estacionamento da Multilog.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local sofre interferência sonora da Rodovia Antonio Heil, assim como dos veículos que entram na empresa.	

Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #13	
Coordenadas planas:UTM WGS 84 723.605 E 7.015.374 N	
Descrição do local: próximo à Escola Básica de Campo Maria do Carmo Vieira.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local sofre interferência de ruídos provenientes das atividades da Escola Básica de Campo Maria do Carmo Vieira.	


Fonte:ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #14	
Coordenadas planas:UTM WGS 84 723.963 E 7.015.029 N	
Descrição do local: final da rua Inácio da Silva	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local que sofre incremento sonoro proveniente dos moradores locais e da avifauna.	


Fonte:ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #15	
Coordenadas planas:UTM WGS 84 725.116 E 7.016.363 N	
Descrição do local: localizado dentro do empreendimento a 500 metros do Centro de Inovação de Itajaí.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local que sofre incremento sonoro proveniente da avifauna.	


Fonte:ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #16	
Coordenadas planas:UTM WGS 84 724.476 E 7.014.344 N	
Descrição do local: ponto localizado ao extremo sul do empreendimento, servidão sem nome a 1000 metros da rua Inácio da Silva.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local que sofre interferência sonora dos moradores e da avifauna local.	

Fonte:ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #17	
Coordenadas planas:UTM WGS 84 726.844 E 7.015.548 N	
Descrição do local: ponto localizado no extremo leste do empreendimento, na rua Benjamin Dagnone.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local que sofre com ruídos provenientes do tráfego local.	


Fonte:ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #18	
Coordenadas planas:UTM WGS 84 727.185 E 7.017.494 N	
Descrição do local: próximo a BR Combustíveis, na rua Benjamin Dagnone.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local que sofre interferência dos caminhões e veículos leve que transitam pelo local.	


Fonte:ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #19	
Coordenadas planas:UTM WGS 84 727.305 E 7.018.656 N	
Descrição do local: final da rua Francisco Pigoreti, bairro Itaipava, Itajaí.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: os ruídos produzidos no local são provenientes dos moradores do local, animais domésticos e avifauna, assim como das empresas ao redor.	

Fonte:ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #20	
Coordenadas planas:UTM WGS 84 723.067 E 7.016.011 N	
Descrição do local: ponto localizado a extremo oeste da área entre a rua Valdir Luiz Melsi e a Rua Ver. Germano Luiz Vieira.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: local que sofre incremento sonoro proveniente da passagem de veículos pesados e leves.	

Fonte:ACQUAPLAN – 2017.

Ponto #21	
Coordenadas planas:UTM WGS 84 726.148 E 7.014.759 N	
Descrição do local: próximo ao Sítio do Melo.	
Responsável pela medição: Guilherme Santos	
Observações: grande parte dos ruídos provenientes da avifauna local.	

Fonte:ACQUAPLAN – 2017.

Os resultados obtidos para o diagnóstico dos Níveis de Pressão Sonora no período noturno e diurno são apresentados de forma sucinta na Tabela 51, juntamente com o Nível de Critério de Avaliação – NCA estabelecido pela norma técnica NBR 10.151 (ABNT, 2000) para “Área Industrial Predominante”.

Tabela 51. Níveis de pressão sonora equivalente - LA_{eq} (dB[A]) obtidos na área de influência do Distrito Regional de Inovação de Itajaí.

Ponto Amostral	Período Diurno		Período Noturno	
	LA_{eq} (dB[A])	NCA NBR 10.151 (dB[A])	LA_{eq} (dB[A])	NCA NBR 10.151 (dB[A])
#01	75,13	70	69,23	60
#02	44,20	70	46,45	60
#03	38,41	70	45,75	60
#04	37,77	70	44,17	60
#05	36,62	70	49,68	60
#06	43,96	70	49,41	60
#07	42,03	70	59,59	60
#08	45,18	70	52,17	60
#09	63,94	70	60,74	60
#10	58,78	70	48,95	60
#11	60,30	70	53,37	60
#12	67,67	70	64,02	60
#13	37,60	70	43,92	60
#14	46,05	70	75,03	60
#15	36,92	70	65,12	60
#16	54,67	70	51,99	60
#17	60,17	70	70,77	60
#18	72,57	70	67,78	60
#19	58,01	70	56,92	60
#20	55,08	70	56,77	60
#21	43,17	70	41,58	60

Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Considerando os LA_{eq} (dB[A]) diurnos e noturnos, a maioria dos pontos analisados nos dois períodos apresentaram valores acima dos limites da Classificação do NCA - Níveis de Critérios de Avaliação estabelecido pela NBR 10.151 para “Área Predominantemente Industrial”.

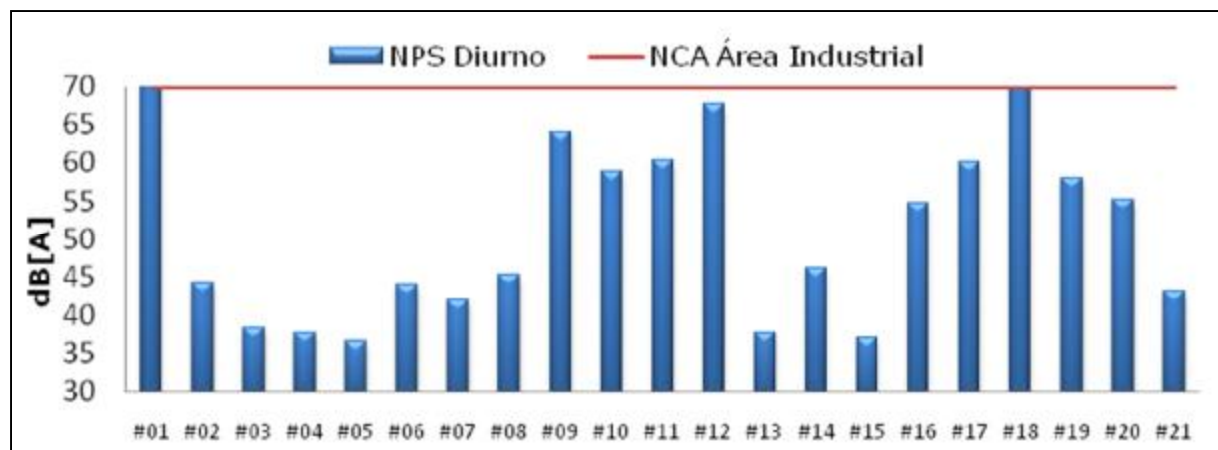


Figura 92. Níveis de pressão sonora (NPS) no período diurno e níveis de critério de avaliação (NCA) para os pontos amostrais de acordo com a NBR 10.151 para “Área Predominantemente Industrial”. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

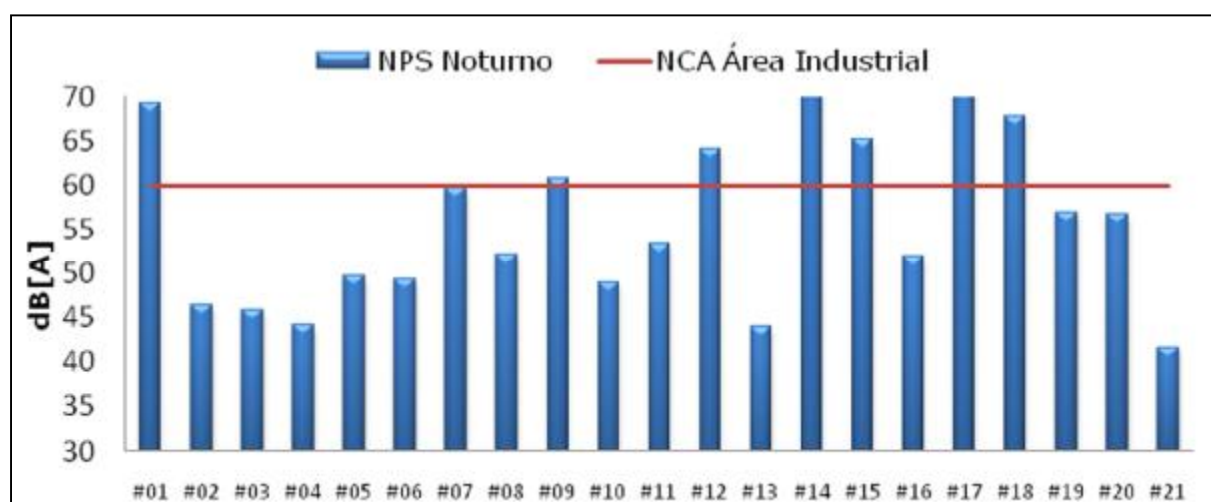


Figura 93. Níveis de pressão sonora (NPS) no período noturno e níveis de critério de avaliação (NCA) para os pontos amostrais de acordo com a NBR 10.151 para “Área Predominantemente Industrial”. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

A área analisada caracteriza-se como um local de vazão urbano, que se encontra em fase de expansão. Entretanto, devido à proximidade dos pontos amostrais da rodovia estadual Antonio Heil e demais vias adjacentes, os níveis de ruído acabam sendo influenciados pelo intenso tráfego de veículos leves e pesados que circulam nestas vias ao longo de todo o período amostrado (diurno e noturno).

Desta forma, alguns pontos amostrais apresentaram maiores valores de ruído, como é visto nos pontos amostrais #01 e #18 para o período diurno, com respectivos valores de 75,13 dB[A] e 72,57 dB[A]. Já no período noturno os pontos #01, #09, #12, #14, #15, #17 e #18 apresentam respectivamente 69,23 dB[A], 60,74 dB[A], 64,02 dB[A], 75,03 dB[A], 65,12 dB[A], 70,77 dB[A] e 67,78 dB[A]. Todos estes pontos estão localizados

próximos à rodovia ou vias de fluxo constante de veículos como carros, motos, caminhões e ônibus (Figura 94 à Figura 100).



Figura 94. Ponto amostral #01, situado a poucos metros da Rodovia Antonio Heil e o ponto amostral #18, situado próximo à BR Combustíveis. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.



Figura 95. Ponto amostral #09 situado próximo ao Mercado Vicente, na Av. Itaipava. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.



Figura 96. Ponto amostral #12, situado em frente à Rodovia Antonio Heil, ao lado do portão de acesso da Multilog. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.



Figura 97. Ponto amostral #14, situado em meio a uma vila de moradores. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.



Figura 98. Ponto amostral #15, situado em meio a uma área com poucas residências. O ruído noturno ultrapassou o limite devido a cachorros no entorno da coleta de dados. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.



Figura 99. Ponto amostral #17, situado em meio a uma vila de moradores. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.



Figura 100. Ponto amostral #18, situado em meio a uma vila de moradores.
Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Os mapas de interpolação (Figura 101 e Figura 102) evidenciam os resultados apresentados, mostrando maiores níveis de pressão sonora nos pontos amostrais situados adjacentes à rodovia Antonio Heil no período diurno como no noturno. Para a interpolação dos níveis de pressão sonora equivalente utilizou-se o método *Natural Neighbor*, sendo os cálculos realizados através do software ESRI® ArcMap™9.2.

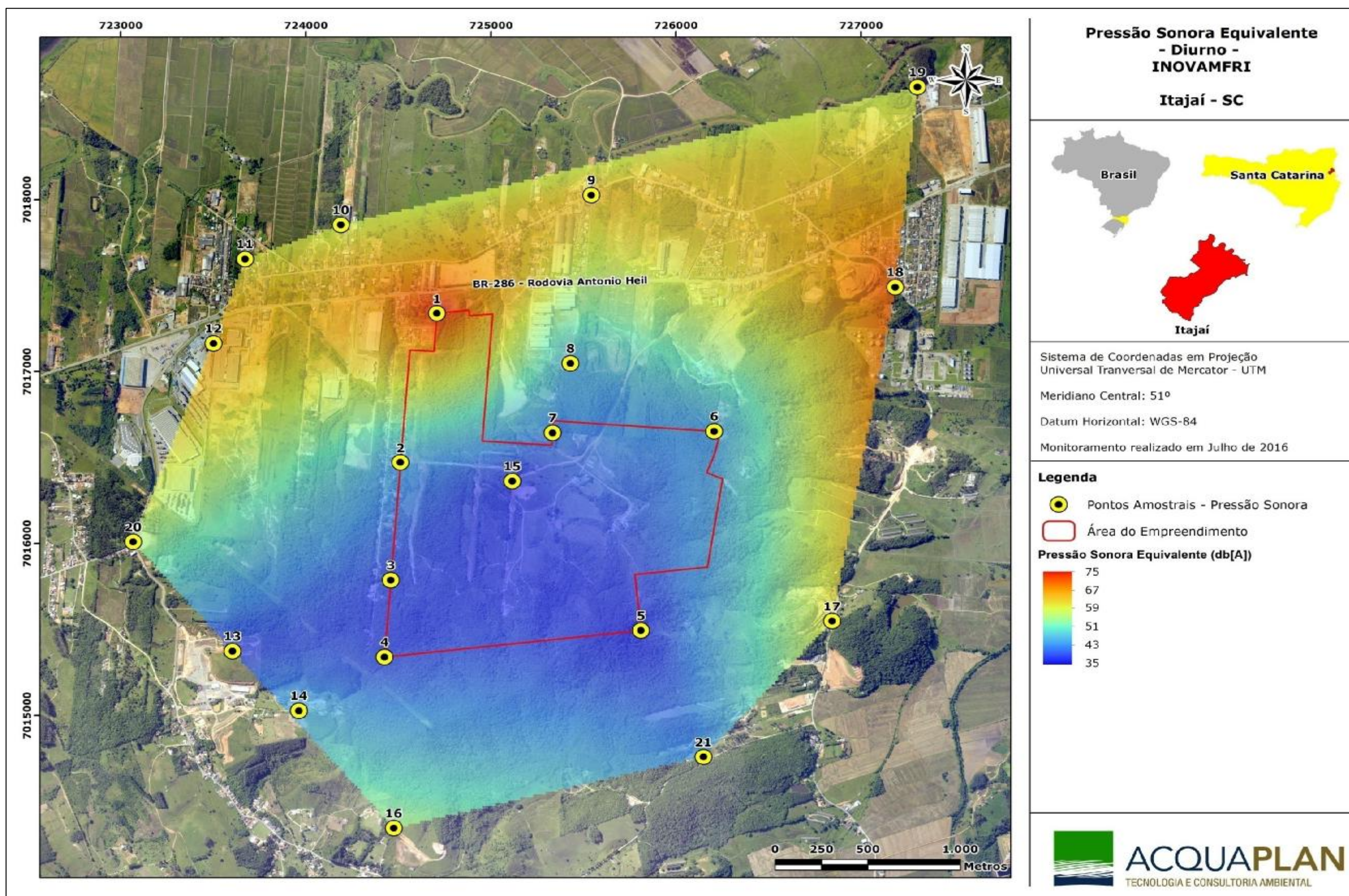


Figura 101. Mapa de Interpolação dos Níveis de Pressão Sonora Equivalente, considerando a medição do período diurno da área a ser destinada à implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

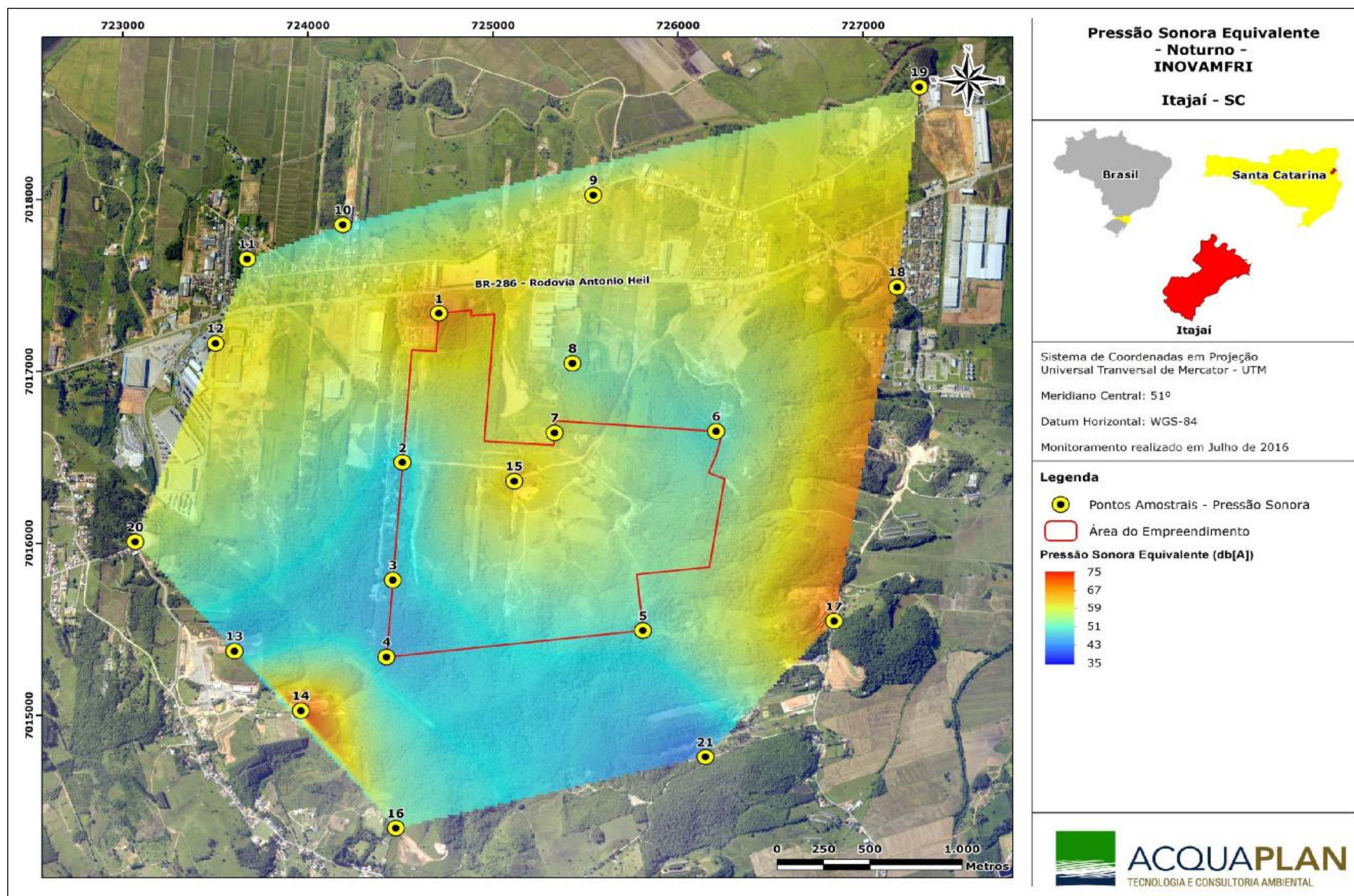
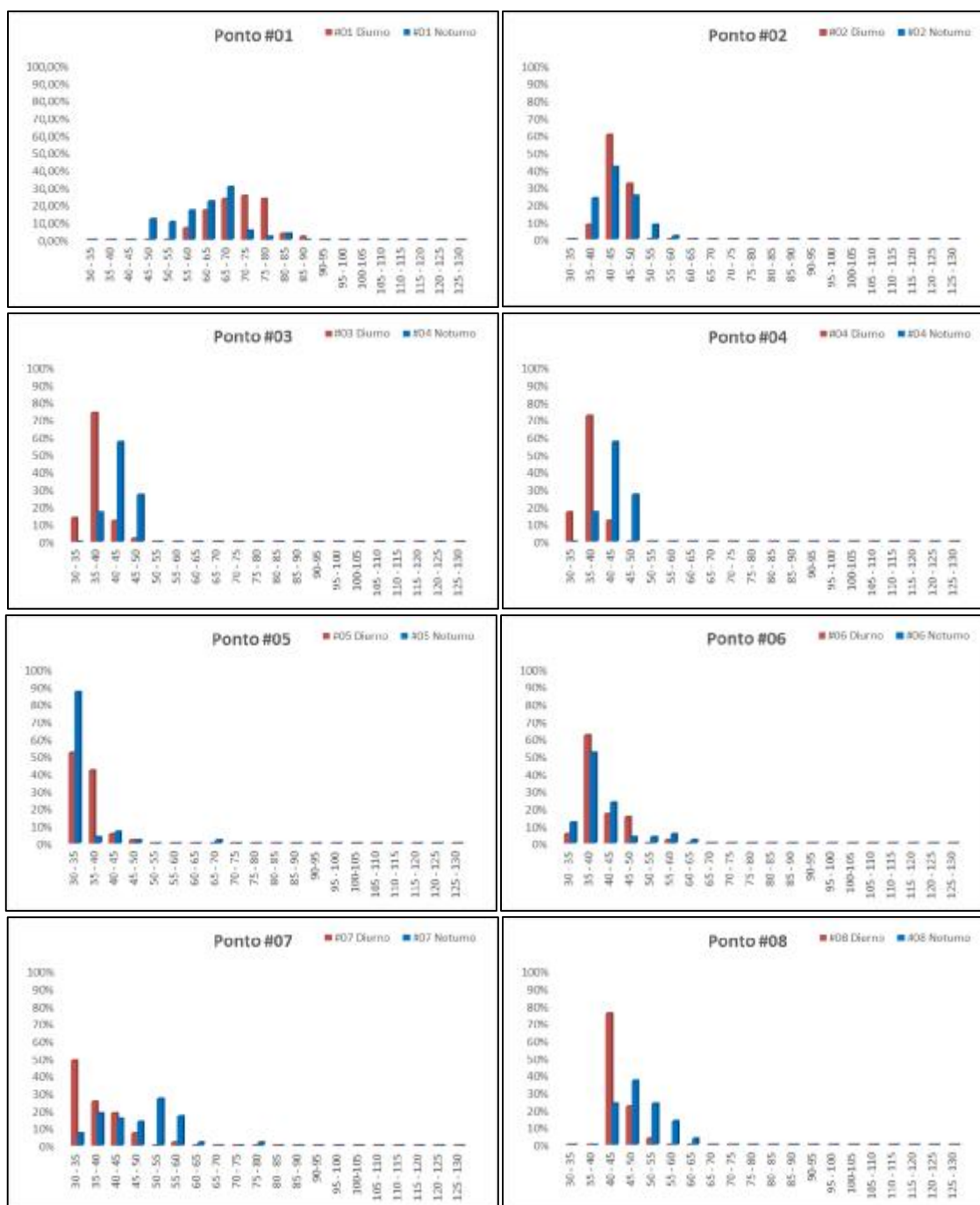
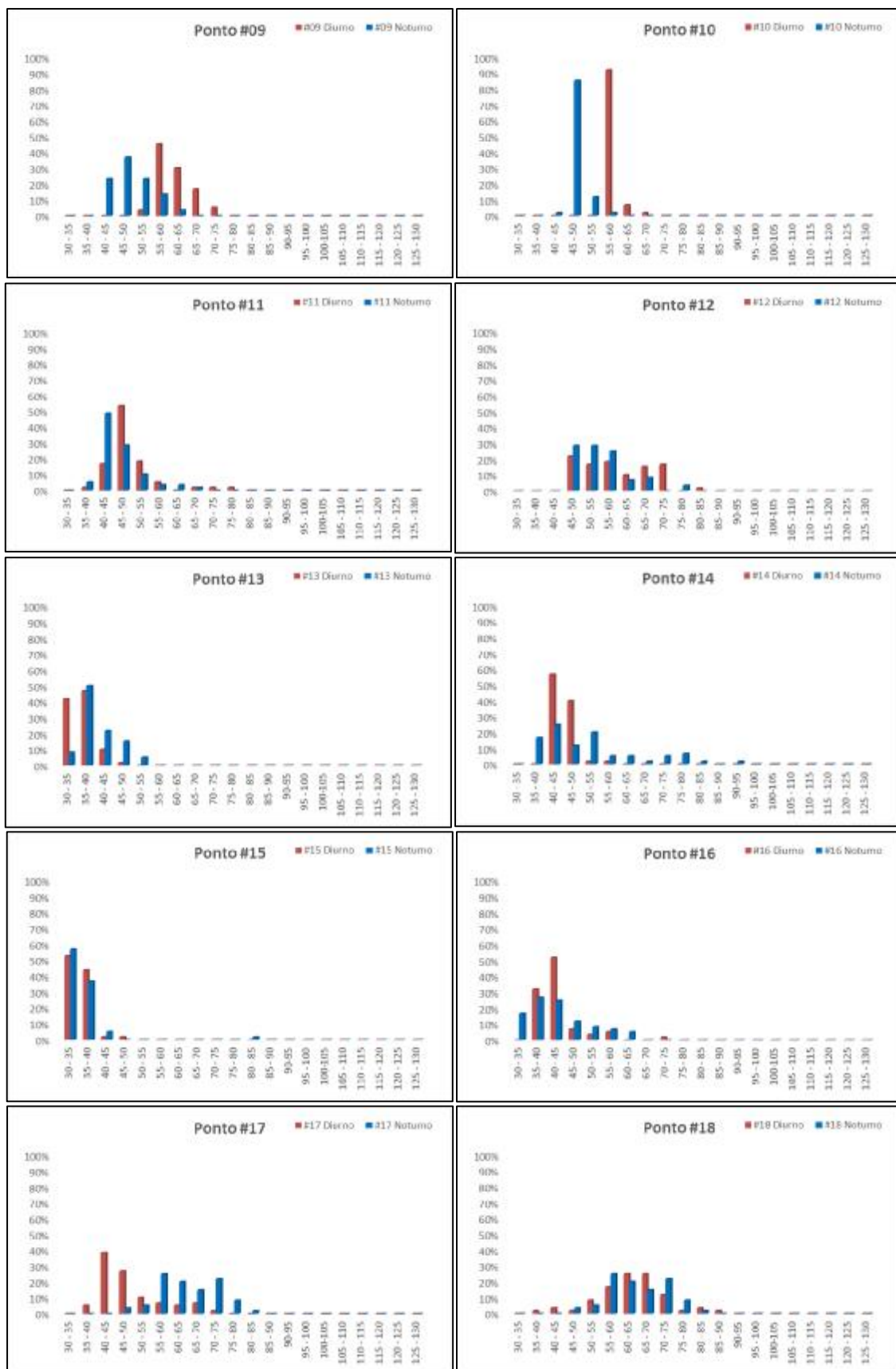


Figura 102. Mapa de Interpolação dos Níveis de Pressão Sonora Equivalente, considerando a medição do período noturno da área a ser destinada à implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Os resultados referentes à representação percentual das classes de Li's mensurados são apresentados na Figura 103, onde se observa a distribuição de níveis de ruído entre as classes para os pontos monitorados. O período diurno apresentou uma média do nível de ruído de 51,34 dB[A], enquanto o período noturno mostrou 55,88 dB[A]. Ambas as médias ficaram abaixo dos níveis de critérios de avaliação (NCA).





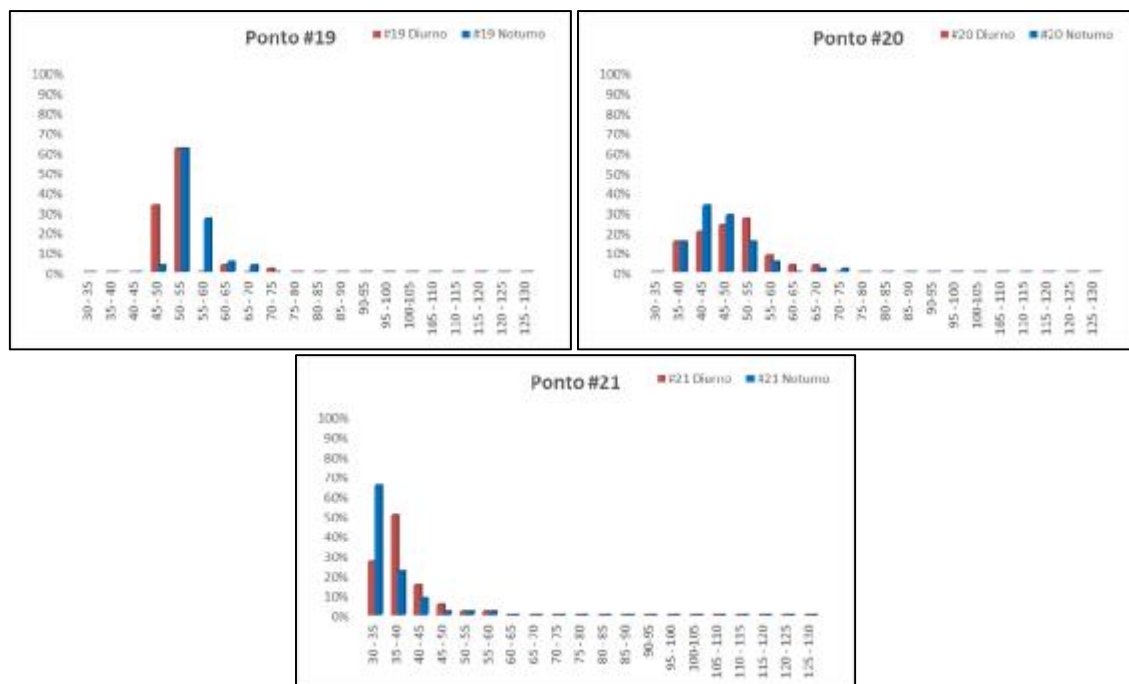


Figura 103. Representação percentual das classes dos Li's mensurados dos pontos amostrais #01 ao #21 da área a ser destinada à implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí.
Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

6.1.3.4. Discussão e Considerações Finais

Os resultados obtidos no levantamento dos níveis de pressão sonora da área a ser destinada à implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí foram avaliados utilizando-se como referência o Nível de Critério de Avaliação – NCA estabelecido pela NBR 10.151 para “Área Industrial Predominantemente”.

Alguns dos pontos amostrais apresentaram valores de LAeq dB[A] acima dos critérios estabelecidos, devido à proximidade da rodovia Antonio Heil, assim como de áreas comerciais, onde os níveis de ruído acabam por serem incrementados pelo intenso tráfego de veículos leves e pesados que circulam nestas vias, tanto no período diurno como noturno. Um adendo à amostragem do ponto #15 no período noturno, que superou o NCA estabelecido, mesmo sendo um local retirado e sem interferência direta. No presente momento da amostragem estavam no local alguns cães latindo, colaborando assim com a alta frequência captada no momento da coleta.

Portanto, no presente diagnóstico, o intenso tráfego de veículos foi o maior interferente nos níveis de pressão sonora, principalmente nos pontos amostrais situados ao longo da rodovia estadual Antonio Heil e das zonas comerciais, estando em concordância com Fiorillo(2003), onde o autor associa que os veículos automotores se revelam como a principal fonte de ruídos urbanos.

6.1.4. Geologia, Geomorfologia e Geotecnia

6.1.4.1. Caracterização Geológica

6.1.4.1.1. Macroescala (Área de Influência – AII)

A macro escala, que também abrange a Área de Influência Indireta – AII, é representada pela área do litoral centro-norte catarinense ou setor 2, em base ao Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina (GERCO/SC) (SANTA CATARINA/GERCO, 2010).

A geologia do litoral centro-norte catarinense foi descrita nos trabalhos anteriores de DNPM (1974) e DNPM (1986) em escalas muito amplas e com pouco detalhe geológico.

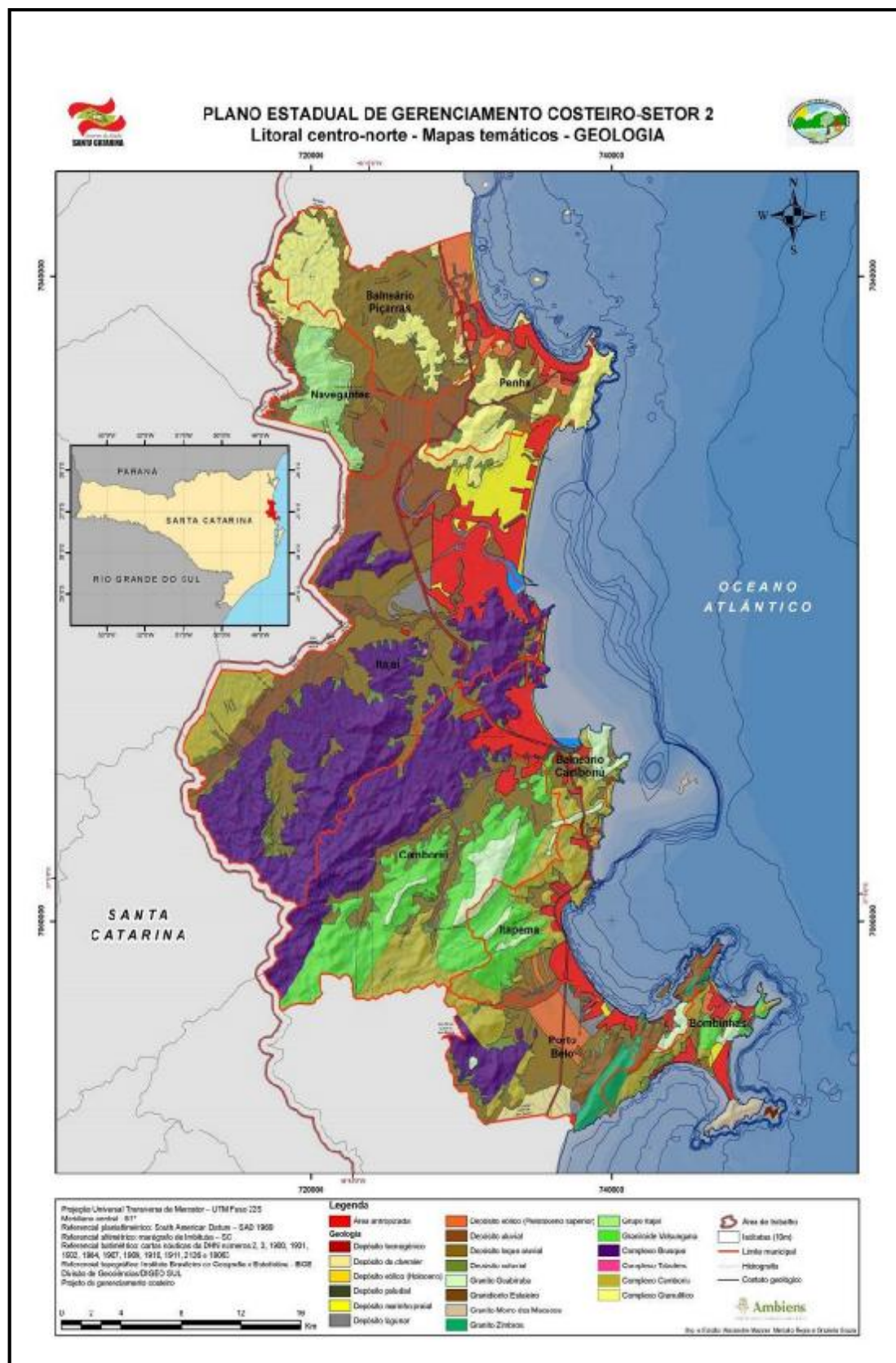
Entretanto, em maior detalhe, o litoral centro-norte catarinense foi descrito do ponto de vista geológico nos trabalhos de Martin & Suguio (1986), Martin *et al.* (1988), Horn Filho *et al.* (1995), Diehl *et al.* (1995), Diehl *et al.* (1996), Horn Filho *et al.* (1996a,b), Caruso Jr. *et al.* (1997), Horn Filho *et al.* (1997a,b), Horn Filho *et al.* (1999), Caruso Jr. & Araújo (1999), Caruso Jr. *et al.* (2000), Amin (2000), Amin *et al.* (2000a, b, c, d), Meireles (2003), Abreu *et al.* (2003), Horn Filho & Diehl (2007), Horn Filho *et al.* (2007), Horn Filho *et al.* (2007) e Horn Filho *et al.* (2007).

Em base aos principais mapeamentos geológicos executados na planície costeira do litoral centro-norte de Santa Catarina, a coluna estratigráfica da AII referente aos municípios de Bombinhas, Porto Belo, Itapema, Camboriú, Balneário Camboriú, Itajaí, Navegantes, Penha e Balneário Piçarras, consiste de 20 unidades lito estratigráficas, sendo 10 unidades do embasamento e 10 unidades que representam os depósitos e suas fácies do sistema deposicional continental, transicional e antropogênico (Tabela 52 e Figura 104) (SANTA CATARINA/GERCO, 2010) (HORN FILHO, 2010).

Tabela 52. Coluna estratigráfica proposta para as unidades litoestratigráficas dos municípios costeiros do litoral centro-norte do Estado de Santa Catarina.

SISTEMA	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	IDADE
Deposicional Antropogênico	Depósito Tecnogênico	Holoceno
Deposicional Transicional	Depósito de <i>Chenier</i>	
	Depósito Eólico	
	Depósito Paludial	
	Depósito Marinho Praial	
	Depósito Lagunar	
	Depósito Eólico	Pleistoceno superior
Deposicional Continental	Depósito Aluvial	Quaternário indiferenciado
	Depósito de Leque Aluvial	
	Depósito Coluvial	
Embasamento cristalino	Granito Guabiruba	Proterozoico superior
	Granodiorito Estaleiro	
	Granito Morro dos Macacos	
	Granito Zimbros	
	Grupo Itajaí	Proterozoico médio-superior
	Granitóide Valsungana	Proterozoico médio
	Complexo Brusque	Proterozoico inferior-médio
	Complexo Tabuleiro	Proterozoico inferior
	Complexo Camboriú	
	Complexo Granulítico	

Fonte: Gerco - 2010.



6.1.4.1.2. Mesoescala (Área de Influência Direta – AID)

Regionalmente afloram as rochas do Complexo Metamórfico Brusque. O complexo é descrito segundo Phillipp *et al.* (2004):

"O Complexo Metamórfico Brusque (CMB), situado na porção leste do Escudo Catarinense, faz parte de uma das clássicas áreas de cinturões de dobramento do sul do Brasil. Estendendo-se como uma faixa na direção Nordeste – Sudoeste (NE-SW), com cerca de 75 quilômetros de extensão e largura máxima de 45 quilômetros. Apresentando limites tectônicos, definidos a noroeste pela Zona de Transcorrência Itajaí-Perimbó (Silva 1991) e a sudeste pela Zona de Cisalhamento Major Gercino (Bitencourt et al. 1989), ambas estruturas de alta deformação, com comportamento dúctil, disposição subvertical e movimentação transcorrente dextral."

No presente trabalho, é adotada a designação Complexo Metamórfico Brusque (SILVA & DIAS, 1981; SILVA, 1991; CALDASSO *et al.*, 1995) em detrimento de Grupo Brusque (SCHULZ JR. & ALBUQUERQUE, 1969; BASEI, 1985), tendo em vista as recomendações da Subcomissão de Nomenclatura Estratigráfica da IUGS (1994).

A subunidade clástica compreende três conjuntos litológicos distintos, que são: metapelitos-metarenitos, quartzitos e metaconglomerados.

Os metapelitos-metarenitos são rochas que têm relativa homogeneidade composicional e são predominantes em relação às demais, ocorrendo em toda a área estudada. Compreendem xistos e filitos pelíticos (argilosos), com intercalação de termos areno-pelíticos em proporções variadas. Os afloramentos são muito intemperizados, com exposições de rochas frescas, ocorrendo preferencialmente nas drenagens. A rocha mostra cor cinza esverdeada clara e escura, adquirindo cor laranja avermelhada escura a amarronada quando alteradas. Entre os tipos principais ocorrem muscovita-clorita-quartzo xistos e filitos, muscovita-biotita-quartzo xistos e filitos, com ocorrências mais restritas de granada-muscovita-biotita-quartzo xistos. Intercalações de grafita xistos são raras. Andaluzita-biotita-muscovita xistos são identificados apenas a sul do Rio Itajaí-Mirim, enquanto cordierita-biotita-muscovita xistos se restringem ao extremo sul da cidade de Itapema. A estrutura dominante é uma xistosidade bem desenvolvida, ocorrendo subordinadamente clivagem ardosiana, principalmente na porção norte do Complexo.

A estrutura medida é a foliação S2 (xistosidade) paralelizada com S1 (bandamento composicional); a alteração de rocha e intensidade da deformação metamórfica não permitem avaliar estas camadas arenosas e argilosas observadas, que referem-se a S0 (camadas sedimentares) ou S1 (camadas metamórficas).

Em áreas onde S1 está preservada, pode-se observar a formação de clivagem de crenulação S2. Intercalações composicionais milimétricas a decamétricas entre termos areno-pelíticos e pelíticos podem ser observadas em seções ao longo de drenagens.

Os quartzitos ocorrem intercalados com os metapelitos, constituindo lentes centimétricas a decamétricas, com espessura de 10 a 30 metros. A maior exposição desta unidade encontra-se no Morro da Caveira, a norte da cidade de Tijucas. Nesta ocorrência, a espessura média aflorante é de cerca de 200 metros. Outros corpos maiores ocorrem a sul da Serra da Miséria, a oeste da cidade de Itajaí e próximo às cabeceiras do Rio do Meio.

Os quartzitos possuem cor branca amarelada e são predominantemente puros. Subordinadamente, ocorrem termos xistosos ricos em muscovita e minerais opacos. A estrutura principal é marcada pela foliação S2; estruturas reliquias compreendem variação granulométrica regular do quartzo ao longo de finas e contínuas bandas no interior das camadas, bem como intercalação de níveis ricos em mica branca e/ou minerais opacos.

As ocorrências de meta conglomerados estão restritas ao Morro da Caveira, situando-se nas porções mais altas desta elevação. Encontram-se intercalados com quartzitos e muscovita quartzitos, em pacotes de 2 a 30 metros de espessura. A rocha varia da cor branca a cor rosa, e estrutura orientada, marcada pela orientação preferencial do eixo maior de seixos estirados. Em zonas de baixa deformação, é possível ainda observar estratificação plano-paralela e acamadamento gradacional.

As rochas das subunidades metassedimentares apresentam relações de contato gradacionais, marcadas pela alternância composicional sistemática entre metapelitos, quartzitos, metamargas e mármore. Os metassedimentos clásticos são dominados por expressivo pacote contendo ritmitos pelíticos e arenopelíticos, sugerindo deposição por correntes de turbidez de baixa densidade. Os metassedimentos preservam estrutura plano-paralela caracterizada pelo acamadamento composicional de espessura milimétrica a centimétrica com grande regularidade e continuidade, acompanhado por variações sistemáticas e regulares do tamanho de grão em níveis arenosos. Em lâmina delgada, é frequente a identificação de texturas blastopsamíticas em filitos, xistos e quartzitos

micáceos. Nos mármore, observa-se alternância composicional com camadas de rochas calci-silicáticas, mármore dolomíticos silicosos, dolomíticos e calcíticos.

Os metassedimentos pelíticos, pelítico-arenosos e arenosos, bem como os mármore e rochas calci-silicáticas, caracterizam uma sedimentação com ampla contribuição continental, onde os metarritmitos representam os depósitos mais distais, associados a turbiditos de leques submarinos.

Os conglomerados associados aos corpos de quartzo-arenosos podem ter sua deposição associada com movimentações tectônicas durante a evolução da bacia. Os sedimentos arenosos ricos em quartzo não apresentam estruturas primárias diagnósticas. Entretanto, a presença de marcas onduladas nos quartzitos do Morro da Caveira, associada à espessura significativa do pacote arenoso nesta região, pode sugerir deposição associada a ambientes plataformais. Sander (1992) sugeriu para a formação dos corpos de quartzitos outras possibilidades, como cordões litorâneos, barras de costa afora ou turbiditos.

O metamorfismo regional orogênico que afetou o Complexo Metamórfico Brusque, está relacionado ao Ciclo Brasileiro como indicado pelas idades geocronológicas do metamorfismo (BASEI, 1985; BASEI *et al.*, 1987).

As estruturas deformacionais e paragêneses encontradas nas rochas do CMB são indicativas do desenvolvimento de evento de metamorfismo regional orogênico em condições de fácies xistos verdes inferiores a anfibolito inferior e baixa P/T (pressão e temperatura). Este evento metamórfico está relacionado ao fechamento da bacia por um processo de colisão continental (tectônica de baixo ângulo) responsável pela formação da foliação S2, por uma lineação mineral e/ou de estiramento, disposta segundo a direção Leste – Oeste (E-W), dobras recumbentes e zonas de cisalhamento paralelas a S2. A evolução metamórfica está registrada na foliação S2 e pelas relações temporais de crescimento dos porfiroblastos de andaluzita, granada e cordierita nas rochas metapelíticas.

Nos filitos e xistos, a presença de mineralogia metamórfica de composição aluminosa, como granada, andaluzita, cordierita, estauroлита e silimanita, acompanhada por teores elevados de clorita, muscovita e biotita, é indicativa de transformações metamórficas de rochas pelíticas. Do mesmo modo, a intercalação entre mármore e rochas calci-silicáticas indica a ocorrência de calcários e margas. A presença de grandes lentes de quartzitos atesta a ocorrência de corpos arenosos ricos em quartzo.

Apesar da complexa estruturação tectônica do CMB, a superfície de deposição original (S0) é reconhecida com frequência, principalmente por variações do tamanho de grão e da composição entre as camadas, permitindo o reconhecimento de seus protólitos (rochas anteriores ao metamorfismo). A evolução tectônica do CMB está relacionada a um evento dúctil tangencial (D1-D2), cujo desenvolvimento progressivo é responsável pela geração da foliação metamórfica (S1), preservada como dobras isoclinais a fechadas de flancos rompidos e charneiras espessas (F2). A transposição desta foliação inicial gera a superfície S2, em geral paralela a S1, que constitui a xistosidade principal das rochas do CMB. A presença de zonas de alta deformação nos eventos deformacionais de baixo ângulo, marcadas pela transposição da foliação S1 e geração de zonas de cisalhamento dúctil subhorizontais, é indicativa da existência de intercalação tectônica de “fatias ou lascas” ao longo da evolução do cinturão. Estas estruturas foram afetadas por um evento transcorrente (D3), sob condições de deformação dúctil a dúctil-rúptil. As estruturas anteriores foram redobradas como dobras normais, fechadas a abertas (F3), com clivagem de fratura de plano axial (S3) orientada segundo a direção N40-60°E. Uma fase mais tardia de dobramentos é identificada pela presença de dobras F4 em caixa, *chevron* e *kink bands*, abertas a suaves, com clivagem de fratura plano axial pouco espaçada, de direção N40-70°W (Figura 105).

A geometria da foliação principal, com direção predominantemente Leste – Oeste (EW) e baixo mergulho, aliada à ocorrência de dobras recumbentes e zonas de cisalhamento subhorizontais, reflete uma intensa tectônica colisional, a qual é caracterizada inicialmente pelo encurtamento crustal associado ao desenvolvimento de estruturas de empurrão (D1-D2). A geração de zonas de cisalhamento transcorrentes de escala litosférica (D3) é provavelmente a responsável pela atual forma alongada do cinturão na direção Nordeste - Sudoeste (NE-SW), adquirida no estágio pós-colisional do Ciclo Brasileiro.

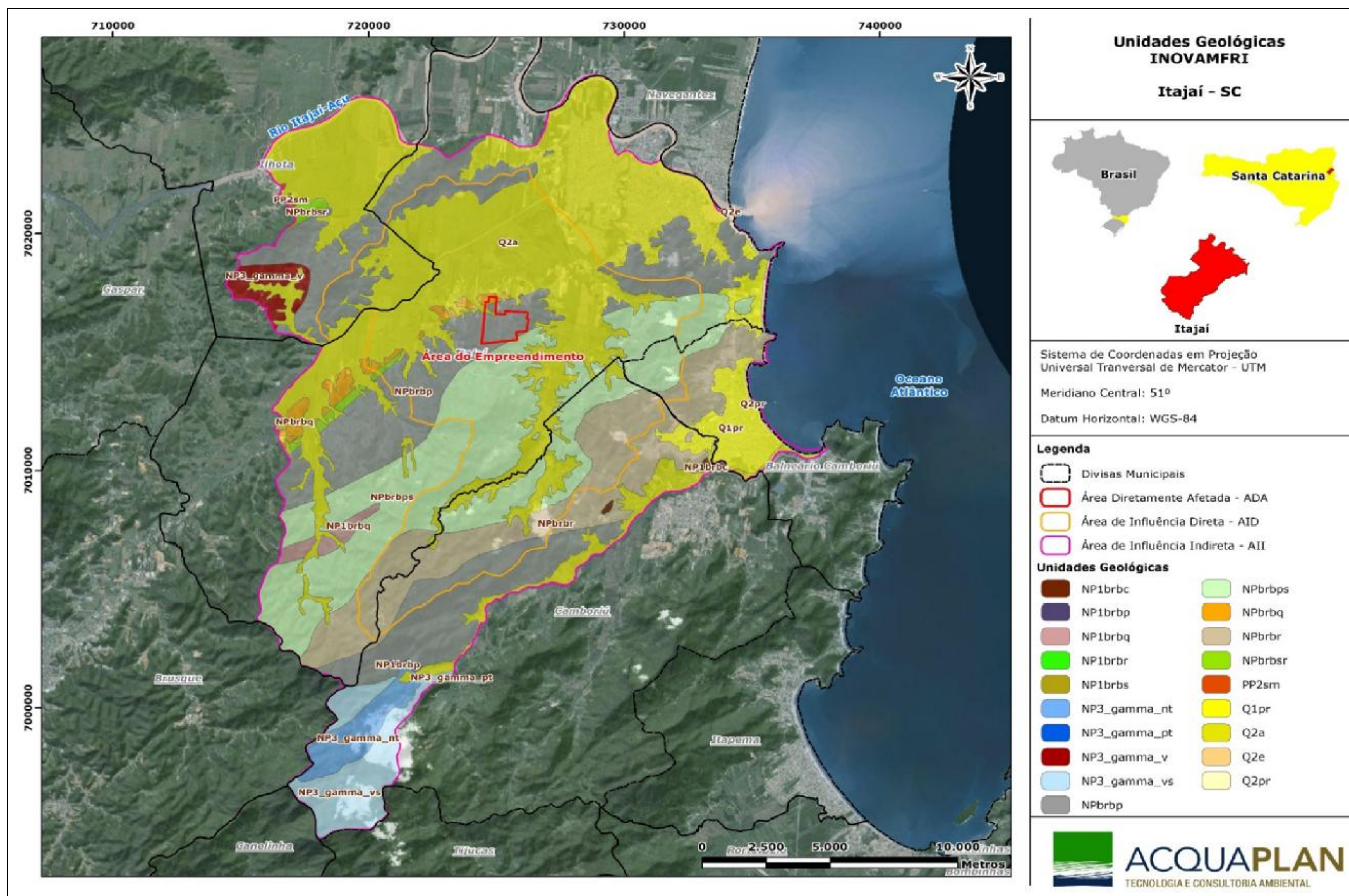


Figura 105. Mapa geológico da planície costeira da AID. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

O Embasamento Indiferenciado representa as Terras altas da AID na forma de maciços costeiros, morros e serras cristalinas. No compartimento geomorfológico o Embasamento cristalino prevalece modelado de dissecação, susceptível à atuação de fenômenos erosivos como enxurradas, deslizamentos, queda de blocos e matacões, entre outros, principalmente nas encostas mais íngremes das serras, morros e colinas isentas de cobertura vegetal. No litoral centro-norte catarinense, predominam os modelados de dissecação em montanhas e morraria, sendo que os morros concentram-se mais no setor leste e as montanhas (serras) no setor oeste.

6.1.4.1.2.1. Microescala – Área Diretamente Afetada (ADA)

A geologia do terreno onde se prevê a instalação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí e entorno caracteriza-se pelo afloramento de xistos do Complexo Metamórfico Brusque intercalado com áreas de espessa cobertura sedimentar recente (cenozoica) caracterizada por solos de alteração do xisto, colúvios e sedimentos aluviais (Figura 106.).

Ao comparar o mapa geológico com o mapa de relevo, observa-se que algumas características do relevo são condicionadas diretamente pela estruturação geológica da área. A planície central situa-se ao redor da falha indicada na direção Noroeste (NW) no mapa geológico. A crista ao sul do terreno e direção Nordeste (NE) corresponde aproximadamente ao contato entre duas fácies distintas.

Há três fácies que atravessam o terreno em faixas orientadas aproximadamente na direção NE, sendo que ao norte, temos uma faixa de quartzitos (NPbrbq), coberta por espessa camada de seixos de quartzo de veio. O veio é em geral formado por minerais diferentes daqueles que estão presente na rocha encaixante.

A faixa central de fácies metapelítica (metamorfismo de sedimentos argilosos) (NPbrbp), é formada por muscovita xistos (predominantes) e biotita xistos contendo ou não a grafita (grafite). A fácies metapsamítica rítmica (NPbrbps) (metamorfismo de camadas sedimentares de areia e argila), contém a alternância de camadas mais arenosas (quartzito) e argilosas (micas) formando um padrão que lembra as estruturas sedimentares.

Os afloramentos de xisto observados estão restritos a cortes de talude e a pontos de retirada de material (solo/rocha alterada). Mesmo nestes pontos observa-se sempre algum grau de alteração das rochas, caracterizada pelas cores de oxidação do ferro (laranja, vermelho, vermelho arroxeado e amarelo) e caulinição (alteração da rocha para argila

branca. As estruturas geológicas (foliações) apresentam suficientemente preservadas para coleta de atitudes (Figura 107).

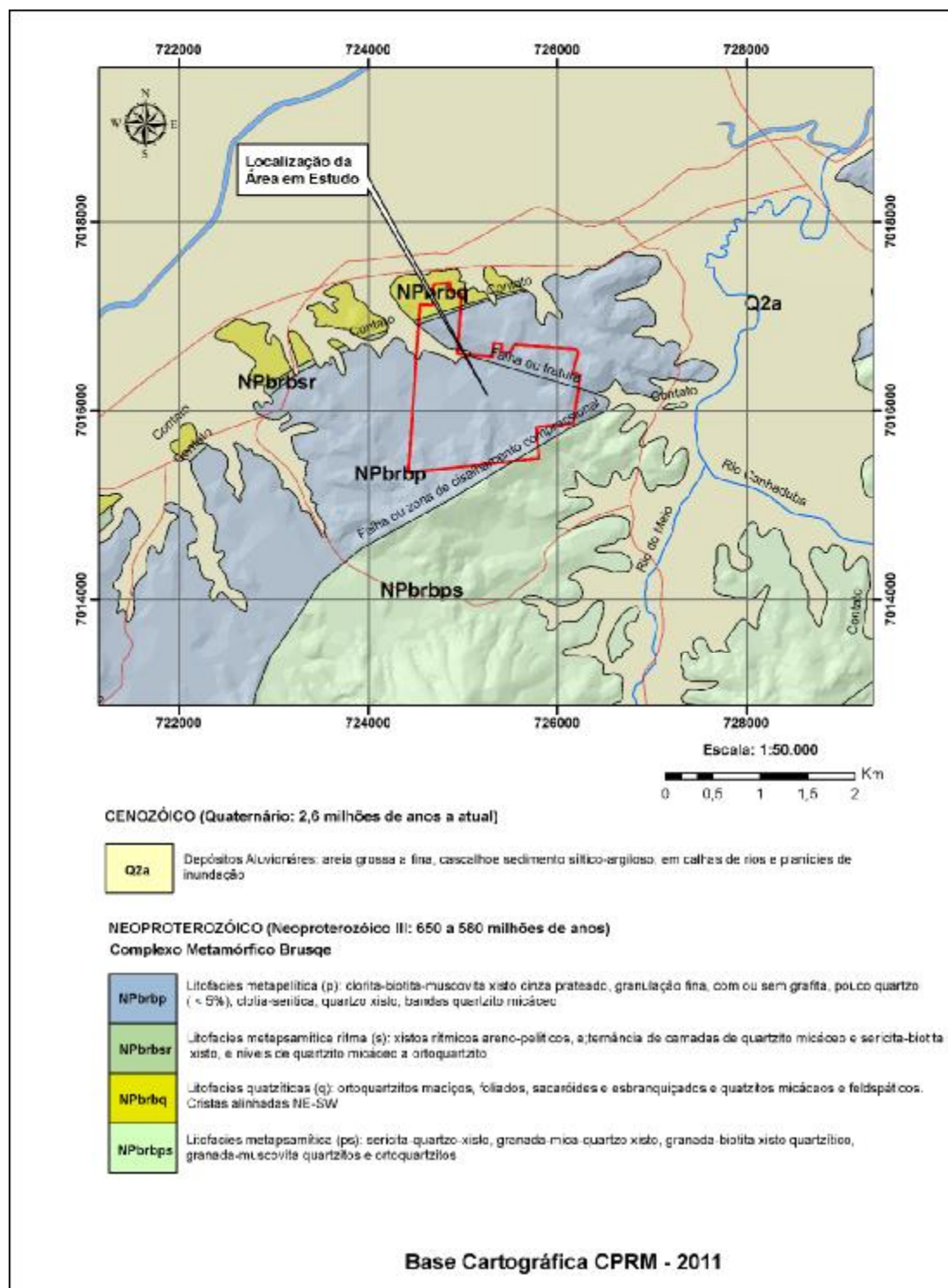


Figura 106. Mapa geológico da área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.



Figura 107. Aspecto do xisto em afloramento de rocha alterada.
Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Foram dimensionadas estruturas rúpteis (fraturas e falhas) não significativas nos afloramentos observados na área de estudo, não sendo possível utilizar dados estatísticos para realizar um estereograma a partir dessas estruturas (Figura 108).



Figura 108. Plano de falha atitude N36E/84NW. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

As grandes falhas são pontos de fragilidade da rocha, e tendem se a posicionar sob áreas planas ou sob leito de rios; no caso a falha de direção Noroeste (NW) que aparece no mapa geológico, situa-se sob a planície do terreno, não possuindo afloramento em superfície.

O xisto neste terreno possui como principais componentes minerais a mica (moscovita predominado sobre a biotita), o quartzo (na forma de grãos de areia e veios) e argilomierais (possivelmente provenientes da alteração da mica) tingidos pela oxidação de ferro nas rochas alteradas. Quando não alterado o xisto exibe uma típica cor cinza prateada.(Figura 109).



Figura 109. Fragmentos de xisto pouco alterado. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Também foi reconhecida a presença de granada no xisto, embora em estado completamente alterado, indicando que o metamorfismo alcançou a zona (matamófica) da formação da granada (Figura 110).



Figura 110. Cristais de granada completamente alterados formando pontos escuros no xisto. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Na estrutura do xisto é reconhecível imediatamente em afloramentos as foliações S1 e S2. A foliação S1 neste terreno é caracteristicamente formado pela alternância de níveis argilo-arenosos que caracterizam a fácies metapsamítica rítmica. (Figura 111).



Figura 111. Aspecto da foliação S1. Níveis arenosos brancos argilosos em várias cores. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

A foliação S2 nesta área é formada pela orientação da muscovita em casos raros da biotita, sendo ambas as foliações S1 e S2 paralelas entre si e sendo igualmente dobradas em diversos pontos do afloramento (Figura 112).



Figura 112. Aspecto da foliação S2 paralela com S1. Níveis prateados (mica definido planos de S2). Níveis argilosos em várias cores definido S1. Ambos dobrados. Escala preto e branco 5cm. Fonte: Diretrizes Ambiental –(2017)

Como os planos de S1 e S2 encontram-se paralelos entre si as atitudes de ambos foram medidas conjuntamente. Resultando nos seguintes estereogramas. (Figura 113, Figura 114 e Figura 115).

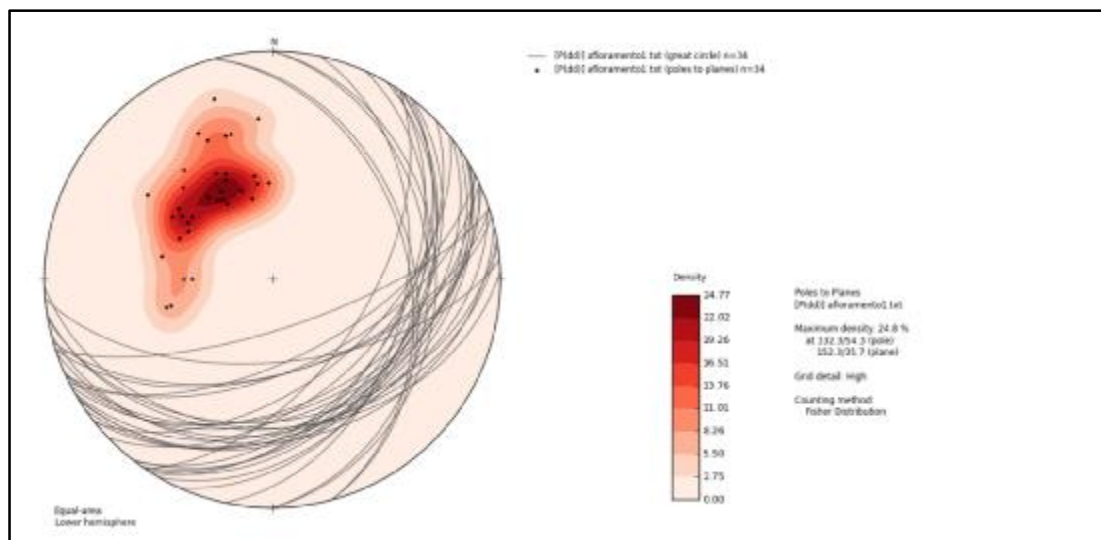


Figura 113. Distribuição dos planos foliações S1/S2 no afloramento UTM 725124 leste e 7016357 sul. Planos: círculos. Pontos: polos dos planos. 34 medidas concentração máxima de polos 24%. Plano médio N62E/36SE. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

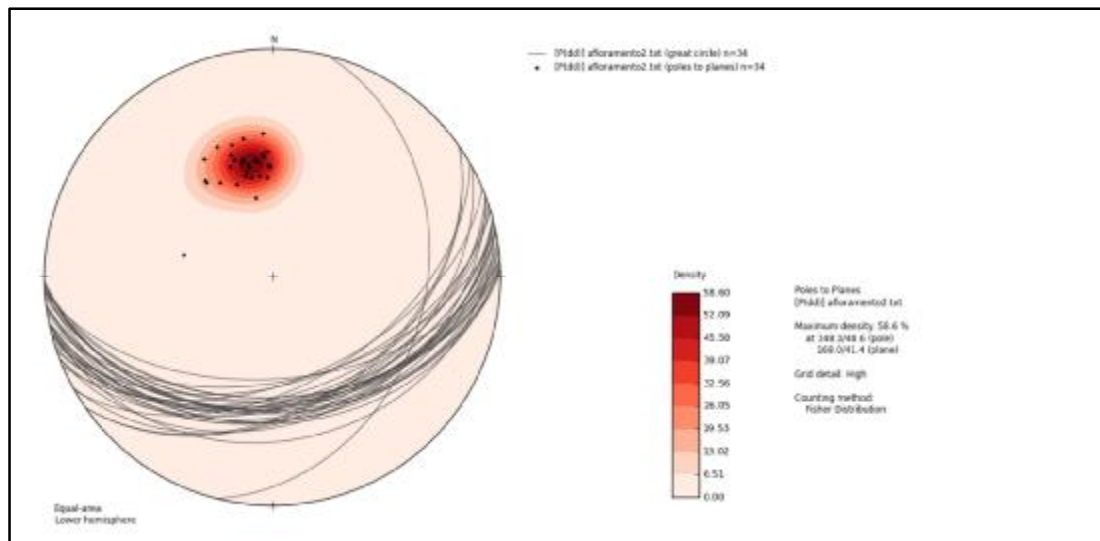


Figura 114. Distribuição dos planos das foliações S1/S2 no afloramento Coordenadas UTM 725423 leste e 7016497 sul. Planos: círculos. Pontos: polos dos planos. 34 medidas concentração máxima de polos 58%. Plano médio N78E/41SE. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

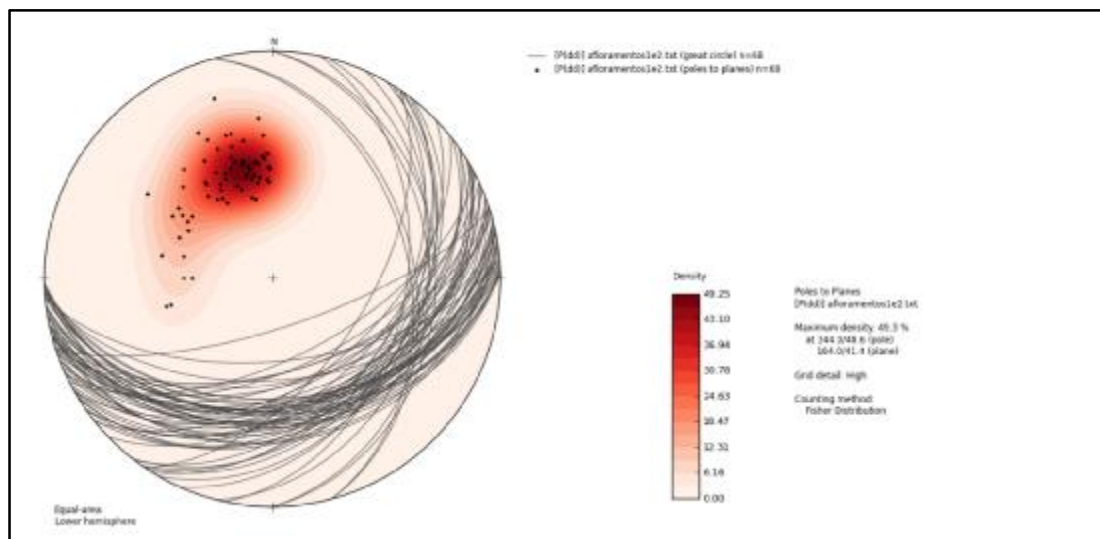


Figura 115. Distribuição dos planos das foliações S1/S2 com a medida combinada dos dois afloramentos. Planos: círculos. Pontos: polos dos planos. 68 medidas concentração máxima de polos 58%. Plano médio N78E/41SE. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Observa-se através dos estereogramas que a foliação S1 paralela com S2 possui a tendência de distribuição em guirlanda (pontos de polos dispersos, mas ordenados no estereograma) indicando o dobramento da foliação. Esta tendência foi comprovada pela observação do afloramento em que há o dobramento da foliação e pela distribuição dos planos (semicírculos no estereograma), em duas direções principais de foliação, sendo uma aproximadamente norte-sul e outra NE, quase leste-oeste que seriam flancos (lados) de uma ou mais dobras.

O afloramento seguinte possui a distribuição concentrada (pontos agrupados no estereograma) na direção nordeste (quase leste - oeste) e mergulho dos planos para sul e sudeste, indicando que este afloramento não está com foliação dobrada.

Ao combinar o conjunto de medidas dos dois afloramentos, um padrão em guirlanda torna-se ainda mais definido, ainda que um tanto disperso, indicando que as foliações do xisto encontram-se dobradas, ainda que o padrão da dobra não possa ser definido pelos padrões de interferência entre várias dobras ou devido ao baixo número de afloramentos disponíveis.

Sobre as rochas do Complexo Metamórfico Brusque há uma cobertura sedimentar quase ininterrupta formada por três tipos principais de materiais:

- Os sedimentos coluviais;
- os aluviais; e,
- os solos de alteração de rocha.

Os colúvios apresentam três características essenciais que facilitam a identificação em afloramentos e nas sondagens a trado realizadas. São elas:

- A presença abundante de fragmentos de quartzo de veio (brancos, opacos) e facetados (com aparência quebrada ou pouco arredondados);
- cores similares a cor da rocha alterada; e
- aspecto maciço (sem estruturas sedimentares ou metamórficas reconhecíveis).

Fragmentos de xisto são muito raros nos colúvios, sendo menos comum a presença de uma camada de caulim (argila branca) associada com a concentração máxima de seixos no perfil descrito (Figura 116).



Figura 116. Aspecto dos colúvios encontrados na área. O aspecto comum é a repetição das cores de alteração da rocha. Em alguns locais o colúvio possui uma camada de argila branca associada a profundidade onde concentra-se maior quantidade de seixos de quartzo. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Nas margens dos córregos e cursos d'água o colúvio encontra-se frequentemente coberto por uma delgada cobertura (0,5 a 3 metros de espessura) de solo/sedimento aluvial. Esta estrutura de colúvio litificado (petrificado) foi observada em um local próximo do piezômetro ST-04. (Figura 117).



Figura 117. Colúvio petrificado junto ao leito de rio próximo de ST-04. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Os colúvios desenvolvem-se por mecanismos de rastejos e deslizamentos ao longo da história geológica da paisagem. Esses movimentos de sedimentos partem das elevações dirigindo-se aos vales e talvegues.

Os sedimentos aluviais concentram-se ao longo dos vales dos rios, áreas planas. O rio Itajaí-Mirim forma uma larga planície aluvial que interliga se com as planícies aluviais dos

afluentes próximos. Em direção as elevações do terreno os sedimentos aluviais interdigitam e cobrem camadas de sedimentos de colúvios e rochas. Subindo as encostas os solos fluviais são substituídos pelos solos de alteração de rocha e colúvios.

As características principais dos solos aluviais é a presença de argila cinza, restos vegetais (turfa, raízes ou carvão), associados com camadas de areia. Os níveis de seixo de quartzo também ocorrem, mas a presença maior é de seixos arredondados. Os seixos são comuns a todos os sedimentos da área refletindo a origem comum desses materiais (veios de quartzo e faixas de quartzito) (Figura 118).



Figura 118. Aspecto dos sedimentos aluviais encontrados na área. Presença de argilas cinzentas, seixos de quartzo arredondados. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Em regiões de meia encosta e cristas, desenvolve-se um solo de alteração de rocha, em geral raso de até 2 metros de espessura, em transição com a rocha alterada. Nestes solos a característica marcante, é ausência de seixos delimitado, como ocorre em solos/sedimentos aluviais e coluviais (Figura 119).



Figura 119. Contato entre um solo de alteração de rocha (laranja no topo da foto) e o xisto alterado (avermelhado). Observa-se ausência de níveis de seixos. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Exposições de rocha inalterada são muito raras, sendo observados alguns fragmentos de xisto cinza (quase inalterado) no leito de rios e córregos, mas predomina nos leitos os fragmentos de quartzo de veio (branco leitoso, a amarelado).

6.1.4.2. Geomorfologia da Área Diretamente Afetada (ADA)

A região do terreno em estudo está situada entre o vale do rio Itajaí-Mirim, ao norte, e uma região de serras isoladas situada ao sul, que atua como um divisor de águas local (Figura 120).

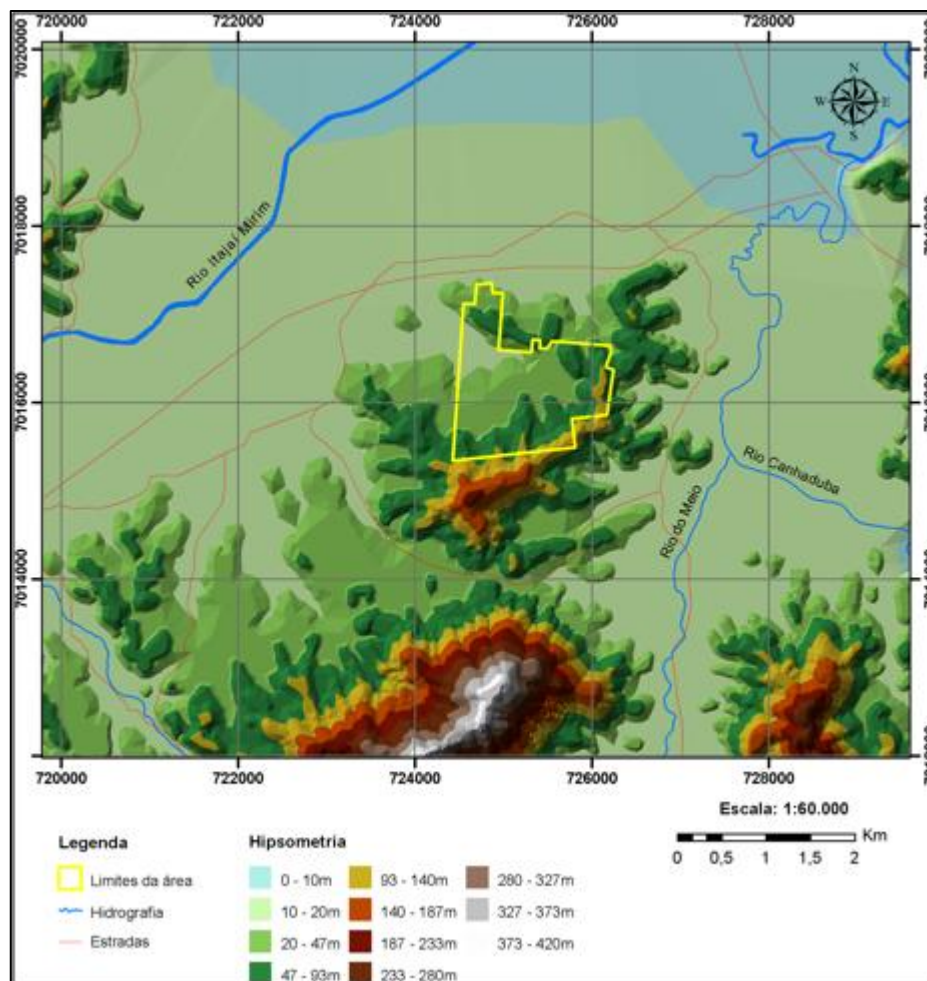


Figura 120. Geomorfologia regional do entorno do terreno. Observa-se uma série de pequenas serras orientadas na direção geral NE (nordeste). As cristas das serras três serras (maiores altitudes) alinham-se nas direções N61E, N45E e N24E. A serra do terreno está aproximadamente alinhada com a direção média do leito do rio Itajaí-Mirim N51E. Base cartográfica: SDS (Secretaria do Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina). Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

As serras são cortadas por vales de pequenos rios que deságuam no rio Itajaí-Mirim. O alinhamento das cristas e do leito do rio principal da bacia, indicam um intenso controle da morfologia (relevo) do vale pelas estruturas geológicas, especialmente grandes falhas como a localizada sob o leito do rio Itajaí-Mirim e foliações metamórficas que organizam as formações geológicas (conjuntos regionais de rochas) na forma de lascas quilométricas orientadas comumente na direção Nordeste - Sudoeste.

Na área de implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí essa estruturação geológica força as nascentes e rios afluentes da bacia alinhar-se preferencialmente nas direções norte - sul, leste - oeste ou noroeste. São direções assumidas por fraturas e estruturas geológicas de menor prevalência regional. Ao aproximar a escala observa-se que há formas de relevo em diversas direções (Figura 121).

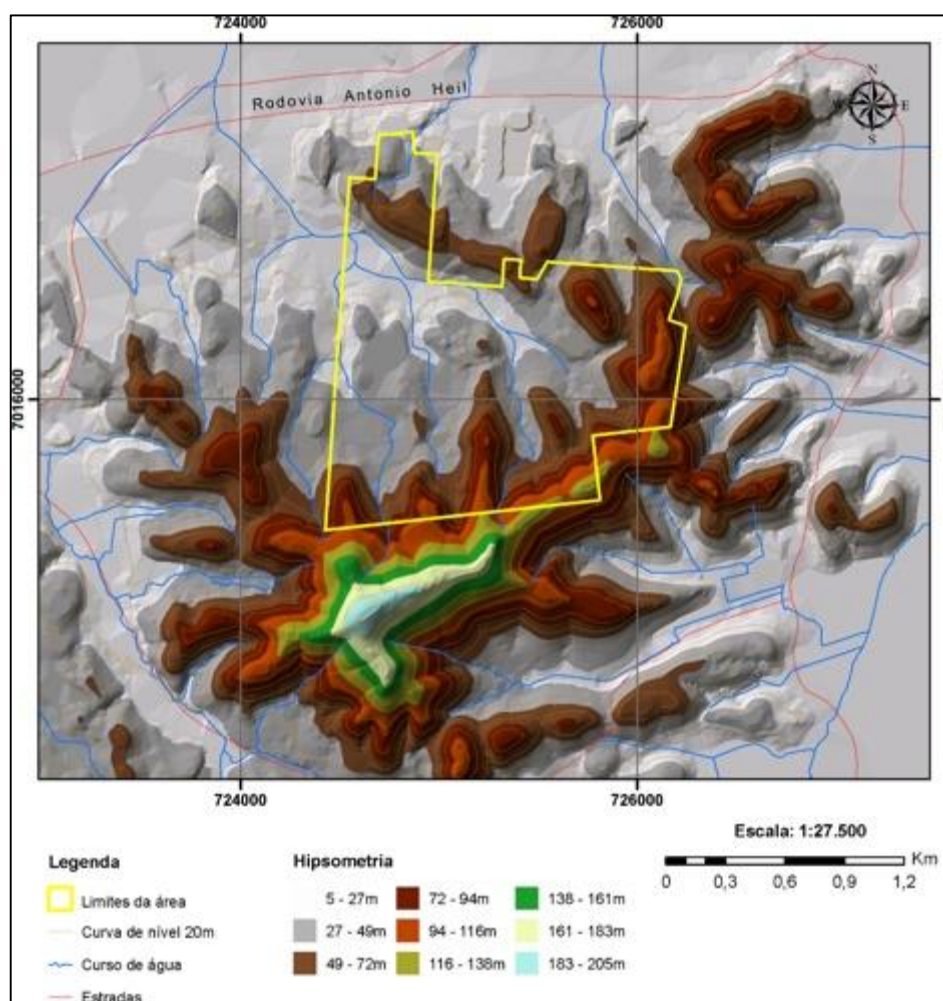


Figura 121. A serra ao sul do terreno alcança altitudes de mais de 200 metros e as cristas foram um arco de divisores de água, que delimita uma micro bacia drenando para noroeste. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

O mapa em escala 1:27.500 (Figura 121) demonstra que as elevações formam um arco que fecha uma rede de rios e córregos com divisores de águas em todas as direções, exceto noroeste (NW), formando uma microbacia que engloba a totalidade do terreno em estudo (Figura 122).



Figura 122. Elevações, vista sudoeste do terreno. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

A declividade da região entorno do terreno é demonstrada no mapa da Figura 120. Em geral temos uma planície aluvial da bacia do rio Itajaí-mirim (de 0° a 9° de declividade), contornado uma área de serra isolada.

O terreno apresenta hoje (2017) uma complexa morfologia de relevo acidentado. Observando o mapa apresentado na Figura 123 e Figura 124, detecta-se que o relevo é composto por uma planície central ondulada com cotas variando entre 7 metros e 34 metros de altitude, sendo circundado por morros e cristas.

A crista menor forma um divisor de águas ao norte (direção noroeste sudeste) do terreno. As cristas ao leste (direção norte-sul) e sul (direção nordeste sudoeste) acabam criando um divisor de águas em formato de lua crescente que faz quase todas as drenagens do terreno convergirem para a planície central (exceto uma pequena porção ao norte do terreno). Os cursos de água organizam-se em uma microbacia hidrográfica com a maioria das nascentes situadas ao Sul e algumas ao leste.

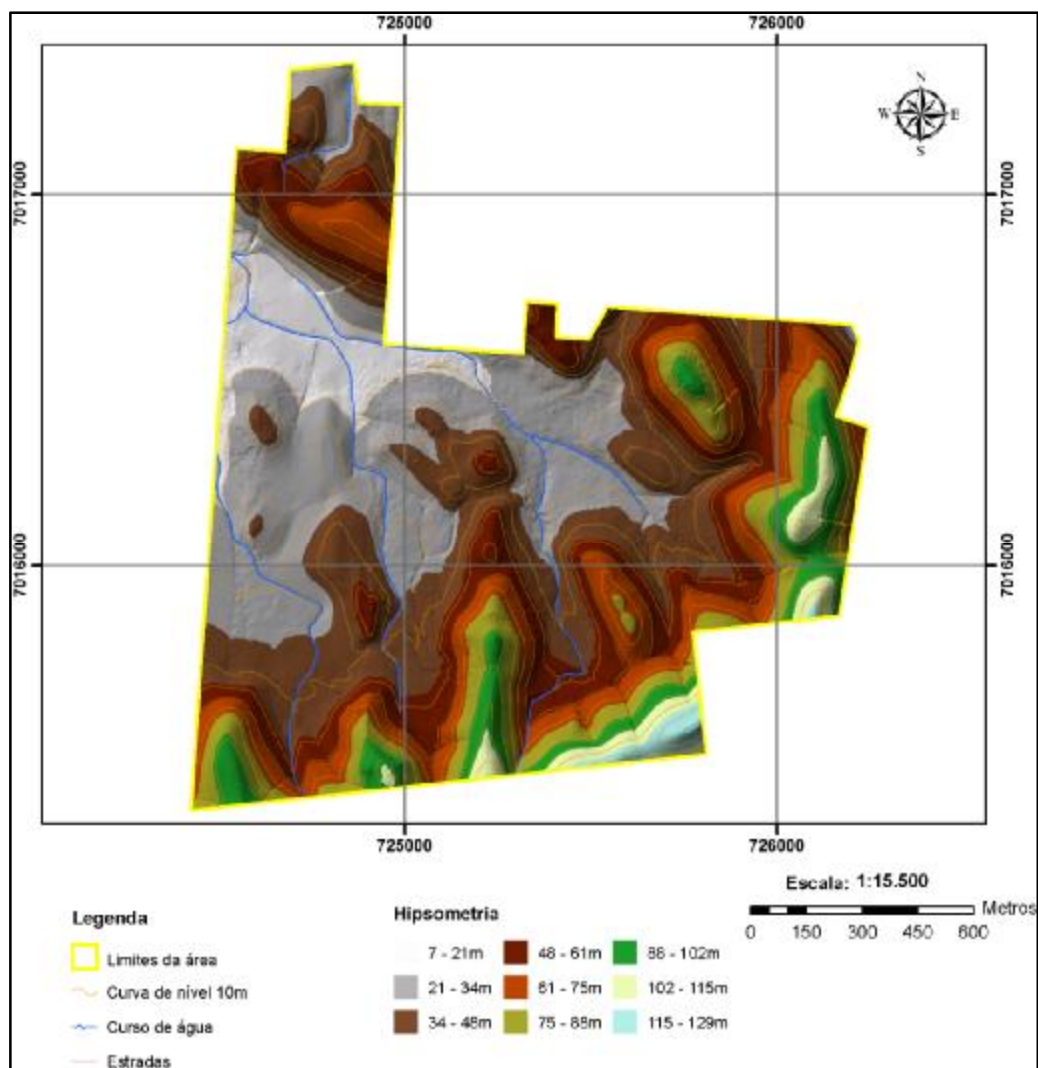


Figura 123. O relevo do terreno é formado pela serra ao sul com uma crista de direção NE com mais de 100 metros de altitude. Ao norte e leste há outros segmentos de serra com cristas fechando uma micro bacia hidrográfica. Dos divisores de água e meia-encosta (cotas entre 34 metros e 61 metros) partem os quatro córregos principais da micro bacia que convergem para uma planície de direção NW formado um rio apenas, logo após o limite oeste da área. Os córregos também possuem vários afluentes menores. A planície tem uma acumulação de sedimentos coluviais predominantes e a formação de uma estreita planície aluvial na margem dos rios. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

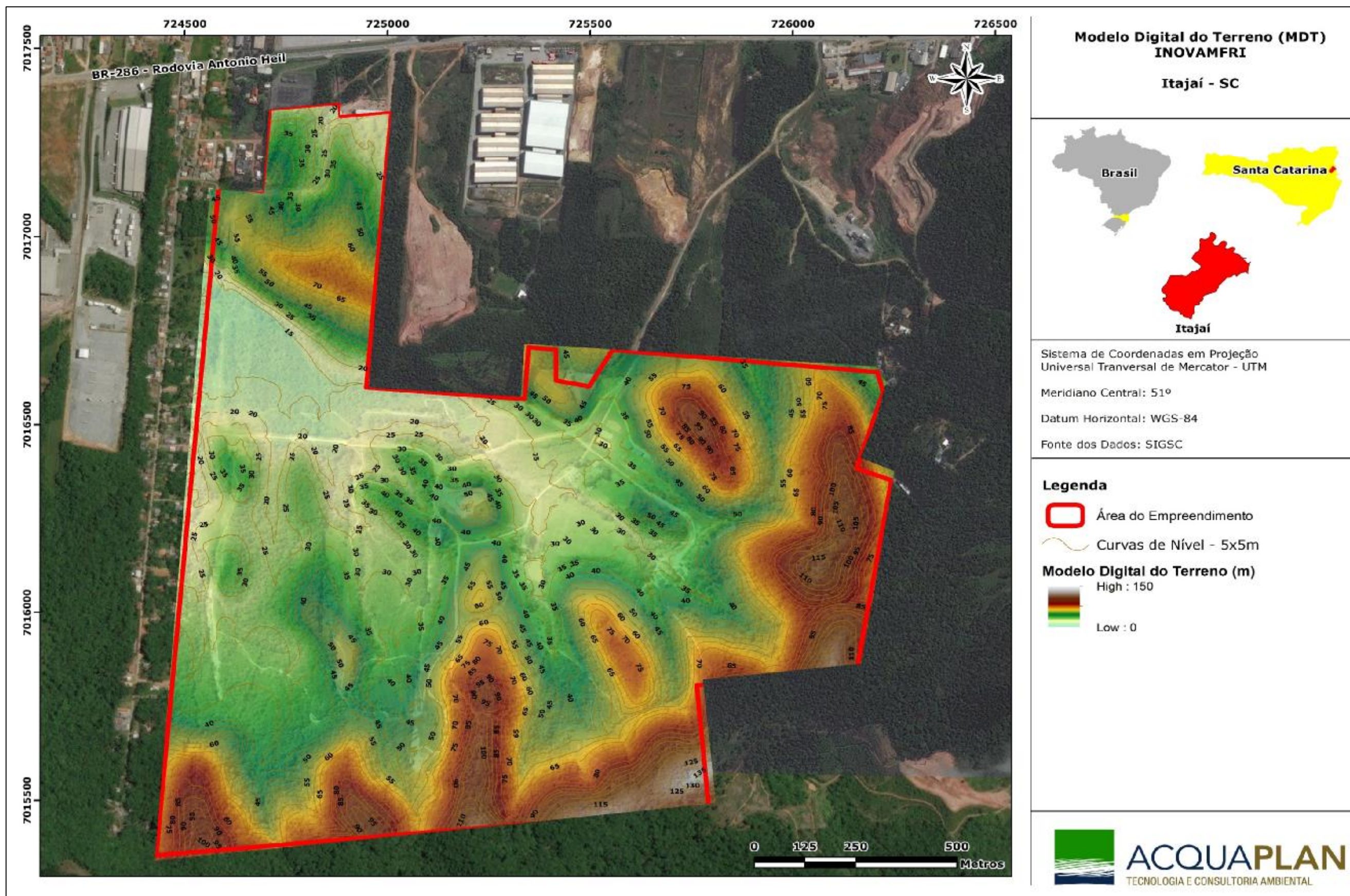


Figura 124. Planta Planialtimétrica digital mostrando as elevações do terro do empreendimento. Fonte: ACQUAPLAN -2017.

No trajeto, estes cursos de água criam vales profundos e largos que seccionam as elevações em um conjunto de vales e colinas alongadas na direção norte-sul, convergindo para um único rio situado na depressão ao noroeste do imóvel, sendo a única quebra de relevo, o que possibilita a saída das águas em direção a bacia do rio Itajaí-Mirim. (Figura 125).

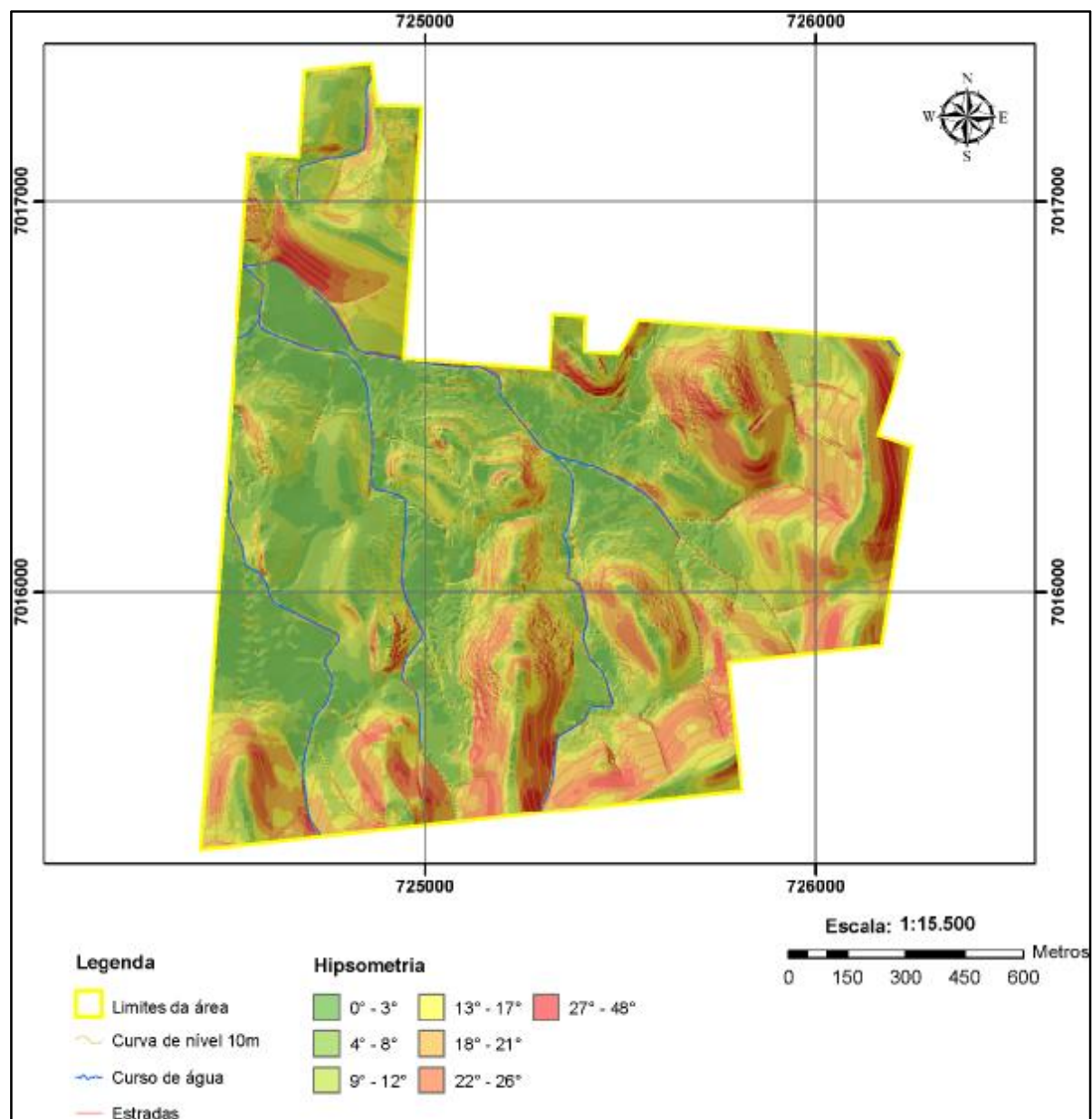


Figura 125. As meia-encostas das elevações possuem inclinação de 13° a 48° enquanto as linhas de crista e a planície central possuem declividades menores que 13°. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

As elevadas declividades das meia-encostas, com profundos e estreitos vales entalhados em combinação com as linhas de crista da serra isolada circundante, dão ao terreno o aspecto de relevo irregular (Figura 126).



Figura 126. Prancha de figuras mostrando os aspectos do relevo local. Duas fotos do topo, as íngremes meia-encosta do terreno. Fotos do meio as cristas, sul (vista de frente) e crista leste (estando no topo da crista). Fotos da base, a planície central do imóvel, com acumulação limitada de sedimento fluviais (area com grama alta) e predominio de sedimentação coluvial (foto proxima ao canil). Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

As maiores declividades (de 9° a 68°) ocorrem nas meias encostas naturais e taludes artificiais inseridos nas elevações (Figura 127).

As fortes declividades naturais podem favorecer processos de rastejo e deslizamento se não forem devidamente protegidas por vegetação e manejadas com devidos conhecimentos geotécnicos e geológicos.

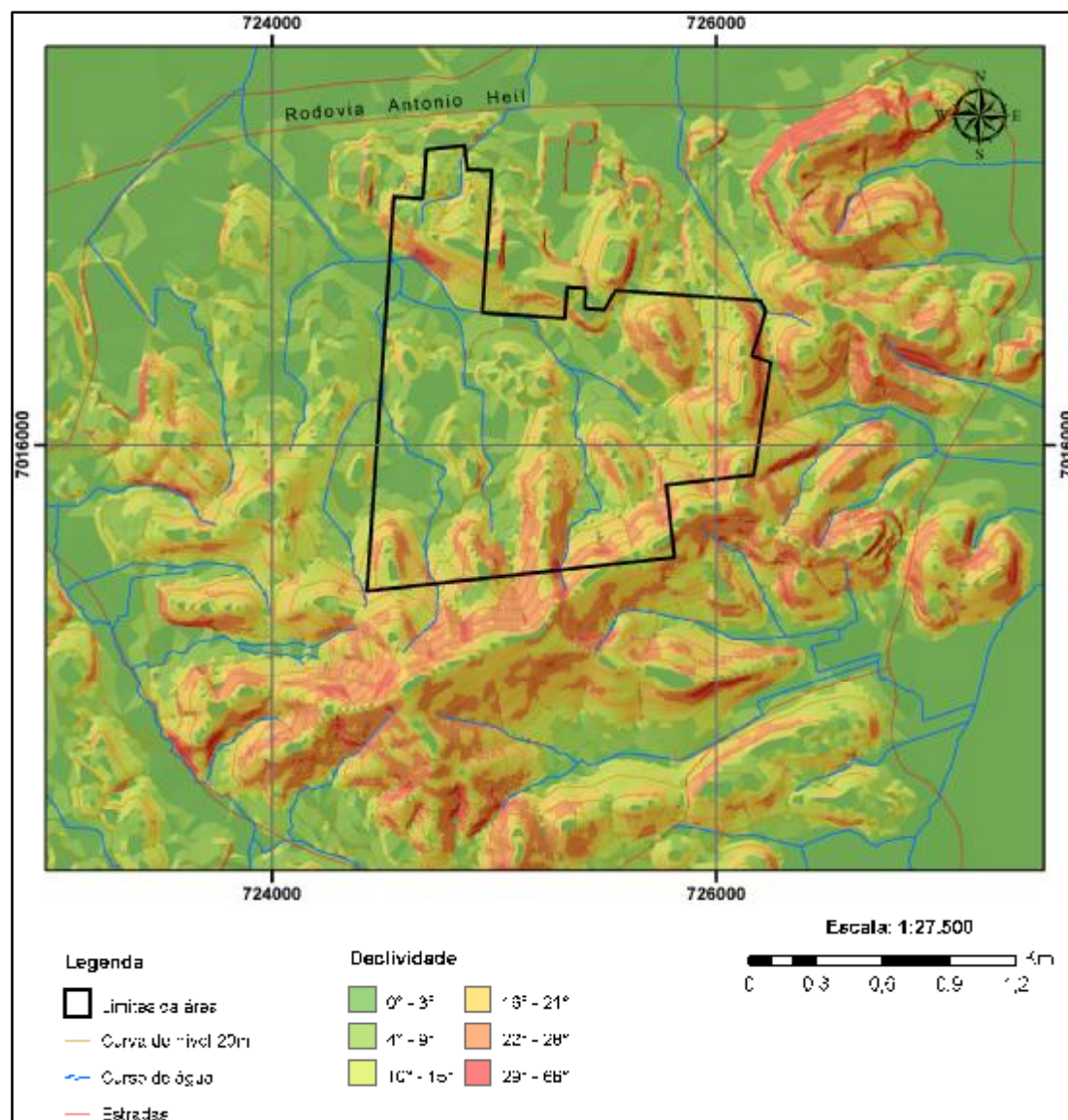


Figura 127. Mapa regional de declividades. Base cartográfica da Secretaria do Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina (SDS): Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017..

As vertentes (mergulho das declividades da superfície das encostas) orientam-se predominantemente nas direções leste, nordeste (E-NE) e sudoeste - oeste (SW-W). As elevações maiores que fazem papel de divisores de água local, tem as vertentes para sul e sudeste (S-SE); as vertentes para noroeste (NW) são raras no terreno em estudo e entorno (Figura 128).

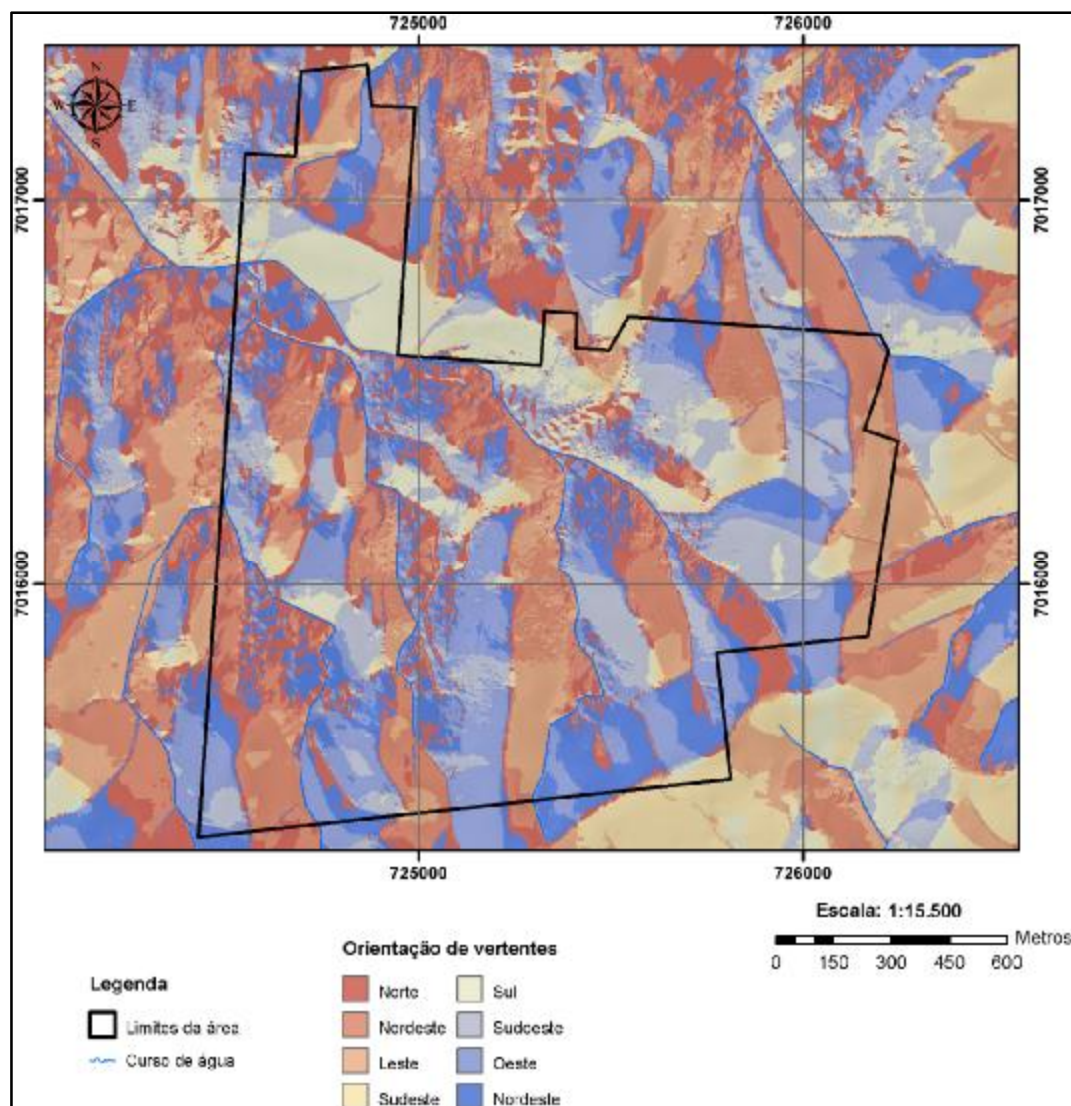


Figura 128. Mapa regional de das direções das vertentes. Base cartográfica da Secretaria do Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina (SDS). Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

6.1.5. Pedologia

Na região do baixo vale do Itajaí encontramos nas áreas planas solo do tipo Blumenau e nas de morro, solos do Complexo Metamórfico Brusque. O solo da área onde se pretende implantar o Distrito Regional de Inovação de Itajaí faz parte da unidade de mapeamento Brusque, classificado como laterítico Bruno Avermelhado distrófico, com textura argilosa, com relevo forte ondulado e substrato de xisto + filito.

O solo é profundo, bem drenado, firme, apresentando cores que variam de bruno acinzentada escura no horizonte A e bruno amarelada no horizonte B. É fortemente ácido, com teores elevados de Alumínio e com uma baixa saturação de bases e matéria orgânica.

Os solos Brusque ocorrem no baixo e médio Vale do Itajaí, principalmente nos municípios de Balneário Camboriú, Brusque, Gaspar e Blumenau. Apresentam boa porosidade e boas condições de drenagem, devido ao relevo fortemente ondulado, e em épocas de estiagem prolongada poderá haver deficiência de água, porém, não apresentam problemas de aeração. No que se refere ao potencial agrícola, a utilização dos solos Brusque é bastante limitada pelas inadequadas propriedades físicas e químicas que apresentam.

A agricultura com cultivos manuais não é aconselhável nas áreas correspondentes a esses solos e a mecanização é inviável devido às condições do relevo. Estes solos possuem forte deficiência de fósforo e teores médios de potássio; além disso a acidez e a presença de alumínio limitam ainda mais o seu uso na agricultura. Em função de todas estas deficiências, o mais indicado para este tipo de solo seria o plantio de culturas permanentes, ou seja, fruticultura de clima tropical e reflorestamento.

6.1.5.1. Solos da Área de Estudo

O terreno que será utilizado para implantação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí está inserido no complexo da Bacia Hidrográfica do rio Itajaí-Açu. Nesse contexto, o mapa de Solos de Santa Catarina elaborado pela EMBRAPA (Figura 129), apresenta no entorno do terreno em estudo (margem Sul do rio Itajaí-Mirim) ocorrência das classes Gleissolos Pouco Húmicos (HGPd1) nas margens dos principais rios. As meias encostas das montanhas, montanhas isoladas e colinas são cobertas predominantemente por solos Podzolicos Vermelhos Amarelos (PVa2). As serras e cristas são cobertas por Solos Litólicos (Ra1).



Figura 129. Solos que ocorrem no entorno da área em estudo. Classes Ra1 (marrom) PVa2 (Rosa claro) e HGPd1 (verde claro). Fonte: Base Cartográfica: Mapoteca EMBRAPA, adaptado – 2017.

O mapa informa que o imóvel na escala regional de mapeamento possui predominantemente solos argilosos vermelho amarelados com horizonte B desenvolvido e com predomínio de argila, intercalado com cambissolos argilosos, classe de solo onde o horizonte B não é totalmente desenvolvido ou pouco espesso. A porção Noroeste do terreno possui gleissolos háplicos em continuidade com a planície aluvial do rio Itajaí-Mirim. Ao Sul, as regiões montanhosas possuem predominância de solos rasos, os neossolos, que são solos de pouca espessura assentando-se diretamente sobre rochas inalteradas ou em início de alteração (intemperismo).

Segundo o Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 46: Solos do Estado de Santa Catarina, os solos mapeados no entorno do terreno em estudo, segundo a classificação antiga, correspondem as seguintes descrições:

- Ra1: Associação Solos Litólicos Álicos A moderado, textura argilosa, fase pedregosa, relevo montanhoso e escarpado (substrato rochas do Complexo Metamórfico Brusque) + Cambissolo Álico Tb A moderado, textura argilosa, relevo montanhoso, ambos fase floresta tropical/subtropical perenifólia;
- PVa1: Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Tb A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical perenifólia, relevo ondulado; e,
- HGPd1 - Glei Pouco Húmico Distrófico Tb, textura argilosa, fase floresta tropical perenifólia de várzea, relevo plano.

A formação dos solos é condicionada pela vegetação, clima, relevo e materiais de origem. Quanto a vegetação, amplas áreas estão descampadas (Figura 130), o que dificulta atribuir tipos específicos de vegetação aos tipos de solo encontrados. Nas áreas onde a cobertura vegetal está melhor preservada observa-se vegetação de Mata Atlântica.



Figura 130. Áreas descampadas intercaladas com áreas fragmentadas de floresta. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

O clima é subtropical a tropical com chuvas concentradas no verão e esparsas no inverno, não apresentando estação de seca, e com temperaturas no verão que frequentemente estão acima dos 30° C. Esta combinação de alta umidade e calor favorece o intemperismo químico. Em locais onde os processos erosivos, não possuem a capacidade de remover constantemente os produtos gerados pelo intemperismo químico, ocorrem espessas coberturas de solos que podem apresentar vários metros de profundidade.

Já o relevo tem um papel importante na distribuição de solos na área. As regiões montanhosas e de meia encosta, predominam os processos erosivos naturais principalmente por mecanismos de rastejo e deslizamentos. Não necessariamente estes mecanismos são de origem antrópica, podendo ocorrer também de maneira natural em áreas com elevações, entretanto a retirada de cobertura vegetal em larga escala pode disparar mecanismos de deslizamentos, especialmente em áreas inclinadas e/ou de solos pouco espessos.

Nas margens dos córregos há a predominância de acúmulo sedimentar, com tendência de formar solos hidromórficos, caracterizados como gleissolos (Figura 131).



Figura 131. Gleissolo removido de um dos córregos do terreno do Distrito Regional de Inovação de Itajaí. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

No terreno em estudo as áreas pantanosas são de tamanho pequeno e limitadas as margens dos principais cursos de água,alargando-se na planície central e na porção noroeste do terreno. Na porção Sul as áreas de solo hidromórficos ficam progressivamente estreitas, sendo limitadas aos vales dos córregos.

A combinação predominante de solos no terreno em estudo é composta por Argissolos e Cambissolos, e com menor frequência os Neossolos. Todas essas classes de solos apresentam cores similares entre si, variando do vermelho até tons de amarelo claro e raramente possuem camadas de argila branca nas áreas planas.

Observa-se que o desenvolvimento do perfil de solo em todo o terreno é relativamente limitado, com ausência do horizonte A, onde ocorre a concentração de matéria orgânica.

Também é comum a preponderância do horizonte C, com camada de rocha alterada, que apresenta tons vermelhos, amarelos e laranjas, com vestígios das estruturas geológicas, com fragmentos de rocha (xisto prateado) e níveis de seixos constituídos quase inteiramente por quartzo branco, a partir de 2 metros de profundidade.

O desenvolvimento de um horizonte B nos argissolos (Figura 132), e do B incipiente nos cambissolos (Figura 133), pode ser interrompido abaixo da profundidade do nível de seixos.



Figura 132. Perfil de argissolo em que observa-se a acumulação e a estruturação da argila em blocos, formando um horizonte B definido. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.



Figura 133. Cambissolo com horizonte B incipiente (camada argilosa maciça situada acima do nível de seixos, entre 0,5 m e 1,0 m de espessura.). Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

É característico dos Cambissolos apresentarem uma pequena espessura na camada do horizonte B, por ser um solo ainda em formação, e a falta de estrutura completa definida em horizonte A, B e C, mostra ser bem comum a ocorrência dos processos de movimentação ou de degradação do solo, o quais interrompem o seu completo desenvolvimento.

Os argissolos, desenvolvem-se em áreas onde o acúmulo de sedimento de áreas drenadas permitiu a pedogênese, enquanto o mesmo acúmulo em áreas pantanosas ou margens de córregos gerou gleissolos. Nestas áreas, não é incomum interceptar em sondagens níveis de seixo de quartzo branco, indicando que em algum momento da história da formação da paisagem, os processos erosivos foram predominantes.

Os neossolos são pouco comuns e de difícil identificação, devido ao contato solo e rocha ser comumente transicional. Em alguns perfis observados a predominância dos seixos em toda a amostra indica que os processos de movimentação de solo interromperam a pedogênese, não sendo possível formação do horizonte B (Figura 134), sendo dividido em dois tipos:

- Neossolo emregolítico, desenvolve-se sobre sedimentos coluviais conglomeráticos onde predomina os fragmentos de quartzo, e menos comum são fragmentos de xisto; e,
- Neossolo litólico, que devido à pouca espessura apresenta comumente ausência do nível de seixos de quartzo, comum as demais classes de solo da área. Indica o início de pedogênese, em superfícies de rocha que em algum momento não muito antigo em termos geológicos, esteve exposta em superfície.

Todos os solos encontrados na área do empreendimento são igualmente de baixa fertilidade natural, rasos e com probabilidade de ocorrer pedregosidade superficial. Devido ao relevo em que se encontram e por suas características físicas e químicas, a recomendação é que permaneçam com a vegetação nativa, ou efetivar-se a recuperação florestal para sua proteção. O solo possui baixa aptidão agrícola. A área de empreendimento era ocupada preteritamente com pecuária extensiva, no entanto a atividade foi abandonada devido a baixa fertilidade do solo e o afloramento de rochas em boa parte de sua extensão.



Figura 134. Neossolo onde não há horizonte B. A argila não acumulou se em uma camada maciça e definida próxima a superfície. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

6.1.6. Recursos Hídricos Superficiais

6.1.6.1. Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Açú

O Estado de Santa Catarina se estende pelas regiões hidrográficas do Paraná, do Uruguai e do Atlântico Sul, constituído por dois sistemas de drenagem: a vertente do interior e a vertente atlântica. A vertente do interior abrange todos os cursos de água que tem suas nascentes localizadas a oeste da Serra Geral e que integram as bacias hidrográficas do Uruguai e do Paraná. A vertente do Atlântico abrange todas as bacias hidrográficas dos rios que nascem a leste da Serra Geral e tem sua foz no oceano Atlântico, incluindo a Bacia do Itajaí (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2010).

A Bacia Hidrográfica do rio Itajaí-Açú posicionada entre as coordenadas 260°27' e 270°53' de latitude sul e 480°38' e 500°29' de longitude oeste, situa-se na região leste do Estado de Santa Catarina, ocupando porções da unidade fisiográfica Litoral e Encostas. Compreende ainda a maior bacia da Vertente Atlântica Catarinense com aproximadamente 15.500 km² (Figura 135.), equivalente a 16,5% do território estadual e a 0,6% da área

nacional. A Bacia do Itajaí abrange 47 municípios, onde vivem cerca de 1 milhão de habitantes (VIBRANS *et al.*, 2003; PORATH, 2004).

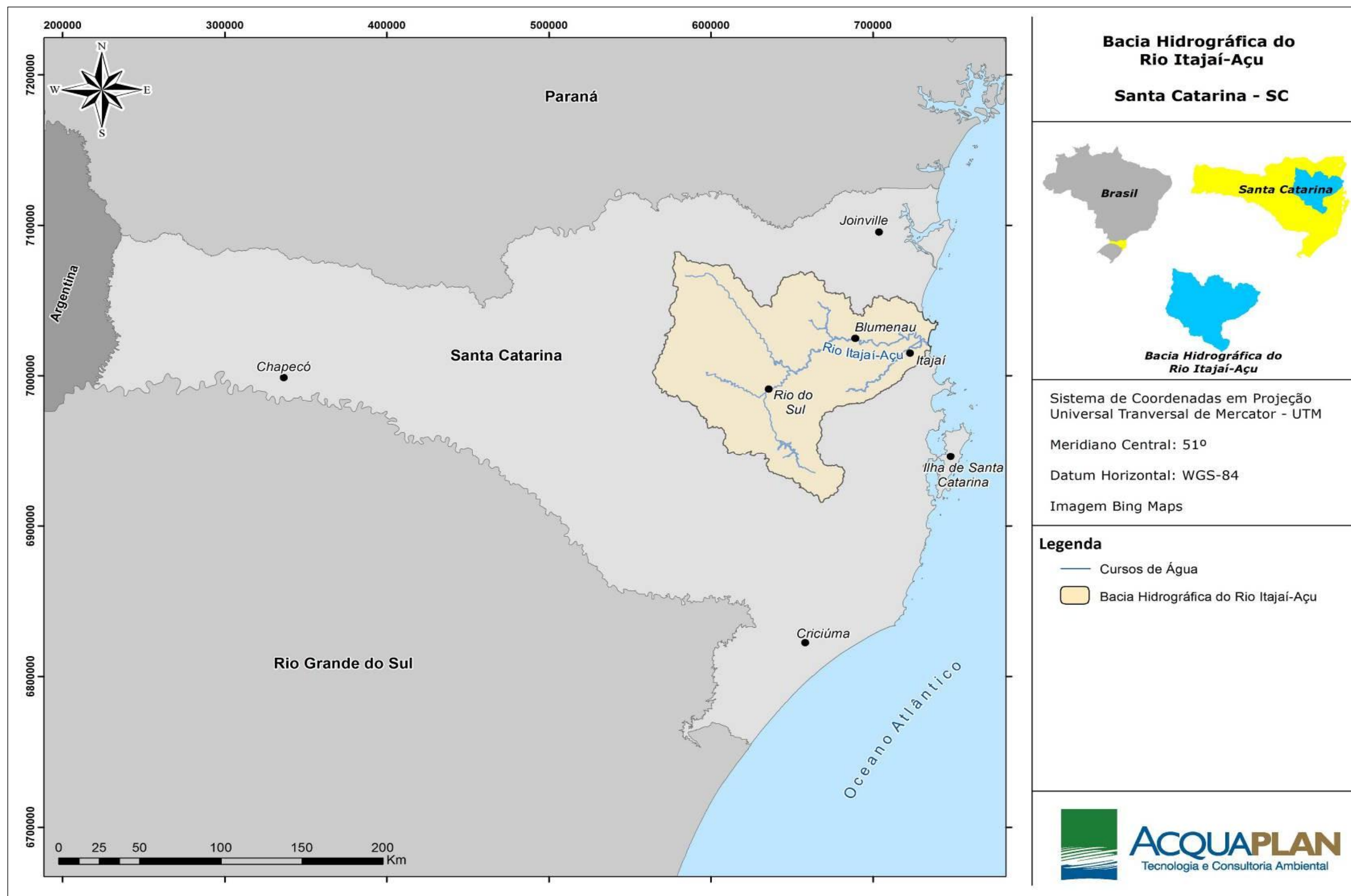


Figura 135. Mapa de Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do rio Itajaí-Açu, Estado de Santa Catarina. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Seus divisores de água encontram-se a Oeste na Serra Geral e na Serra dos Espigões, ao Sul na Serra da Boa Vista, na Serra dos Faxinais e na Serra de Tijucas, e ao Norte na Serra da Moema. O maior curso d'água da bacia é o rio Itajaí-Açu, suprido por 54 rios e ribeirões. Seus formadores são os rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul que, quando se encontram no Município de Rio do Sul, passam a se chamar rio Itajaí-Açu (BOHN & FRANK, 2000).

Desde o Município de Rio do Sul até sua foz, o rio percorre cerca de 200 quilômetros. Seus mais importantes afluentes são os rios Itajaí do Norte, Benedito e o Luis Alves, pelo lado esquerdo, e os rios Neisse, Warnow Encano, Garcia e Itajaí-Mirim, pelo lado direito (BOHN & FRANK, 2000).

A bacia do rio Itajaí-Açu é integrada por sete sub-bacias, sendo elas: Itajaí do Sul; Itajaí do Oeste; Itajaí do Norte; Benedito; Luis Alves; Itajaí-Açu; e Itajaí-Mirim (Figura 136). A Tabela 53 mostra a caracterização destas sub-bacias.

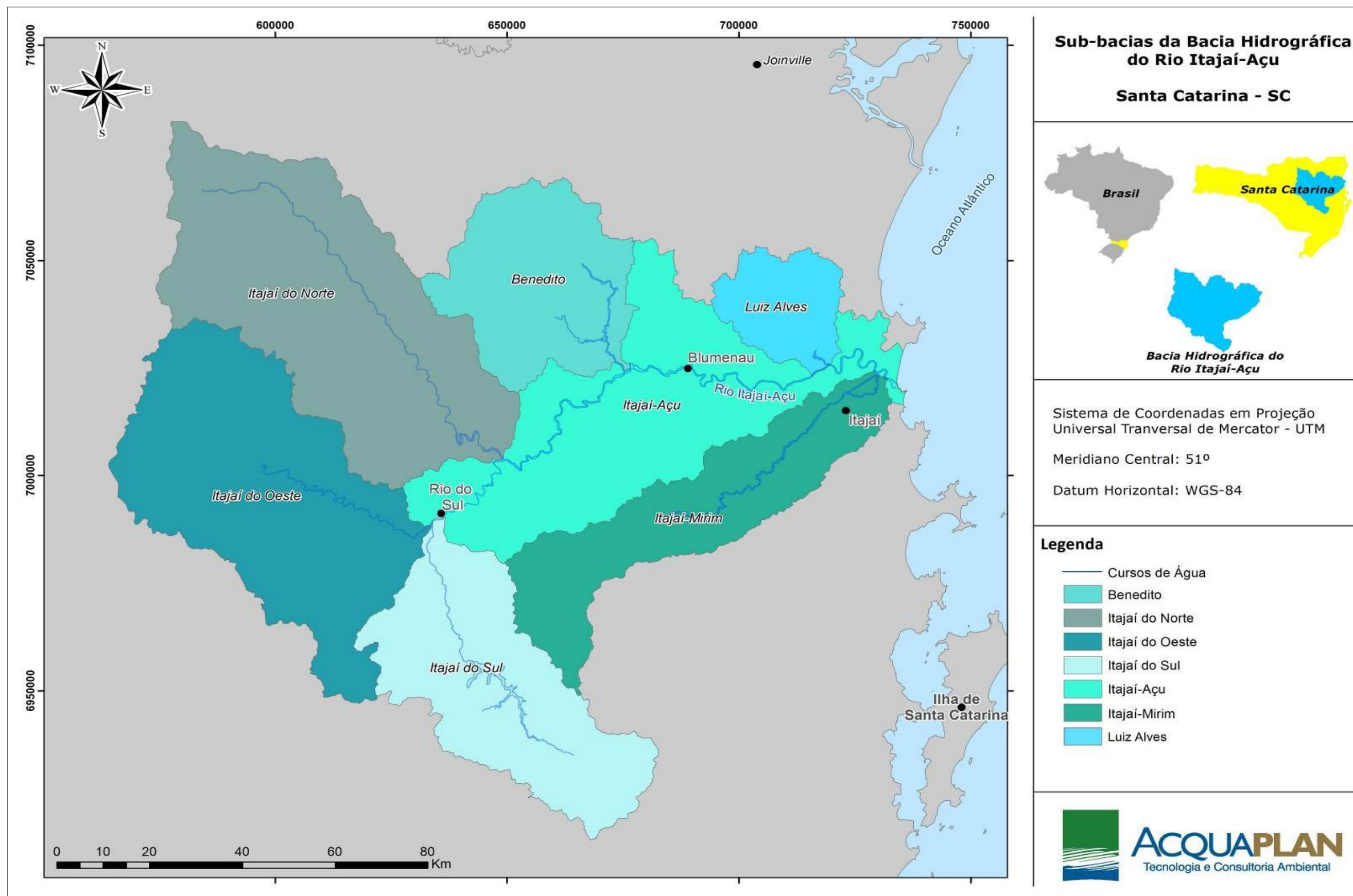


Figura 136. Sub-bacias e Microbacias integrantes da Bacia Hidrográfica do rio Itajaí-Açu. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Tabela 53. Principais sub-bacias da bacia do rio Itajaí-Açu e suas características.

Sub bacias	Comprimento do rio (km)	Área da bacia (km ²)
Itajaí do Sul	101,0	2.027,6
Itajaí do Oeste	132,0	3.013,7
Itajaí do Norte	185,0	3.354,2
Benedito	83,0	1.500,1
Luis Alves	59,6	578,7
Itajaí-Açu	188,0	2.780,0
Itajaí-Mirim	170,0	1.677,2

Fonte: Comitê do Itajaí - 2010.

O rio Itajaí-Açu possui um comprimento de 188 quilômetros, com uma declividade média variando de 4,4 a 6,5 m/km, de acordo com o trecho; o Itajaí-Mirim possui 170 km e uma declividade média de 7,2 m/km; já o rio Luís Alves possui 59,6 km (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2010).

De acordo com o Comitê do Itajaí (2010), as principais nascentes dos rios da bacia do Itajaí são:

- NASCENTE 1- corresponde à nascente da sub bacia do rio Itajaí do Oeste. Ela fica no arroio Verde (afluente do rio Verde, que, por sua vez, é afluente do rio Itajaí do Oeste) e se localiza no Município de Rio do Campo, na Serra do Espigão, em uma cota topográfica de 1100 metros (divisa com Papanduva). O comprimento do rio é de 320 quilômetros, desde esta nascente até a foz;
- NASCENTE 2 - é a nascente do rio Lajeado, afluente do rio Itajaí do Sul, e está localizada no Município de Alfredo Wagner, na Serra do Geral, em uma cota topográfica de 1050 metros. O comprimento do rio é de 289 quilômetros, desde a nascente até a foz;
- NASCENTE 3 - esta é a nascente do rio Bonito (afluente do rio Iraputã, que, por sua vez, é afluente do rio Itajaí do Norte ou Hercílio), e está localizada no Município de Papanduva, na Serra do Espigão, em uma cota topográfica de 1100 metros (divisa com o Município de Rio do Campo). Desta nascente até o rio Itajaí-Açu têm-se 168 quilômetros e deste ponto até a foz, 334 quilômetros;

- NASCENTE 4 - é a nascente do rio Esperança, afluente do rio Benedito. Ela nasce na cota topográfica 1020 metros, no Município de Doutor Pedrinho. O comprimento do rio desde esta nascente até a foz é de 180 quilômetros; e
- NASCENTE 5 - é a nascente do rio Itajaí-Mirim, localizada no Município de Vidal Ramos, na cota topográfica de cerca de 1000 metros, na Serra dos Faxinais. O comprimento do rio desta nascente até a foz é de 177 quilômetros.

Levando-se em consideração as características físicas do rio Itajaí-Açu, o mesmo pode ser dividido em três partes (COMITÊ ITAJAÍ, 2010):

- ALTO ITAJAÍ-AÇU – com pequena declividade e curso sinuoso. Esta parte do rio, com cerca de 26 quilômetros, tem seu início na confluência das sub bacias do rio Itajaí do Sul e do Oeste, no Município de Rio do Sul, até Salto dos Pilões. Já a região dos formadores do rio Itajaí-Açu e do alto curso dos afluentes (Benedito e Itajaí-Mirim) caracteriza-se por relevo escarpado, o que confere maior velocidade aos rios; o encaixamento da rede de drenagem pelos diferentes agentes erosivos é bastante intensa, desgastando os terrenos menos resistentes com poder de transporte maior. Os pequenos rios, ao atingirem camadas mais resistentes, encaixam-se nas linhas estruturais, criando pequenos *canyons* que geralmente se apresentam cheios de saltos e corredeiras, fazendo com que a erosão vertical seja mais intensa. Estas características geomorfológicas devem-se por esta região situar-se no Domínio Geomorfológico Cobertura Sedimentar Gondwânica que está inserido na Bacia do Paraná;
- MÉDIO ITAJAÍ-AÇU – com extensão de 83 quilômetros, tem sua porção inicial com forte declividade e grande sinuosidade por todo trecho. Esta parte estende-se desde Salto dos Pilões até Salto Weissbach. Nesta área, o desgaste do rio é menor, pois as rochas sedimentares existentes já se apresentam mais erodidas, aflorando nas suas margens as rochas metamórficas do Complexo Granulítico de Santa Catarina e também as rochas efusivas do Grupo Itajaí;
- BAIXO ITAJAÍ-AÇU – este trecho de 80 quilômetros com as menores declividades do curso, encontrando-se com Oceano Atlântico nos municípios de Itajaí e Navegantes.

A rede de drenagem da bacia hidrográfica do Itajaí é extremamente vasta. Na escala 1:50.000 registra-se uma extensão próxima de 25.000 quilômetros de cursos d'água. A densidade de drenagem é estimada em 1,61 km/km². A vazão média para o rio Itajaí-Açu fica em torno de 205 m³/s, sendo este valor variável, de acordo com o regime pluviométrico da bacia. Valores de vazão mínima de 50 m³/s podem ocorrer em períodos de estiagem, enquanto que em situações de máximo deflúvio podem chegar a 1.120 m³/s. Em episódios de enchentes foram medidas descargas da ordem de 5.500 m³/s, sendo este registro obtido como máxima ocorrida em Blumenau no ano de 1983 (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2010).

6.1.6.2. Baixo Itajaí-Açu

O Baixo Itajaí-Açu inicia-se no Salto Weissbach – Município de Blumenau (onde existe a Usina Hidrelétrica Salto Weissbach, datada de 1916 e que produz 6,3 MW), com um trecho de aproximadamente de 80 quilômetros até atingir a foz do rio Itajaí-Açu. Apresenta nesse segmento do rio uma declividade mais suave, e rios da região são meandantes, cortando a planície costeira e o fundo dos vales.

Tem como rios principais o rio Itajaí-Açu, o Itajaí-Mirim, o Luis Alves e o Canhanduba. O rio Itajaí-Mirim, na Estação Fluviométrica de Salseiro – Município de Vidal Ramos, apresenta uma descarga máxima medida de 38,7 m³/s e mínima de 1,20 m³/s (Bacia do Itajaí - Estação Fluviométrica). Conforme SANTA CATARINA (1997), o rio Canhanduba apresenta uma vazão mínima de estiagem de 5,49 l/s; o rio Luis Alves – rio Capivari com uma vazão de 1,89 l/s; e o rio Ilhota (Pedra do Amolar) – no canal Caieira, uma vazão de 14,34 l/s.

6.1.6.2.1. Condições Hidrológicas do Baixo Itajaí-Açu e Baixo Itajaí-Mirim

As condições de vazão do baixo Itajaí-Açu, a partir da estação fluviométrica n° 83800002, localizada na cidade de Blumenau, apresenta vazão abaixo do normal com 94,70 m³/s (abaixo da vazão com permanência 95%), vazão normal (entre 5% e 95%) 290,71 m³/s, e vazão acima do normal (acima da vazão com permanência de 5%) de 1.037,00 m³/s. Utilizando-se os dados da mesma estação para o período de julho de 2005 a dezembro de 2008 indicou uma vazão média de 211,7 m³/s. Apresentou vazão mínima inferior a 10 m³/s nos períodos de estiagem intensa que ocorreram nesse período, principalmente entre 2005 e parte de 2007. A vazão máxima registrada nesse período foi de 3.544,00 m³/s no período de intensa precipitação, verificada em 24 de novembro de 2008. Este período culminou com enchentes nos municípios da foz do rio Itajaí-Açu, principalmente na cidade

de Itajaí e Navegantes. Nesse período ocorreram chuvas intensas e permanentes entre 19 a 24 de novembro. Ressalta-se que a descarga não ultrapassou a descarga máxima registrada de 5.500 m³/s em Blumenau no ano de 1983, em decorrência que as chuvas foram concentradas em parte do Médio Vale e, principalmente, no Baixo Vale do Itajaí, ao contrário do ano de 1983, que precipitou desde o Alto Vale do Itajaí, uma área de recepção maior.

As condições de vazão do baixo Itajaí-Mirim a partir da estação fluviométrica n° 83900000, localizada na cidade de Brusque, apresenta vazão abaixo do normal com 7,99 m³/s (abaixo da vazão com permanência 95%), vazão normal (entre 5% e 95%) 33,21 m³/s, e vazão acima da normal (acima da vazão com permanência de 5%) de 79,70 m³/s. Utilizando-se os dados da mesma estação para o período de julho de 2005 a dezembro de 2008, observou-se uma vazão média de 39,88 m³/s. Apresentou vazão mínima de 7,40 m³/s nos períodos de estiagem intensa que ocorreram nesse período, principalmente entre 2005 e parte de 2007. A vazão máxima registrada nesse período foi de 521,00 m³/s no período de intensa precipitação. O índice máximo registrado aconteceu no dia 24 de novembro de 2008, período esse que culminou com enchentes nos municípios da foz do rio Itajaí-Açu, principalmente na cidade de Itajaí, onde o rio atingiu o nível máximo registrado em 11,52 metros. Nesse período ocorreram chuvas intensas e permanentes do dia 19 a 24 de novembro. Com esse acentuado aumento da vazão propiciou enchente e alagamentos nas áreas circunvizinhas ao rio Itajaí-Mirim. As áreas mais críticas foram às várzeas e planícies de inundação junto a esse rio, principalmente na cidade de Itajaí, onde segundo relatos o nível das águas foram superiores a 1,5 metros.

Em setembro de 2011 uma nova enchente foi registrada, como resultado de um evento de grande pluviosidade, onde foi registrado um acumulado de chuva em 24h, do dia 06 e 07 segundo o registro do INMET, de 73 mm em Campos Novos e 76 mm em Joinville. Entre os dias 7 e 8 de setembro foi registrado o acumulado de chuva de 98 mm em Campos Novos, de 97 mm em Florianópolis, 75 mm em Indaial, 65 mm em Lages, e 71 mm em Navegantes. Foi registrado um nível máximo no rio Itajaí-Açu de 12,80 metros em 09 de setembro de 2011.

Para esta região há boa oferta de excedente hídrico, sendo de 776 mm anuais e 64 mm a média mensal para Itajaí, e 706 mm anuais e 59 mm de média mensal para Indaial. Outra característica da região é a ocorrência de inundações significativas como demonstra a Tabela 54 motivado pela fisiografia e rede de drenagem da região.

Tabela 54. Inundações no Município de Itajaí – SC. Fonte: Arquivo Histórico de Itajaí e Fundação Genésio Miranda Lins - 2010.

Ano	Elevação dos níveis de água em metros (maré média)	Ano	Elevação dos níveis de água em metros (maré média)
1855	3,9	1880	---
1889	---	1911	4,8
1923	5,0	1927	4,0
1954	---	1957	4,0
1961	3,7	1972	3,5
1983	4,7	1984	4,8
1992	4,1	2001	---
2008	---	2011	---

Fonte: Comitê do Itajaí – 2017.

Conforme se pode observar na Figura 137, a drenagem de parte do Baixo Itajaí-Açu se dá na forma dentrítica, ou seja, caracteriza-se por tributários irregulares e com escoamento em todas as direções. A hipsometria da região próxima ao litoral, em geral, não ultrapassa a cota de 500 metros. Nesta situação as nascentes nas cotas mais altas são do tipo reto e encaixadas devido à declividade. Quando da diminuição da altitude passam ao tipo anastomosado, e ao encontro dos principais tributários e já na planície costeira, tomam a forma do tipo meândrica pela diminuição da energia de drenagem.

O rio Itajaí-Mirim, a partir do Município de Brusque, recebe contribuições de vários rios e ribeirões a partir de 64 quilômetros da sua foz, como: os rios das Águas Cristalinas, do Cedro, das Águas Claras, do Aimoré, do Bava, do São Pedro, da Limeira, do Bateias Segundo, e ribeirão Brilhante. Já no Município de Itajaí o rio do Meio (com 10 quilômetros de curso), o Canhanduba (com 24 quilômetros de curso) e o ribeirão Schneider, este último que desemboca diretamente no rio Itajaí-Açu, na sua foz.

O rio Luis Alves, que tem um curso de 58 quilômetros até a foz, recebe contribuição dos ribeirões Segundo Braço do Norte, Primeiro Braço do Norte, Braço Serafim, Braço Miguel, Máximo, Braço do Baú, do Baú, e ainda, dos córregos da Serrinha e Leiteiro, e do rio Canoas. O Baixo Itajaí-Açu recebe contribuições de pequenas bacias como dos córregos Itapume e Santiago, ribeirão Schneider e o ribeirão Ariribá.

Os dois principais afluentes do rio Itajaí-Açu junto ao litoral, o rio Itajaí-Mirim e o rio Luis Alves, sofreram em épocas diferentes obras de retificação de seus canais e/ou com canais extravasores com o intuito de contenção de cheias.

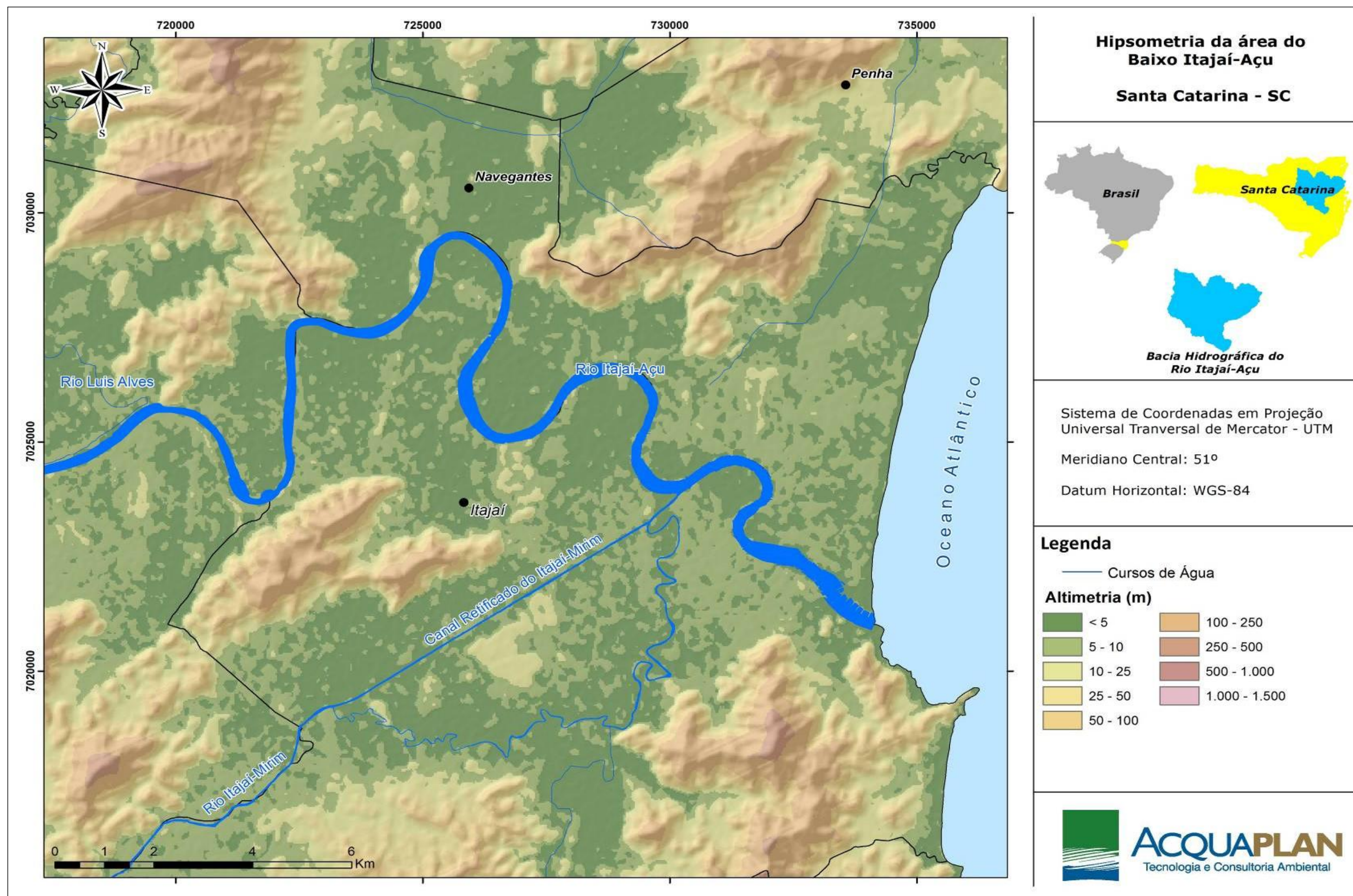


Figura 137. Mapa hipsométrico do Baixo Itajaí. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

6.1.6.2.2. O Estuário do Rio Itajaí-Açu

Estuários são corpos de águas restritos onde ocorre a diluição mensurável da água marinha pela água doce proveniente da drenagem continental, tendo uma livre conexão com o mar aberto (CAMERON & PRITCHARD, 1963), e com seu limite continental definido como o limite dos efeitos da maré (FAIRBRIDGE, 1980).

Ao longo dos estuários podem ser observadas significativas variações dos principais processos oceanográficos atuantes, e em muitos casos é possível identificar três regiões distintas: (1) região do alto estuário, onde não há presença de água marinha, observando-se apenas os efeitos das marés; (2) região do médio estuário, onde ocorre a interação de águas continentais e oceânicas; e a (3) região do baixo estuário, onde predominam os processos oceânicos (DIONNE, 1963) (Figura 138). Destaca-se, entretanto, que cada uma dessas regiões pode apresentar características sedimentológicas e geomorfológicas distintas (DALRYMPLE *et al.*, 1992).

Historicamente, grande parte da ocupação e desenvolvimento humano se deu a partir das margens de estuários, pelo fato dessas áreas apresentarem condições geográficas favoráveis, oferecendo águas abrigadas, margeadas por extensas planícies costeiras onde podem ocorrer os assentamentos urbanos.

Os estuários constituem um importante elo na ecologia global, uma vez que é através destes ambientes que passa a maior parte do material originado da decomposição intempérica dos continentes em direção aos oceanos. Entretanto, a despeito de sua importância, relativamente poucos estuários ao redor do mundo são efetivamente conhecidos a ponto de que este conhecimento forneça bases para tomadas de decisão para o desenvolvimento sustentável.

Os primeiros levantamentos de dados e estudos no estuário do rio Itajaí-Açu, similar ao que se observa para muitos outros sistemas estuarinos, foram desenvolvidos para subsidiar a implementação de obras de engenharia, no caso, a instalação do Porto de Itajaí e a construção dos molhes (FLEMING, 1935). Estes estudos iniciais foram realizados em sua maioria pelo INPH, e.g. Vargas (1983), Döbereiner (1985 e 1986), Homsí & Novaes (1987), e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), e.g., Ponçano (1982; 1987), focando, principalmente, aspectos do baixo estuário. A partir da criação do curso de graduação de Oceanografia na UNIVALI em 1992, acompanhado de um grupo de pesquisa em ciências do mar, ocorreu um impulso de novos estudos no estuário e em sua

região de influência na zona costeira, e.g, Schettini *et al.*(1998), Kuroshima & Bellotto (1997), Schettini & Carvalho (1998), Schettini & Truccolo (1999a e b), Schettini (2002), entre outros. Mais recentemente, em decorrência de vários estudos de impacto ambiental objetivando subsidiar procedimentos administrativos de licenciamento ambiental de terminais portuários, obras de infraestrutura aquaviária, bem como estaleiros, vários estudos sobre o estuário do rio Itajaí-Açu foram desenvolvidos (ACQUAPLAN, 2007a; ACQUAPLAN, 2007b ACQUAPLAN, 2009; ACQUAPLAN, 2010; ACQUAPLAN, 2011a; ACQUAPLAN, 2011b).

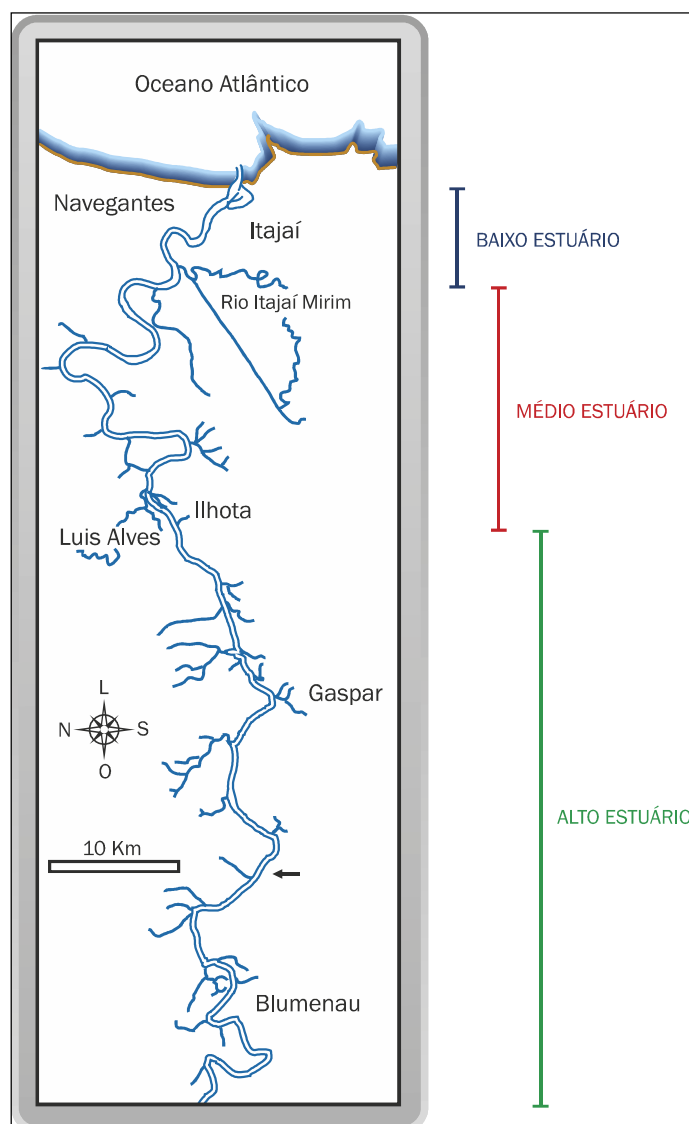


Figura 138. O estuário do rio Itajaí-Açu, e suas subdivisões em baixo, médio e alto estuário, segundo o esquema proposto por Dionne. Fonte: SCHETTINI, 2002.

6.1.6.2.3. Localização e Contexto do Estuário do Rio Itajaí-Açu

O estuário do rio Itajaí-Açu está localizado no litoral centro-norte de Santa Catarina, aproximadamente 80 quilômetros ao norte de Florianópolis, desaguando no Oceano Atlântico em 26° 54,7' Sul e 048° 38,1' Oeste. Este sistema apresenta grande importância econômica regional, pois nele está localizado o Porto Organizado de Itajaí, sendo este a principal via de comércio marítimo de Santa Catarina, além de diversos terminais portuários menores, bem como o Terminais Portuários de Navegantes S/A – PORTONAVE, talvez o mais moderno terminal portuário privado do país. Um grande número de indústrias pesqueiras está instalado ao longo de ambas as margens, sendo a região a de maior desembarque pesqueiro do Brasil. Da mesma forma, a região se constitui atualmente no terceiro mais importante pólo de construção naval do país, com estaleiros de pequeno, médio e grande porte.

Além de sua importância econômica, este sistema estuarino também apresenta grande importância ecológica para a zona costeira regional, pois é o maior sistema fluvial entre o sistema lagunar Patos-Mirim, no Rio Grande do Sul, a 700 quilômetros ao sul, e o rio Ribeira do Iguape, em São Paulo, a 300 quilômetros ao norte. O estuário do Itajaí-Açu recebe o aporte de uma bacia de drenagem de 15.500 km², sendo a maior bacia da Vertente Atlântica catarinense(VA). Esta bacia hidrográfica situa-se entre as outras duas maiores bacias da VA: a bacia do rio Itapocu, ao norte, com 2.930 km²; e a bacia do rio Tijucas, ao sul, com 2.420 km². Os três sistemas fluviais juntos perfazem 60% da área da Vertente Atlântica, estando estas bacias limitadas ao norte pela Serra do Mar, e a oeste e sul pela Serra Geral, e separadas entre si por formações rochosas menores.

O rio Itajaí-Açu é o responsável pela maior parte do aporte fluvial para o estuário, atribuindo-se a ele aproximadamente 90% do total. Os 10% restantes são atribuídos ao rio Itajaí-Mirim, que aporta na bacia estuarina a 8 quilômetros da barra e a outros tributários menores, como o rio Luis Alves.

O estuário do rio Itajaí-Açu percorre uma planície costeira com formato afunilado, iniciando na altura de Blumenau e abrindo para o oceano (SCHETTINI, 2002). Este trecho é bastante plano, apresentando declividade de 0,03%; para montante de Blumenau a declividade aumenta para 0,40% (Figura 139), já havendo a presença de corredeiras e pequenas quedas de água, caracterizando o limite superior do estuário (GAPLAN, 1986 *apud* SCHETTINI 2002).

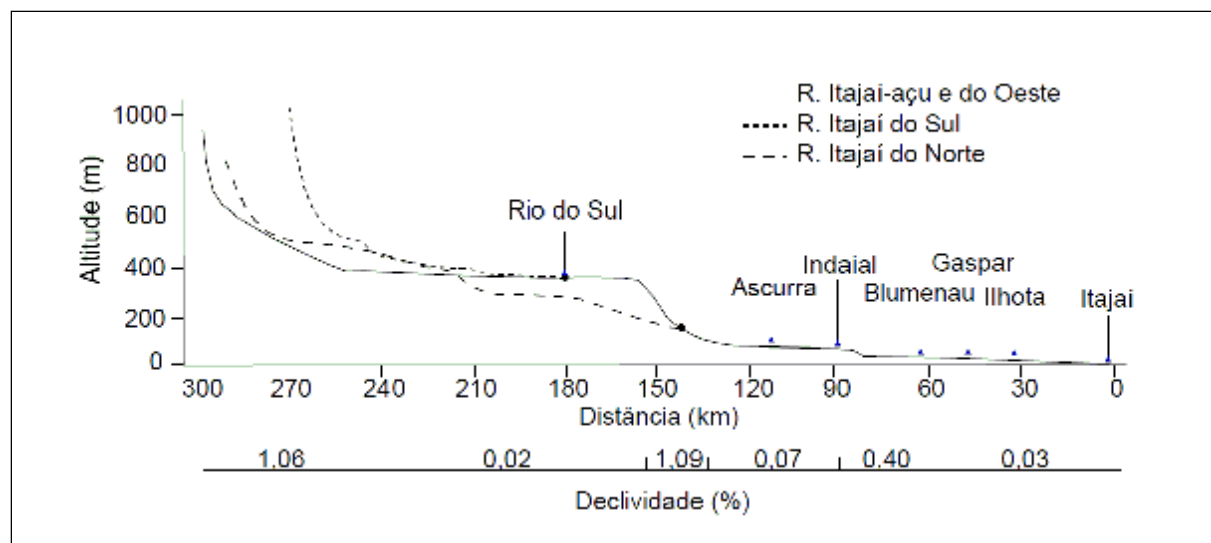


Figura 139. Perfil de declividade dos principais rios do Vale do Itajaí. Os valores de declividade são para o rio Itajaí-Açu e rio Itajaí do Oeste. Fonte: modificado de GAPLAN, 1986 *apud* SCHETTINI - 2002.

6.1.6.3. Microbacias nas Áreas de Influência do Empreendimento

Área de Influência Direta (AID)

A Área de Influência Direta (AID) é definida como sendo aquele território onde as relações sociais, econômicas, culturais e os aspectos físicos e biológicos sofrem os impactos de maneira primária, tendo assim alguma característica ou elemento alterado, em uma relação direta de causa e efeito. Ou seja, possui influência direta sobre os meios físico, biótico e socioeconômico, tanto nos compartimentos aquáticos e terrestres, em face às intervenções necessárias à instalação e operação do empreendimento.

A Área de Influência Direta (AID) do empreendimento Distrito Regional de Inovação de Itajaí é constituída pela sub-bacia hidrográfica do rio itajaí-Mirim com 1.600 km². A AID é definida considerando as bacias hidrográficas como uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Tais sub-bacias são elencadas por abrangerem a Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento e pelas características do entorno do mesmo. O empreendimento está inserido na região hidrográfica do Atlântico Sul, região na qual todos os sistemas hídricos pertencentes, tem como destinatário final de suas águas o oceano Atlântico.

6.1.6.3.1. Sub-Bacia do Rio Itajaí-Mirim

O rio Itajaí-Mirim possui uma área de drenagem de aproximadamente 1.673 km², abrange nove municípios, desde suas nascentes no Município de Vidal Ramos, a aproximadamente 1.000m de altitude e distante 170 quilômetros de sua foz, no Município de Itajaí (MINATTI-FERREIRA & BEAUMORD, 2004), apresentando ao longo de seu curso uma declividade média de 7,2 m/km (SANTA CATARINA, 1997). Abrangendo em parte os municípios de Gaspar (3%), Ilhota (9,5%), Camboriú (18%) e Itajaí (64%), totalizando 9 municípios (AMFRI, 2004), e englobando os municípios de Vidal Ramos, Presidente Nereu, Botuverá, Guabiruba e Brusque. No qual é considerado o principal rio que drena o município, tendo como seus afluentes mais representativos os rios Bateas, Águas Claras, Cedro, Peterstrasse, Guabiruba e Limeira (RIFFEL & BEAUMORD, 2002; TELLES & BEAUMORD, 2002). Na região do Baixo Itajaí-Mirim, onde se localiza o empreendimento analisado pelo presente estudo ambiental, o Distrito Regional de Inovação de Itajaí, e conseqüentemente a área de estudo deste diagnóstico, tem como seu principal afluente o rio Canhanduba. Esta sub-bacia pode ser considerada a maior sub-bacia inserida dentro da bacia do rio Itajaí-Açu. Desempenhando o papel de efluente a margem direita do rio Itajaí-Açu a aproximadamente oito quilômetros de sua foz, o rio Itajaí-Mirim pode ser considerado o maior tributário do mesmo.

A vazão média do rio Itajaí-Mirim é da ordem de 32,3 m³.s⁻¹ na estação fluviométrica nº 83800000, localizada na cidade de Brusque; baseando-se em medições diárias de cota no período entre 1929 e 2002 (ANA, www.ana.gov.br, consulta em junho de 2009). Conforme ACQUAPLAN (2009), para o período de julho de 2005 a dezembro de 2008, a vazão abaixo do normal com 7,99 m³.s⁻¹ (abaixo da vazão com permanência 95%), vazão normal (entre 5% e 95%) 26,50 m³.s⁻¹, e vazão acima do normal (acima da vazão com permanência de 5%) de 79,70 m³.s⁻¹; sendo observada uma vazão média de 39,88 m³.s⁻¹. Apresenta uma vazão mínima de 7,40 m³.s⁻¹ nos períodos de estiagem intensa que ocorreram nesse período, principalmente entre 2005 e parte de 2007. A vazão máxima registrada nesse período foi de 521,00 m³.s⁻¹ no período de intensa precipitação.

Inserida dentro da Área de Influência Direta (AID) do Distrito Regional de Inovação no município de Itajaí, a sub bacia do rio Itajaí Mirim encontra-se a uma distância aproximada de 2,3 quilômetros do empreendimento. Enquadrada na Classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, Art. 42, define que, enquanto os respectivos enquadramentos não forem aprovados, as águas doces do país serão consideradas Classe 2. A menos que as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a

aplicação da classe mais rigorosa correspondente. Em função disto, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CERH), na resolução 001/2008, no Art. 1, resolveu adotar a classificação estabelecida pela Resolução CONAMA 357/2005, tentando corrigir as distorções. Desta forma, atualmente todos os corpos d'água do estado de Santa Catarina são considerados de classe 2, exceto, os que já foram reenquadrados através dos planos de bacia existentes.

A cobertura vegetal desta bacia é classificada como floresta Ombrófila segundo o IBGE, 1990, ela apresenta nesta região subdivisões em formações de zonas altitudinais sendo elas: aluvial, de terras baixas, montana e alto montana. Este tipo de vegetação pode ser dividido para uma melhor classificação e estudo nos seguintes tipos: mata de várzea (que em períodos de chuva sofre inundações), matas localizadas ao longo do Itajaí-Mirim, e em seus terraços aluviais mais antigos (formados por densos aglomerados de seixos rolados de vários tamanhos), matas localizadas em encostas íngremes e matas situadas nas grandes encostas (consideradas extensas encostas com altitudes elevadas) (KLEIN, 1980). Atualmente a bacia do rio Itajaí-Mirim possui pouco mais da metade da sua área preservada, ou seja, 65% da área da bacia é formada de florestas em estágio médio ou avançado e/ou primárias, o que representa 1088 km² dos 1677 Km² totais. Nas demais áreas, o uso do solo é predominantemente constituído de pastagens e campos naturais, com 16%, e agricultura, com 11%. Uma quantidade representativa, 4%, corresponde às áreas urbanizadas e/ou construída, considerável visto que estas áreas representam zonas de baixa permeabilidade do solo e rápido escoamento superficial. A retirada das florestas naturais reduz o tempo de concentração da bacia e agrava a ocorrência de cheias nos pontos baixos da bacia (Figura 140).

As atividades econômicas desenvolvidas na bacia do rio Itajaí-Mirim, nos municípios de Itajaí e Brusque, são a industrial, a mineração e a agrícola, destacando a rizicultura como principal atividade agrícola da região. Também sustenta o abastecimento de água em todos os municípios drenados por ele.

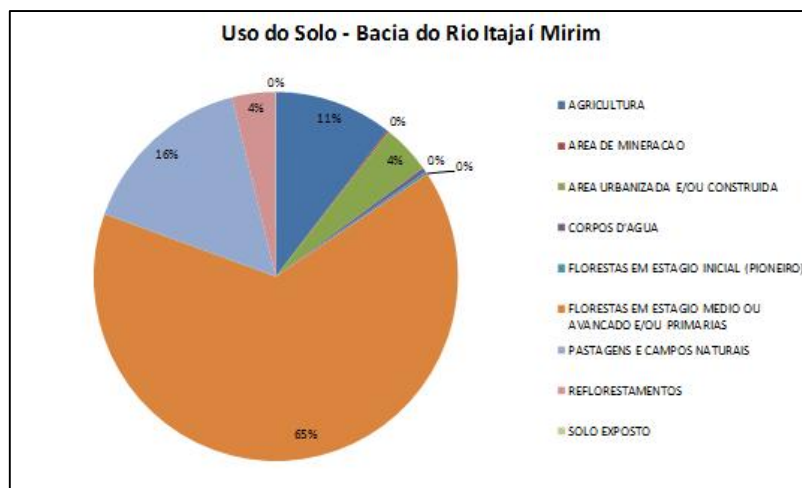


Figura 140. Gráfico em percentual do uso de solo da bacia hidrográfica do Rio Itajaí-Mirim. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

6.1.6.4. Recursos Hídricos Superficiais na Área de Influência Direta

O terreno em estudo está localizado na Bacia Hidrográfica do rio Itajaí-Açu, entretanto, as drenagens com nascentes na região de serra onde se situa o terreno dirigem-se ao rio Itajaí-Mirim. As drenagens orientadas para norte seguem diretamente para o rio Itajaí-Mirim, eventualmente capturados pelos canais e sistemas de irrigação. As drenagens orientadas para outras direções são captadas por rios de direção aproximadamente norte-sul que quebram os divisores de água formados pelas serras, como o rio Canhanduba (Figura 141).

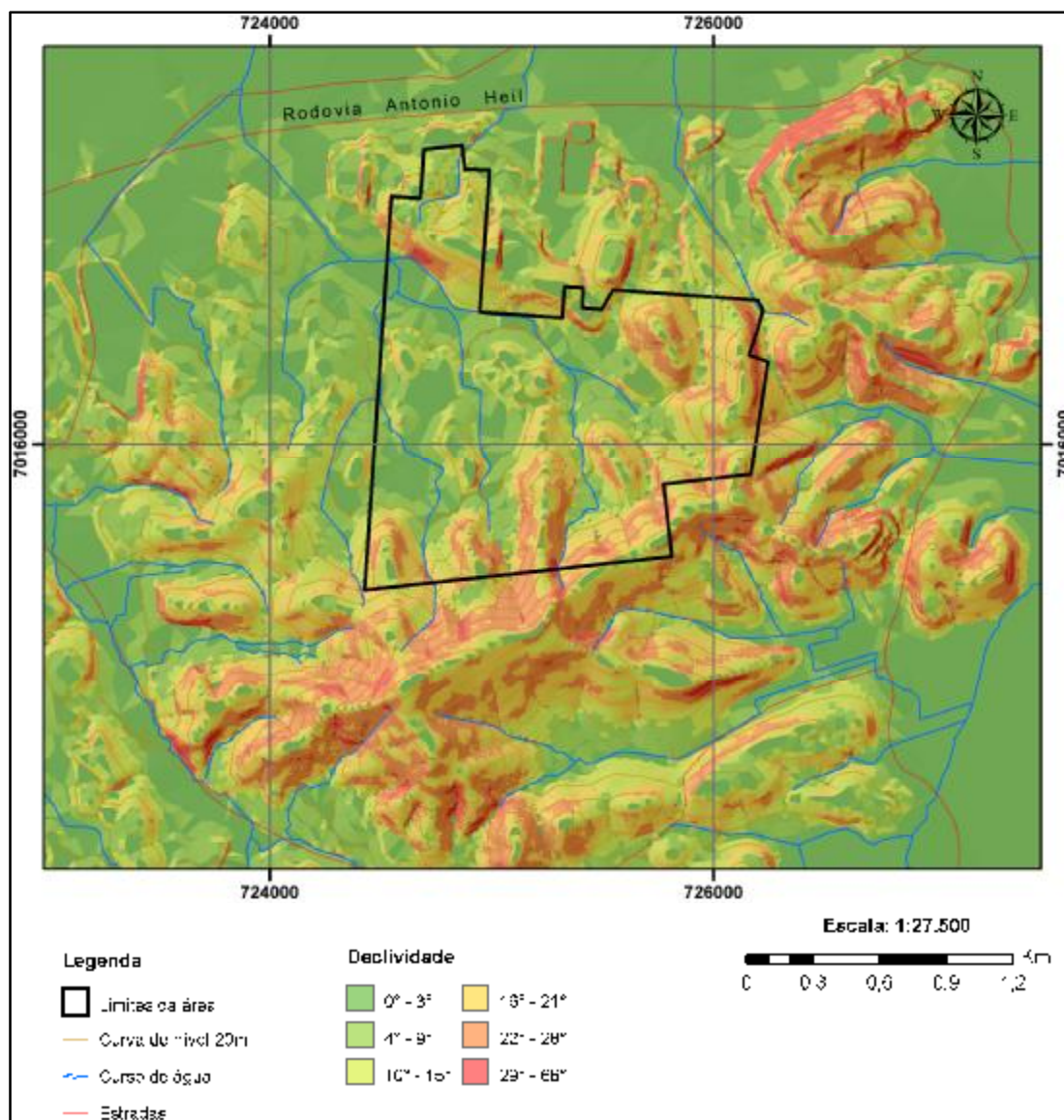


Figura 141. As serras por estarem seccionadas por rios orientados na direção aproximada norte-sul formam divisores de água isolados dos quais partem vários rios e córregos gerando um padrão de drenagem radial. O rio Itajaí-Mirim situa-se ao Norte da rodovia Antônio Heil. Base cartográfica: SDS (Secretaria do Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina). Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Portanto, a região pertence à sub-bacia do rio Itajaí Mirim, ligada à bacia principal do rio Itajaí-Açu a aproximadamente 8 quilômetros da foz junto ao Oceano Atlântico, já no perímetro urbano de Itajaí.

À área do terreno possui uma rede hidrográfica, contendo no interior uma completa microbacia hidrográfica. Inclui nascentes, córregos, confluências e a formação de pequenas planícies aluviais que convergem para o centro-norte do terreno (Figura 142).

Especificamente na área enfocada no estudo, foram localizadas 05 (cinco) nascentes, principalmente no limite sul do terreno, que formam pequenos córregos, que atravessam

o terreno e se unem formando um único curso de água, antes de sair dos limites da propriedade.

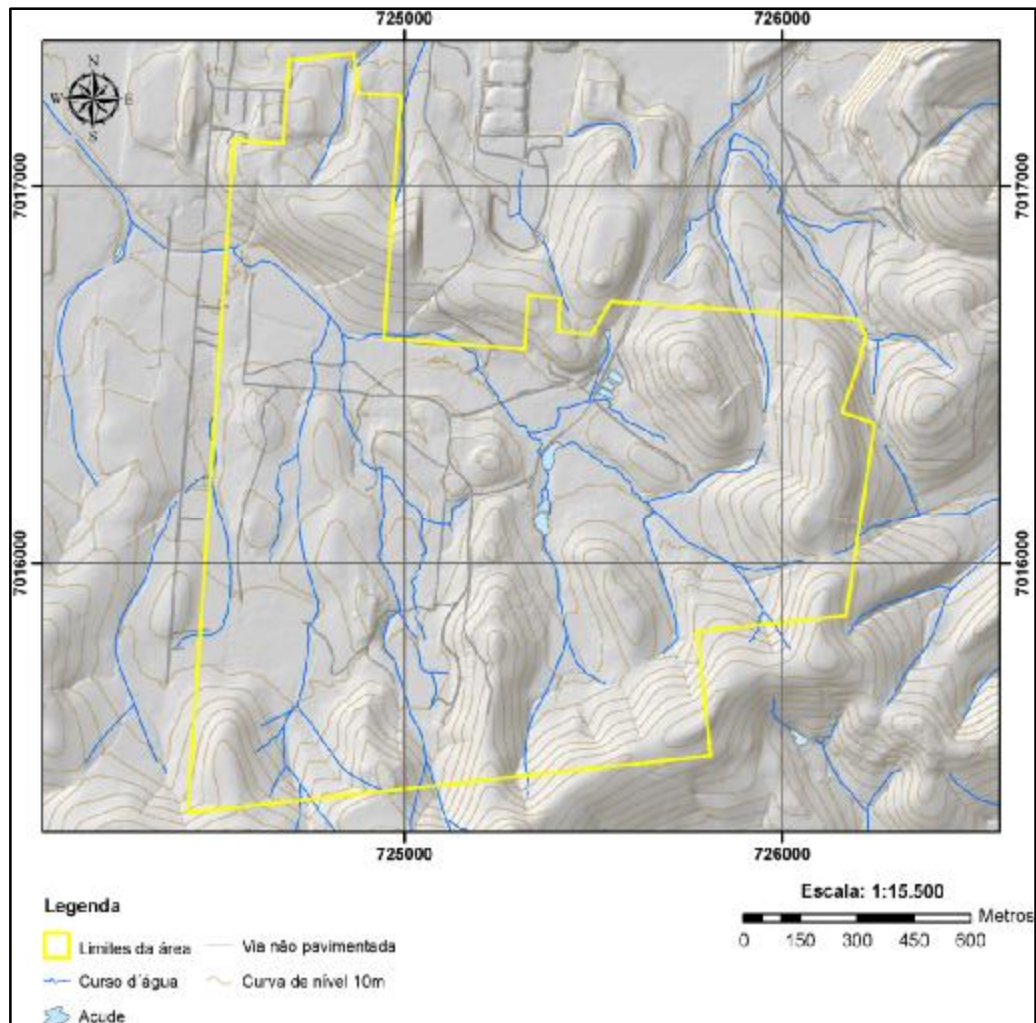


Figura 142. Microbacia hidrográfica do terreno do Distrito Regional de Inovação de Itajaí. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Durante reconhecimento da área foram identificados e mapeados os principais cursos de água, e levantou-se ainda imagens fotográficas e o procedimento em campo consistiu no caminhar de trilhas e estradas com aparelho de GPS de navegação marca Garmin modelo 62s, configurado para registrar coordenadas UTM no Datum WGS 1984, e ,ao interceptar o leito de um curso de água,era realizado o registro da coordenada de interceptação.

Em diversas ocasiões foi necessário entrar em áreas de mata fechada para seguir o leito das drenagens e localizar nascentes, nessas ocasiões a coordenada foi registrada nos pontos de leito raso ou bancos de areia.

Os cursos de água ADA em geral possuem pouca profundidade (menos de 0,5 metro) - Figura 143.



Figura 143. Aspecto de um dos córregos do terreno. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

A bacia possui as nascentes localizadas em vales orientados para a direção norte-sul, formando os 5 (cinco) principais cursos de água em direção ao centro da área.

A porção leste do terreno possui poucas nascentes integradas a pequenos cursos de água, os quais desaguam em açudes no sentido oeste para a planície central do terreno.

A planície central da área, condicionada pela falha de direção noroeste (NW), faz com que os cursos de águas vindos de sul e leste possam convergir em um curso de água na direção norte-sul, situado na direção da linha de alta tensão.

Ao sair do terreno, o curso de água principal da micro bacia, segue para noroeste e norte para o rio Itajaí-Mirim. Ao Norte, o divisor de águas, dirige algumas drenagens, para fora da microbacia, fazendo com que as drenagens sigam para o norte, diretamente ao rio Itajaí-Mirim.

Os leitos dos córregos são caracterizados como de pequena largura (até 5 metros) e pouca profundidade (até 1 metro), contendo uma carga sedimentar, formada por seixos arredondados a facetados de quartzo e eventuais seixos de xisto.

Nos seixos de quartzo a cor dominante é a branca amarelada, e por vezes a precipitação do ferro colore a superfície dos seixos nas cores amarela ou laranja intensa.

A carga sedimentar natural é composta por seixos, grânulos e areias de quartzo, entretanto, devido a área do terreno em estudo ser atravessada por estradas e trilhas, em diversas direções, ocorrem a formação de pontos de erosão do solo e de acúmulo de água com lama (atoleiros). Esses atoleiros são resultado da movimentação de veículos automotores no terreno, conjugada com a exposição do solo nas vias internas.

O aspecto da água nos cursos de água é predominantemente límpida (transparente), nos trechos destes cursos de água, situados na montante do Sul do terreno.

Na região da planície central, a diminuição da velocidade de fluxo e o contato com gleissolos, condicionam o acúmulo de íons de Ferro que geram uma película de precipitação de minerais ferruginosos (limonita), resultando em aspecto desagradável das águas.

Exceto pela turbidez em alguns pontos, os cursos de água dentro dos limites da área possuem poucos indícios de degradação, sendo inclusive, captada por moradores vizinhos nas proximidades das nascentes ao sul.

As nascentes que originam os cursos de água estão concentradas ao longo das elevações ao Sul do terreno, e estão inseridos em talvegues profundos, escavados no solo devido a água corrente e protegidas por vegetação de mata ciliar. Essas nascentes possuem origem pontual e situam-se dentro do perfil de solo, não sendo possível observar afloramento de alguma estrutura geológica associada a origem da água.

6.1.6.4.1. Caracterização da Qualidade da Água Superficial na Área Diretamente Afetada (ADA)

A qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido alterada em diferentes escalas nas últimas décadas, fator este desencadeado pela complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, os quais acarretaram em degradação ambiental significativa e diminuição considerável na disponibilidade de água de qualidade, produzindo inúmeros problemas ao seu aproveitamento. A água pode ter sua qualidade afetada pelas mais diversas atividades do homem, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades gera poluentes característicos que têm uma determinada implicação na qualidade do corpo receptor.

Como critérios de qualidade, utilizam-se parâmetros químicos, físicos e biológicos numéricos ou narrativos. Na determinação dos padrões de qualidade, todos os componentes do corpo hídrico devem ser considerados sob uma abordagem ecossistêmica. Os padrões derivados desta forma subsidiam a avaliação do impacto ambiental dos usos existentes e desejados da água, permitindo uma análise mais integrada do que aquela fornecida apenas por intermédio de aspectos químicos, influenciando sobremaneira os tomadores de decisão quando da designação dos usos futuros (PIZELLA & SOUZA, 2007).

Assim, a caracterização apresentada a seguir tem por objetivo avaliar os parâmetros de qualidade de água em seis estações amostrais da área pretendida para a instalação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí, antes do início das atividades naquela área. As concentrações obtidas serão comparadas aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005, considerando águas doces de classe 2.

6.1.6.4.1.1. Metodologia

Em abril de 2017 foi realizada foram coletadas seis amostras de água superficial na área de influência do Distrito de Inovação para avaliação de parâmetros físico-químicos, químicos e biológicos, objetivando caracterizar a qualidade ambiental dos recursos hídricos do local onde se prevê a implantação do empreendimento. Os pontos amostrais estão demonstrados na Figura 144.

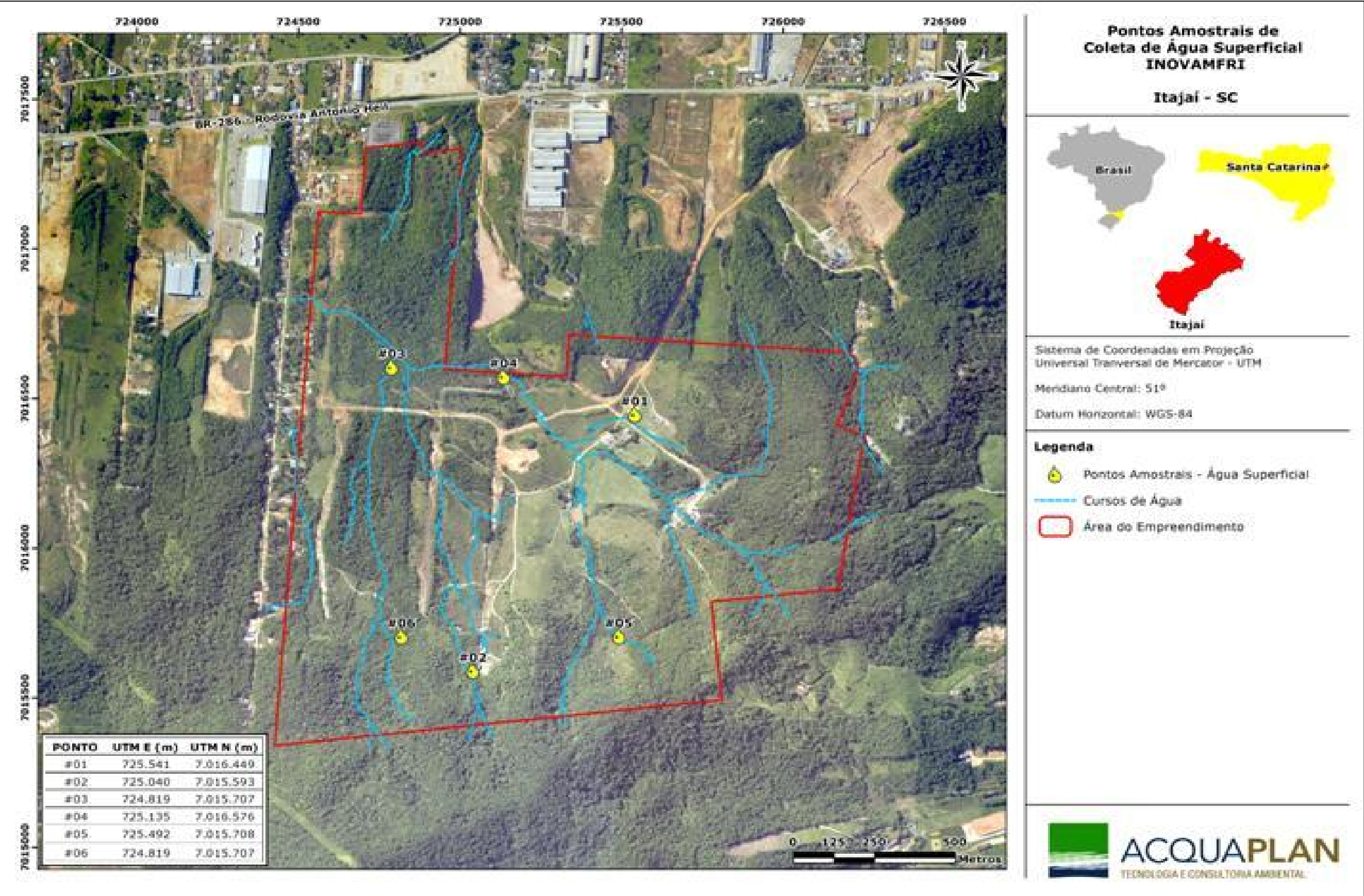


Figura 144. Localização de seis pontos de coleta de águas superficiais na área pretendida para a instalação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí em abril de 2017. Fonte:ACQUAPLAN - 2017

A determinação de parâmetros físico-químicos, como oxigênio dissolvido, pH, temperatura da água, salinidade e turbidez, foram realizadas mediante utilização de multisonda da marca *Horiba U-50* (Figura 145).



Figura 145. Sonda multiparâmetros Horiba U-50. Fonte:ACQUAPLAN - 2017

As amostras de água de superfície e fundo foram coletadas com garrafa amostradora do tipo *van Dorn* (Figura 146), sendo posteriormente transferidas para frascos de vidro de 1000 ml previamente etiquetados com identificação do ponto amostral, parâmetro, data e horário de cada coleta. Os frascos contendo as amostras foram armazenados em caixas térmicas resfriadas com gelo e encaminhados ao laboratório responsável para a determinação dos parâmetros químicos



Figura 146. Garrafa amostradora do tipo *van Dorn* utilizada para coleta de água e caixa térmica utilizada para armazenamento das amostras de água. Fonte:ACQUAPLAN - 2017

As determinações químicas ficaram sob a responsabilidade da empresa Freitag Laboratórios-Divisão Ambiental e de Alimentos, localizada na Avenida Nereu, Ramos, 95, 1º andar na cidade de Timbó/SC, que possui as seguintes creditações

ü CGCRE-INMETRO CRL 0687 -ABNT NBR ISP/IEC 17025:2005-ensaios.

ü Fundação do Meio Ambiente–FATMA.

- ü Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina – AGESAN.
- ü Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina – CIDASC.
- ü REBLAS – Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde, associado à ANVISA.
- ü Instituto Ambiental do Paraná – IAP.
- ü Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul – IMASUL.

As análises laboratoriais para determinação dos parâmetros químicos, seguiram os procedimentos analíticos da U.S. Environmental Protection Agency (ou equivalentes) foram seguidos, atendendo ao disposto da Resolução CONAMA N°357/2005.

6.1.6.5. Resultado

Os resultados físico-químicos, químicos e biológico das seis amostras coletadas em abril de 2017 são apresentados por meio de histogramas, sendo comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, considerando águas doces de classe 2, representados por linhas descontínuas.

6.1.6.5.1. Parâmetros Físico-Químicos

6.1.6.5.1.1. Condutividade e Sólidos Dissolvidos Totais

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Este parâmetro é dependente das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados. Este parâmetro também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados (CAIRES, 2012).

O teor de sólidos dissolvidos representa a quantidade de substâncias dissolvidas na água, que alteram suas propriedades físicas e químicas da água. Em águas naturais a presença dos íons: sódio, cloreto, magnésio, potássio, sulfatos, etc., é devida a dissolução de minerais.

A salinidade foi menor do que 0,5 em todas as seis amostras avaliadas, o que é característica de águas doces (Figura 147). Os valores de condutividade e sólidos dissolvidos totais foram, portanto, condizentes com o esperado para águas doces.

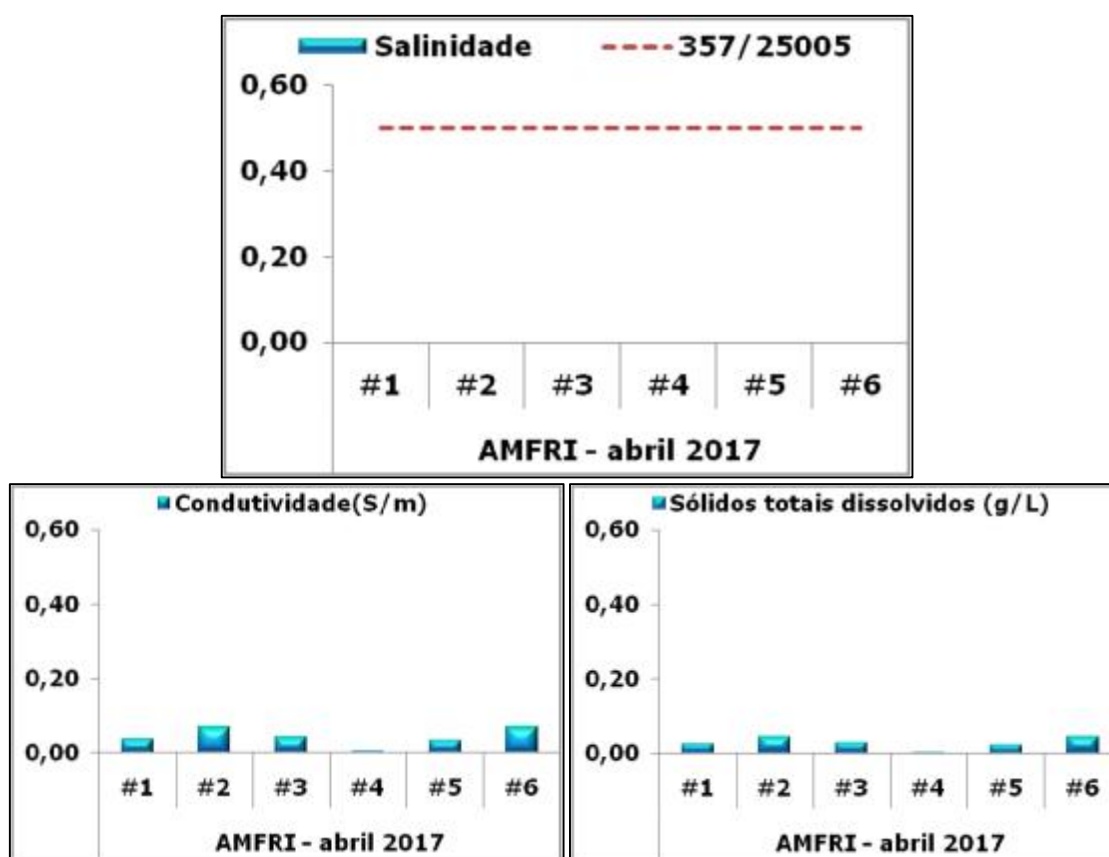


Figura 147. Salinidade, condutividade e sólidos dissolvidos totais em águas superficiais de seis estações amostrais em abril de 2017. Fonte: ACQUAPLAN - 2017

6.1.6.5.1.2. PH

O termo pH (potencial hidrogeniônico) segundo (SAWYER *et al.*, 1994) é usado para expressar a intensidade da condição ácida ou básica de uma solução e é uma maneira de expressar a concentração do íon hidrogênio. O pH indica se a água é ácida, básica ou neutra. A água é considerada neutra quando o seu pH está em torno de 7; ela será ácida quando o intervalo estiver entre 0 e 7; e será básica quando estiver entre 7 e 14. Branco (1986) informa que nas águas naturais as variações destes parâmetros são ocasionadas geralmente pelo consumo e/ou produção de dióxido de

carbono (CO_2), realizados pelos organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração/fermentação de todos os organismos presentes na massa de água, produzindo ácidos orgânicos fracos.

Na coleta realizada em abril de 2017 somente na estação #4 foram observados valores de pH discretamente inferiores ao limite mínimo disposto pela norma legal (Figura 148).

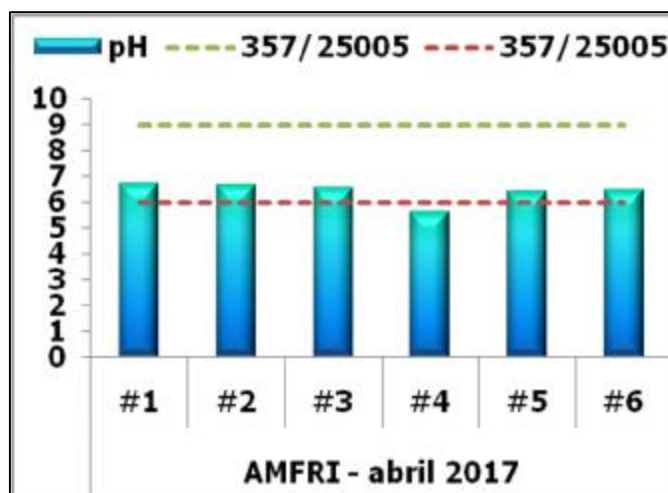


Figura 148. pH em águas superficiais de seis estações amostrais em abril de 2017. Fonte: ACQUAPLAN - 2017

6.1.6.5.1.3. Oxigênio Dissolvido

A variação da concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) ocorre sazonalmente, ou mesmo em períodos de 24h, em razão da temperatura e atividade biológica. As concentrações muito abaixo dos valores de saturação podem indicar atividade biológica intensa, principalmente em decorrência de carga orgânica elevada no corpo receptor (lançamento de esgotos domésticos sem tratamento). Em ambientes com água corrente a baixa concentração de OD em um ponto não implica que a fonte de poluição esteja próxima, em geral ela ocorreu em um ponto à montante do local da coleta. De acordo com Vieira (2011), alguns rios, em determinadas épocas do ano, apresentam valores de oxigênio dissolvido relativamente baixos, sem que este comportamento possa ser atribuído à atividade antrópica.

A introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, no consumo de oxigênio dissolvido. Isso se deve aos processos de estabilização da matéria orgânica realizados pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração (VON SPERLING, 2005).

O teor de oxigênio dissolvido em sistemas aquáticos é muito utilizado em regiões de clima temperado para determinar a eutrofização cultural. Em clima tropical, entretanto, esse parâmetro pode apresentar uma grande variabilidade devida, por exemplo, a diferenças de temperaturas das águas que banham a costa brasileira, além do fato de que, devido à exuberância da cobertura vegetal de vários dos ecossistemas costeiros tropicais, há grande disponibilidade natural de matéria orgânica para o meio aquoso, aliada a elevadas taxas de insolação e temperaturas, proporcionando uma elevada taxa de degradação da matéria orgânica, o que naturalmente, ou seja, sem interferência de atividades antrópicas, pode levar a diminuições significativas do conteúdo de oxigênio dissolvido em águas costeiras tropicais (MARINS *et al.*, 2004).

As concentrações de oxigênio dissolvido medidos em campo atenderam ao disposto na legislação em quatro das seis estações amostradas (Figura 149).

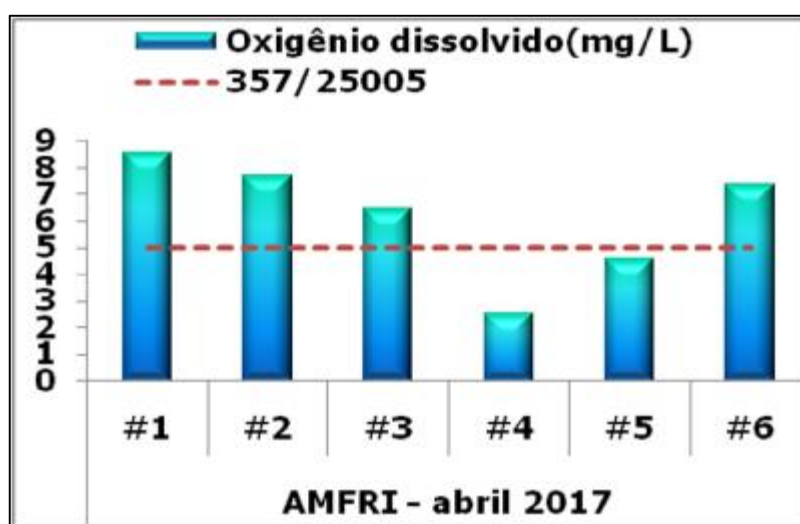


Figura 149. Oxigênio dissolvido em águas superficiais de seis estações amostrais em abril de 2017. Fonte: ACQUAPLAN - 2017

6.1.6.5.1.4. Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la. Esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca. A turbidez é causada pela presença de materiais em suspensão na água, tais como partículas insolúveis de solo, matéria orgânica e organismos microscópicos (MOTA, 1995).

Um aumento sensível da turbidez ocorre quando há poluição por esgotos domésticos, assim como por vários tipos de despejos. A erosão pode decorrer do mau uso do solo, em que se impede a fixação da vegetação. A presença de partículas (silte, areias, etc.) em suspensão causa aumento de turbidez na água podendo afetar a vida característica de um dado manancial devido à sedimentação deste material no fundo. Isso pode ocasionar soterramentos constantes dos organismos bentônicos ou arraste para o fundo de certos organismos que vivem em suspensão (BRANCO, 1978).

Não houve desconformidades para as concentrações de turbidez obtidas nas amostras analisadas. O maior valor para este parâmetro foi medido na estação #3 (Figura 149), onde o oxigênio dissolvido esteve presente em menor concentração (Figura 150).

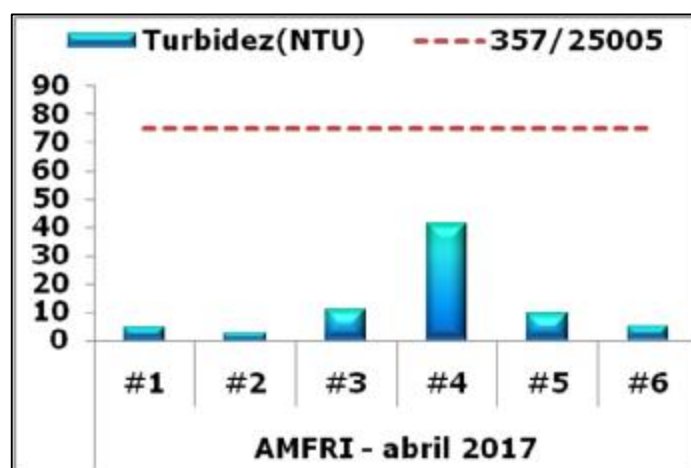


Figura 150. Turbidez em águas superficiais de seis estações amostrais em abril de 2017. Fonte: ACQUAPLAN - 2017.

6.1.6.5.1.5. Temperatura

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático condicionando as influências de uma série de parâmetros físicos e químicos. As variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, e podem apresentar estratificação vertical. A temperatura da água é influenciada por fatores tais como radiação disponível, latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (ZUMACH, 2003).

As temperaturas mais altas foram observadas nas estações #3 e #4 (Figura 151).

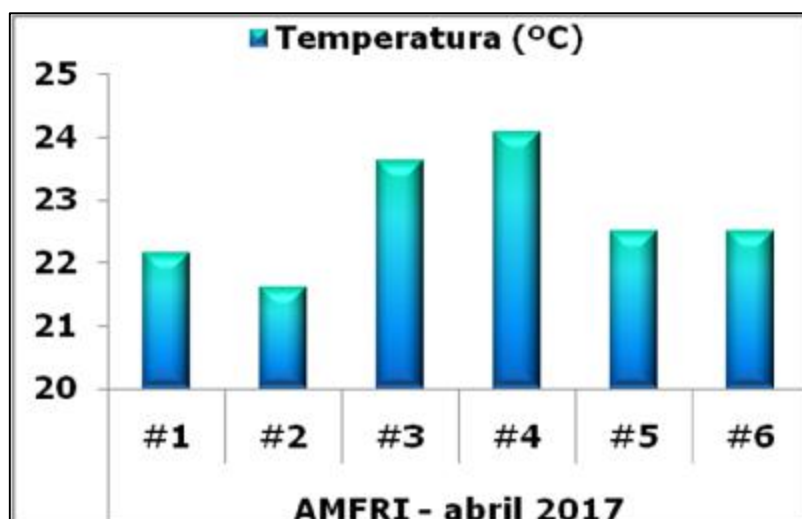


Figura 151. Temperatura em águas superficiais de seis estações amostrais em abril de 2017. Fonte:ACQUAPLAN - 2017.

6.1.6.5.1.6. Potencial de Oxiredução

Os processos de oxidação e redução estão relacionados com a troca de elétrons entre os compostos químicos, sendo definido como a facilidade com que determinado substrato ganha ou perde elétrons. Quando um elemento perde elétrons, ele é dito como oxidado, e quando ganha elétrons, reduzido. Quando ocorre a diferença de elétrons de um composto para outro, estabelece-se uma diferença de potencial entre os mesmos, que é medida em milivolts (mV) ou volts (V). Quanto mais oxidado é um composto, mais positivo é seu potencial de oxi-redução, e quanto mais reduzido é um composto, mais negativo é esse potencial (Figura 152).



Figura 152. Potencial de oxiredução em águas superficiais de seis estações amostrais em abril de 2017. Fonte:ACQUAPLAN - 2017.

6.1.6.5.2. Parâmetros Químicos

Informa-se que além dos parâmetros graficamente apresentados, foram também avaliadas as concentrações de óleos e graxas, mas estas foram em todas as estações amostrais, inferiores a 9,2mg/L.

6.1.6.5.2.1. Fósforo Total

A origem do fósforo pode ocorrer pela dissolução de compostos do solo e pela decomposição da matéria orgânica. A origem antropogênica do fósforo pode se dar por despejos domésticos, despejos industriais, detergentes, excrementos de animais, fertilizantes entre outras (ESTEVES, 1988).

A Resolução CONAMA Nº 357/2005 estabelece limites mínimos para fósforo total para rios Classe 2 de acordo com as suas condições hidrodinâmicas:

- a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,
- b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combina com cátions formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos (CETESB, 2009).

Nas estações #1 e #3 as concentrações de fósforo total (Figura 153) foram maiores do que o limite legal estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/2005.

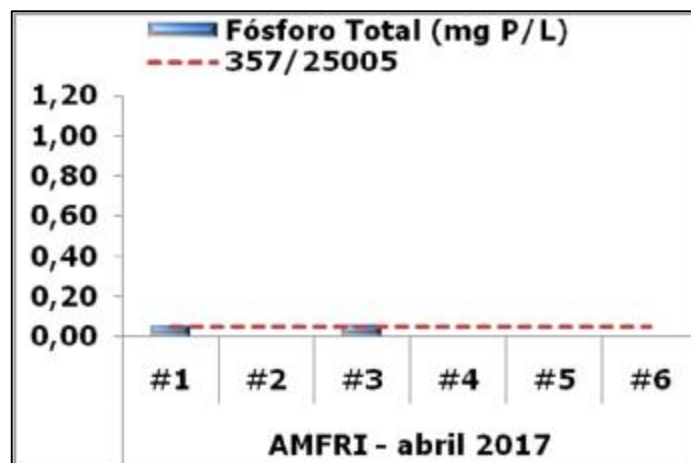


Figura 153. Fósforo total em águas superficiais de 6 estações amostrais em abril de 2017. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

6.1.6.5.2.2. Substâncias Tensioativas que Reagem com o Azul de Metileno

Os tensoativos podem ser encontrados em produtos de limpeza como detergentes e sabões em pó e em diversos cosméticos, como sais de banho, sabonetes, cremes para tratamento de acne, produtos esfoliantes, máscaras para cílios, tinturas de cabelo, sabonetes líquidos, condicionadores, produtos para limpeza facial, removedores de maquiagem, xampus de adultos e de crianças e empastas de dente.

Em todas as amostras avaliadas em abril de 2017 as substâncias tensoativas (Figura 154) atenderam à determinação legal.



Figura 154. Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno em águas superficiais de seis estações amostrais em abril de 2017. Fonte: ACQUAPLAN - 2017.

6.1.6.5.2.3. Nitrogênio Total

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico. A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos como a biofixação desempenhada por bactérias e algas presentes nos corpos hídricos, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização.

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Pode-se associar a idade da poluição com relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecer nitrito e nitrato denota que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2009).

Em quatro das estações amostrada as concentrações de nitrogênio total foram inferiores aos limites de detecção (Figura 155) dos métodos analíticos utilizados para a sua determinação. Na estação #4 foi observado o maior valor para este parâmetro que não tem limite legal determinado.

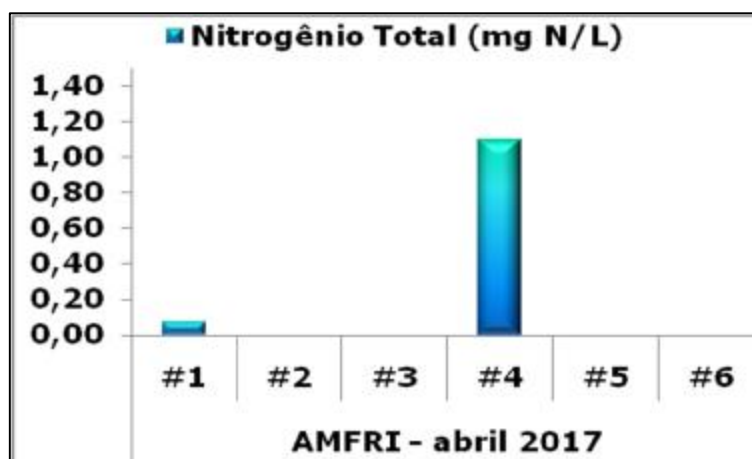


Figura 155. Nitrogênio total em águas superficiais de seis estações amostrais em abril de 2017. Fonte:ACQUAPLAN - 2017.

6.1.6.5.3.Parâmetro Biológico

6.1.6.5.3.1. Coliformes Termotolerantes

Os coliformes totais são um grupo de bactérias que contem bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativa, capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície, com propriedades similares de inibição de crescimento, e que fermentam a lactose com produção de ácidos, aldeídos e gás a 35°C em 24-48 horas. Este grupo contém os seguintes gêneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*(BETTEGA, 2006).

Coliformes fecais ou coliformes termo tolerantes são bactérias capazes de desenvolver e/ou fermentar a lactose com produção de gás a 44°C em 24 horas. A principal espécie dentro desse grupo é a *Escherichia coli*. Essa avaliação microbiológica da água tem um papel destacado, em visto da grande variedade de microrganismos patogênicos, em sua maioria de origem fecal, que pode estar presente na água (BETTEGA,2006).

As concentrações de coliformes excederam ao limite disposto pela legislação para águas doces – classe 2, em todas as estações amostradas. Estas concentrações provavelmente refletem a condição natural do ambiente já que não há na área ocupação humana que justifique tais concentrações. Uma das possíveis justificativas para estas concentrações é o uso da área para pastagem de gado e equinos, devendo ainda ser considerada a circulação de animais silvestres residentes na área (Figura 156).

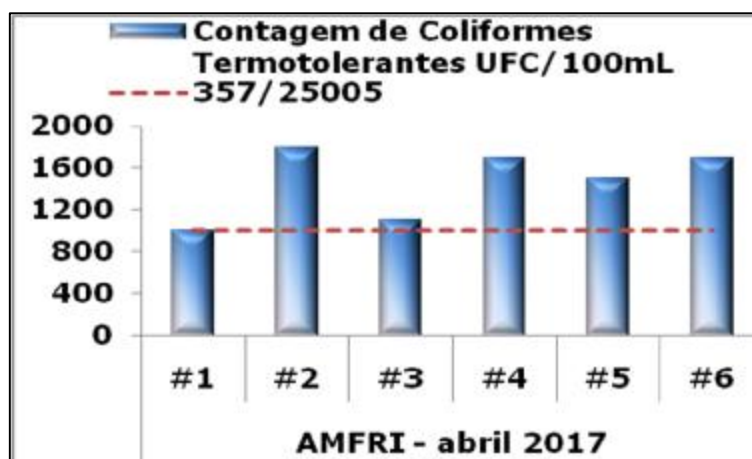


Figura 156. Coliformes termotolerantes em águas superficiais de 6 estações amostrais em abril de 2017.
Fonte: ACQUAPLAN - 2017.

6.1.6.6. Considerações Finais

A análise dos parâmetros físico-químicos permitiu verificar que, de maneira geral, a maioria dos valores encontrados, para todos os pontos amostrados, são condizentes com os da classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

Quanto aos parâmetros biológicos, as concentrações de coliformes excederam ao limite disposto pela legislação em todas as estações amostradas. Estas concentrações provavelmente refletem a condição natural do ambiente, já que não há na área ocupação humana que justifique tais concentrações. Uma das possíveis justificativas para estas concentrações é o uso da área para pastagem de gado e equinos devendo ainda ser considerada a circulação de animais silvestres residentes na área.

De maneira geral, percebe-se que, apesar dos cursos de água apresentarem alguns sinais de degradação ambiental, tais como falta de vegetação ciliar (APPs), em alguns trechos, pisoteio e erosões de suas margens causado por bovinos, equinos e pelas trilhas realizadas por jipeiros, parece que esses fatores ainda não têm sido capazes de afetar definitivamente a qualidade da água, pelo menos em relação aos parâmetros físico-químicos avaliados no presente Estudo de Impacto Ambiental.

As concentrações dos diversos parâmetros avaliados na área pretendida para a instalação do Distrito Regional de Inovação de Itajaí geralmente atenderam os limites dispostos quanto à qualidade ambiental dos recursos hídricos.

6.1.7. Recursos Hídricos Subterrâneos

6.1.7.1. Introdução

Este diagnóstico busca atender a demanda do Termo de Referência – TR do Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental, do Distrito Regional de Inovação de Itajaí, que consiste na elaboração de levantamento relacionado ao comportamento da água subterrânea no terreno objeto deste estudo, bem como na instalação de poços de monitoramento ambiental do corpo hídrico subterrâneo da área.

Neste item, será descrita a metodologia e os procedimentos adotados, para a caracterização da área no que diz respeito aos aspectos hidrogeológicos regionais e locais. Foram utilizados dados primários e secundários de estudos pretéritos de geologia, geomorfologia, além da obtenção de dados históricos sobre o nível de água da região do empreendimento. A metodologia para instalação de poços de monitoramento e de piezômetros é apresentada neste item juntamente com a metodologia para coleta de amostras de água subterrânea no local.

6.1.7.2. Caracterização Hidrológica da ADA

6.1.7.2.1. Introdução

A implantação dos poços para coleta seguiu a metodologia contida na Norma ABNT-NBR 15.495-1 – Poços de monitoramento de águas subterrânea em aquíferos granulares – Parte 1 – Projeto e Construção e Norma ABNT-NBR 15.495-2 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 2 - Desenvolvimento.

6.1.7.2.2. Metodologia

6.1.7.2.2.1. Instalação dos Poços Piezométrico

Foram realizadas ao total 20 perfurações (sondagens) de solo, com instalação de 20 poços piezométricos em perfurações selecionadas.

Foram executadas sondagens de solo com auxílio de trado manual para reconhecimento da geologia e nível d'água. Em 20 pontos de sondagem foram

instalados poços piezométricos (Figura 157 e Tabela 55). As sondagens foram realizadas entre os dias 31 de outubro de 2016 a 10 de novembro de 2016.

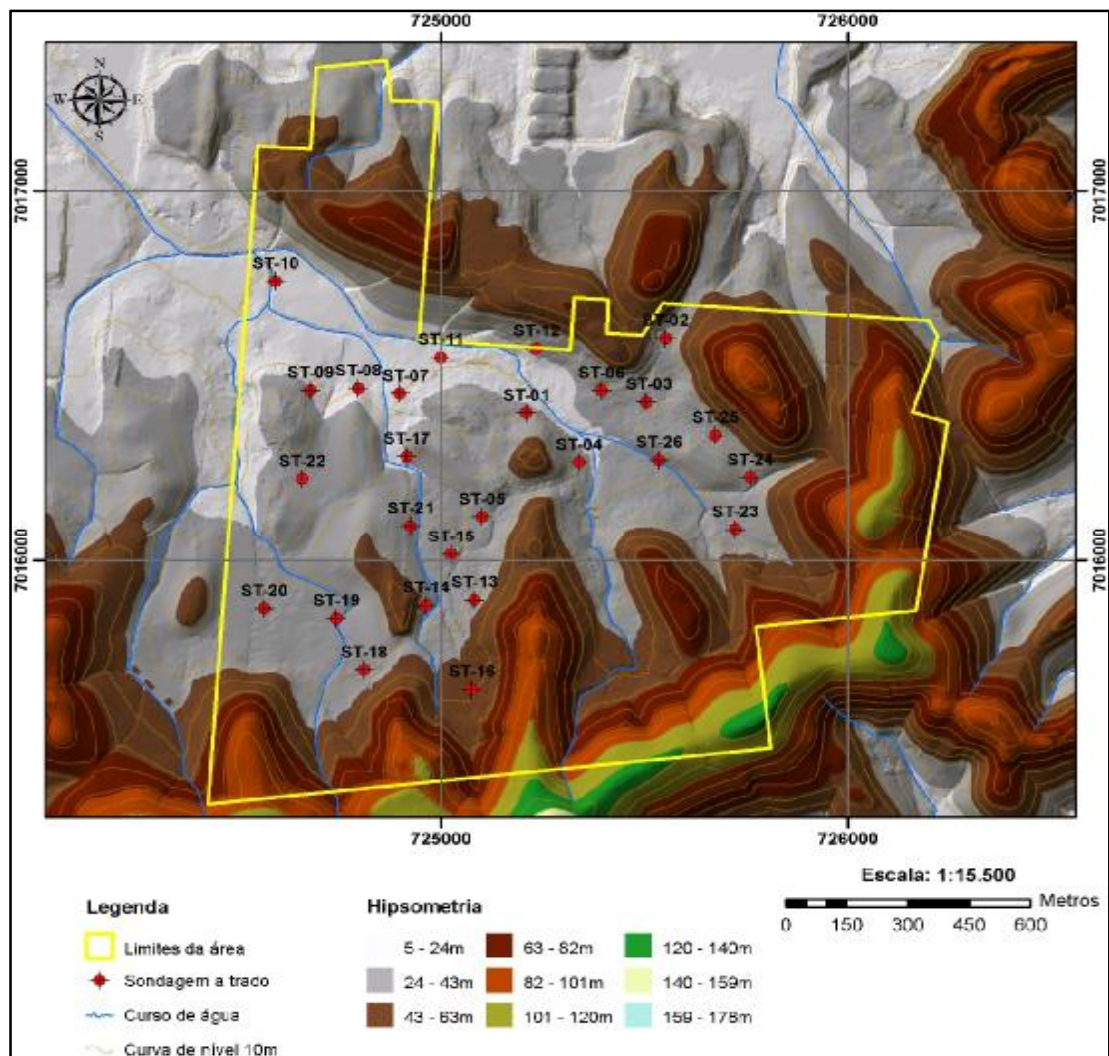


Figura 157. Mapa indicando a localização das sondagens de solo. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Tabela 55. Localização dos poços piezométricos na área de estudo.

Ponto	Coordenadas UTM		Cota	N.A	Cota N.A
	Leste	Norte			
ST-01	725210	7016400	26	-0,87	25,13
ST-02	725552	7016600	37	-0,98	36,02
ST-03	725505	7016429	29		
ST-04	725340	7016266	26	-0,55	25,45
ST-05	725100	7016118	31	-0,56	30,44
ST-06	725395	7016460	27	-1,08	25,92
ST-07	724899	7016452	20	-1,16	18,84
ST-08	724796	7016466	18	-2,67	15,33
ST-09	724679	7016461	23	Seco	
ST-10	724593	7016756	11	0,06	11,06
ST-11	725000	7016550	18	Seco	
ST-12	725235	7016574	28	-2,77	25,23
ST-13	725082	7015891	40	-0,5	39,5
ST-14	724963	7015877	38	-1,94	36,06
ST-15	725024	7016016	32	-0,48	31,52
ST-16	725075	7015650	49	-0,38	48,62
ST-17	724915	7016282	25	-1,21	23,79
ST-18	724810	7015703	38	-0,84	37,16
ST-19	724742	7015841	32	-0,23	31,77
ST-20	724565	7015868	32	Seco	
ST-21	724925	7016093	31	-0,77	30,23
ST-22	724658	7016221	27	-0,95	26,05
ST-23	725724	7016084	35	-2,12	32,88
ST-24	725761	7016225	37	-0,99	36,01
ST-25	725675	7016339	38	-0,36	37,64
ST-26	725536	7016272	26	-1,93	24,07

Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Os poços piezométricos apresentam, um perfil construtivo similar, porém bastante simplificado em relação aos poços de monitoramento. Possuem tubulações de plástico PVC de 25mm ou 40 mm de diâmetro, areia de pré-filtro (ao nível da entrada de água) e filtro ranhurado no tubo. Tem uma estrutura básica, similar aos poços de monitoramento, exceto pela ausência de câmara de calçada, selo de argila e tampa selada. Ao completar o poço com o pré-filtro, o espaço anelar acima da entrada de água é fechado com solo retirado, pela escavação (Prancha de Figura 158.).



Figura 158. Escavação do solo com trado manual, colocação da coluna do poço (tubo de PVC). PZ-01, preenchimento do espaço anelar do poço na profundidade da camada de entrada de água com areia de pré-filtro, determinação das coordenadas dos poços piezométricos com GPS de navegação. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

O objetivo principal dos poços piezométricos é apresentar os dados de nível de água subterrânea, permitindo a elaboração do mapa potenciométrico do aquífero freático (superficial). Após a realização das sondagens e implantação dos poços piezométricos, foi realizada a medição do nível d'água, e posterior implantação de 04 poços de monitoramento da água subterrânea (Figura 159).

Através da interpolação dos valores de carga hidráulica obtidos em cada piezômetro, foi possível gerar um Mapa Potenciométrico, indicando o sentido de fluxo da água subterrânea no local.

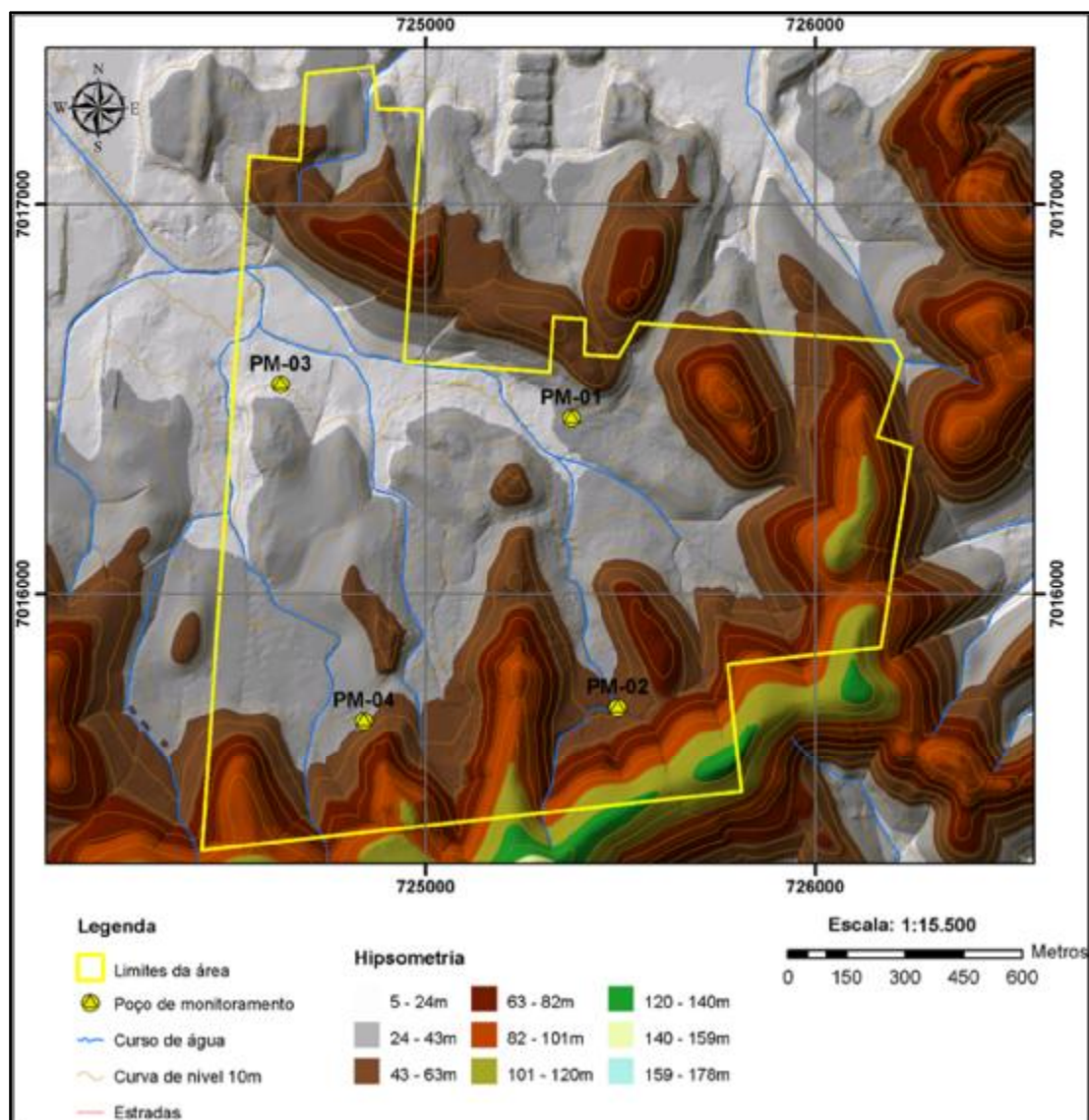


Figura 159. Localização dos poços de monitoramento de água subterrânea, na área de estudo. Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

6.1.7.2.2. Instalação dos Poços de Monitoramento Ambiental

A implantação ocorreu entre os dias 02/12 a 05/12 de 2016. Os poços de monitoramento foram implantados de acordo as normas ABNT NBR 15.495-1/2008:

- Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 1: Projeto e construção e ABNT NBR 15.495-1/2008; e,
- Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 2: Desenvolvimento, ABNT NBR. 15.495-1/2008.

A implantação possui diversas etapas, executadas na seguinte ordem:

- Perfuração com trado manual;
- Confirmação da entrada de água;
- Instalação do filtro (tubo de pvc ranhurado) e da coluna de poço (tubo de pvc não ranhurado);
- Aplicação de areia de pré-filtro no espaço anelar (espaço entre a perfuração e os tubos de pvc) até o cobrimento do filtro pelo pré-filtro;
- Aplicação de um selo de argila expansiva (bentonita) isolando o filtro e pré-filtro da entrada de água superficial;
- Preenchimento do espaço anelar acima do selo com material retirado durante a escavação;
- Espera para estabilização do NA;
- Desenvolvimento do poço (bombeamento manual da água) para limpeza de finos (silte e argila) e estabelecimento da circulação de água entre o poço e o meio subterrâneo; e,
- Fechamento do poço com tampa de vedação.

Tabela 56. Localização dos poços de monitoramento de água subterrânea.

Ponto	Coordenadas UTM		Profundidade	N.A
	Leste	Norte		
PM-01	725374	7016449	3,56m	-0,22m
PM-02	725492	7015708	5,72m	-2,58m
PM-03	724628	7016537	4,32m	-3,02m
PM-04	724841	7015673	3,80m	-1,45m

Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

Os poços de monitoramento foram desenvolvidos após suas instalações, com retirada de volume de água suficiente para a eliminação de sedimentos em suspensão.

No dia 17 de fevereiro de 2017 foi realizada a coleta de 4 amostras de água subterrânea dos poços de monitoramento existentes e instalados. Todas as amostras foram

acondicionadas em frascos apropriados, sendo imediatamente armazenadas em uma caixa térmica com gelo, cuja a temperatura foi mantida entre 0 e 4° C, e enviadas ao laboratório FREITAG para as determinações analíticas. Foi elaborada uma cadeia de Custódia para as amostras e encaminhada para o Laboratório que verificou as condições das amostras recebidas.

6.1.7.3. Resultados / Hidrogeologia da Área Diretamente Afetada

Conforme apresentado pelo mapa potenciométrico (Figura 160), o sentido de fluxo preferencial da água subterrânea corresponde ao sentido de fluxo superficial (rios e córregos).

Devido à alta declividade das meias-encostas e a grande diferença entre as cotas dos divisores de água (mais de 100 metros) e a planície circundante (menos de 27 metros), a microbacia hidrográfica ao noroeste (NW) força toda água contida no meio subterrâneo a fluir para a planície central do terreno e seguir para essa saída natural compartilhada pelas águas superficiais e subterrâneas.

As elevações atuam como meio, onde predomina a recarga do aquífero, exceto nas nascentes, encaixadas em sistemas de fraturas, onde ocorre a descarga natural do meio aquífero fissural. O aquífero poroso (sedimentos, e solos) possui descarga preferencial na planície central na margem dos cursos de água que a cortam.

Há poucos dados a respeito do aquífero fraturado nos afloramentos, as fraturas abertas são raras, e há prevalência de fraturas preenchidas com veios de quartzo.

Mas ao observar o relevo, nota-se uma presença de vales estreitos e com nascentes, orientados na direção norte-sul, sendo considerada uma direção preferencial das fraturas abertas na rocha.

O meio aquífero poroso é composto pelos sedimentos e solos derivados da intercalação entre depósitos fluviais e coluviais. A natureza desses depósitos de sedimentos é heterogênea, com intercalação entre camadas de conglomerados e areias mais permeáveis, e níveis de silte e argila, predominantes, pouco permeáveis.

Essa distribuição irregular das granulometrias gera uma série de bolsões de água subterrânea, separados por meios aquifugos (sem água) nas camadas superficiais de solo, fato comprovado pela ocorrência de furos de sondagem secos.

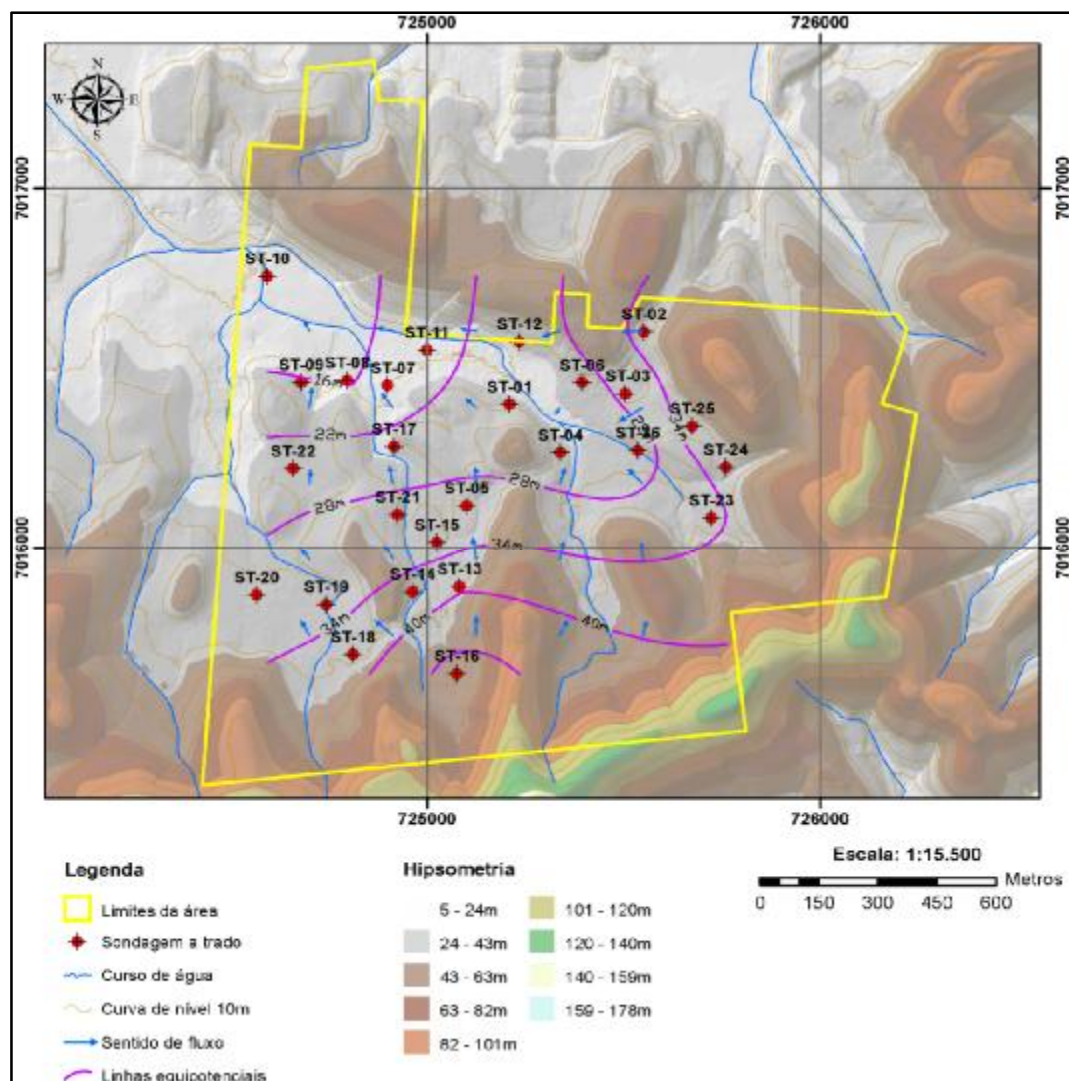


Figura 160. Mapa potencimétrico e pontos de coletas de dados (poços piezômetros).
Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

6.1.7.3.1. Qualidade das Águas de Quatro Poços de Monitoramento na Área a ser Implantado o *Distrito Regional de Inovação de Itajaí*

As águas subterrâneas são recursos imprescindíveis para a vida e a integridade dos ecossistemas, representando mais de 95% das reservas de água doce exploráveis do globo.

O grau de dependência dos ecossistemas à água subterrânea deve ser avaliado com base em diversos atributos hidrogeológicos, como sejam o caudal de escoamento subterrâneo, o nível piezométrico e os descritores hidroquímicos. A resposta dos ecossistemas àqueles atributos é muito variável, existindo mesmo um valor limite, a partir do qual o ecossistema pode colapsar (RIBEIRO, 2004).

O estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos presentes nas águas subterrâneas, procurando estabelecer-se uma relação com o meio físico rochoso. Os processos e fatores que influenciam na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero. A água subterrânea tende a aumentar a concentração de substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos, mas muitos outros fatores interferem, tais como: o clima, a composição da água da recarga, o tempo de contato/meio físico entre outros, além da contaminação antrópica (FENZEL, 1986).

Esta avaliação teve como objetivo avaliar parâmetros biológicos e químicos das águas subterrâneas do aquífero livre na área pretendida para a instalação do empreendimento, a fim de caracterizar e identificar as potenciais alterações geradas pelas atividades exercidas em sua proximidade que, por vezes, podem representar impactos adversos ao ambiente. Sempre que possível os resultados serão comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 396/08 – considerando as concentrações mais restritivas, isto é, para consumo humano. Essa Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

6.1.7.3.1.1. Metodologia

6.1.7.3.1.1.1. Área Amostral

A localização dos quatro poços de monitoramento localizados na área de interesse da AMFRI está apresentada na Tabela 57 e na Figura 161.

Tabela 57. Localização geográfica dos quatro poços de monitoramento.

Amostra	Coordenadas UTM	
	Leste	Norte
PM-01	725374	7016449
PM-02	725492	7015708
PM-03	724628	7016537
PM-04	724841	7015673

Fonte: Diretrizes Ambiental – 2017.

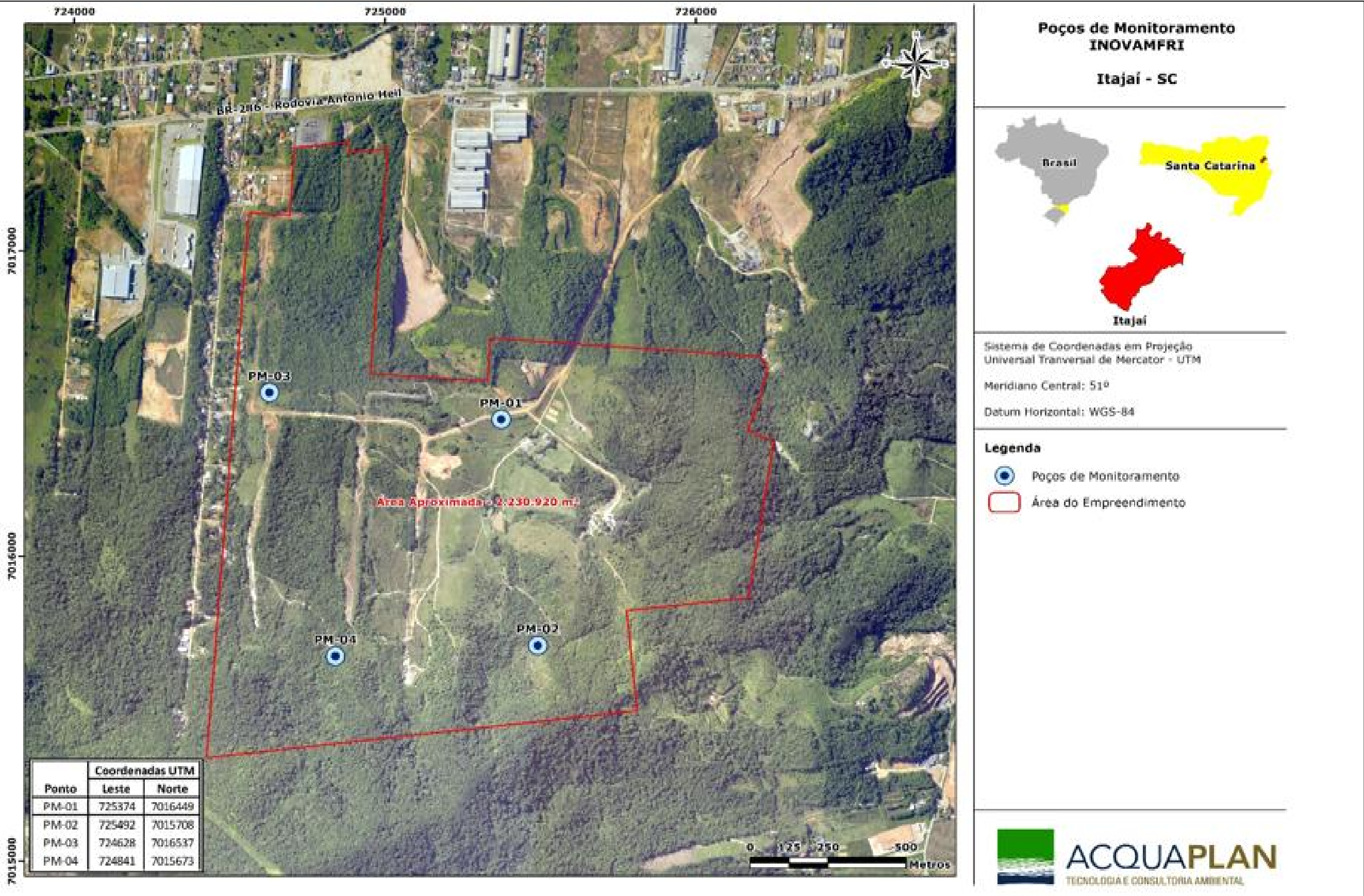


Figura 161. Localização dos Poços de Monitoramento na ADA. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

6.1.7.3.1.1.1.1 Purga de Volume Determinado e Amostragem dos Poços de Monitoramento

A NBR 15.847:2010, em seu item 7.1 Purga de Volume determinado, descreve: “Antes de iniciar a coleta das amostras, necessita-se da remoção de determinado volume de água subterrânea do poço com a finalidade de assegurar que água representativa da formação será coletada.” Este procedimento, porém, deve ser realizado adotando-se algumas medidas técnicas visando não acarretar na contaminação do poço.

Desta maneira, a atividade para o chamado purga de volume determinado do poço foi realizada no dia anterior aos procedimentos de amostragem. Inicialmente, foi realizada a mensuração do nível hidrostático, utilizando para tal um medidor de nível HS (Figura 162).



Figura 162. Mensuração do nível hidrostático com a utilização do medidor de nível HS. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Após a mensuração do nível hidrostático, de posse das características do poço, foi então determinado o volume contido no mesmo. Em seguida, realizou-se o rebaixamento do nível, utilizando para tal uma bomba submersível (Figura 163).



Figura 163. Bomba submersível em diâmetro de 1", marca Whale, utilizada para o desenvolvimento do poço de monitoramento. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

O rebaixamento foi realizado mantendo o nível na região do poço constituída pelo revestimento geomecânico. Após o rebaixamento, o nível foi mensurado novamente e então registrada a hora inicial, para que, após um intervalo de tempo conhecido, o nível seja medido novamente.

6.1.7.3.1.1.1.1 Coleta das Amostras

No dia seguinte ao desenvolvimento dos poços foram coletadas as amostras para medição dos parâmetros físico-químico e químico. As amostras de água subterrânea foram coletadas com a utilização de amostradores do tipo *bailer* (Figura 164), sendo que para cada poço de monitoramento utilizou-se um amostrador distinto, evitando assim a contaminação cruzada. As amostras para determinação dos parâmetros químicos foram acondicionadas em frascos devidamente etiquetados, diretamente a partir do *bailer* para garantir a integridade da água coletada.



Figura 164. Envasamento diretamente do *bailer* em frasco identificado. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Após as coletas as amostras foram devidamente resfriadas e encaminhadas para o laboratório responsável pela determinação dos parâmetros químicos.

As determinações químicas ficaram sob a responsabilidade da Freitag Laboratórios-Divisão Ambiental e de Alimentos, localizado na Avenida Nereu, Ramos, 95, 1º andar na cidade de Timbó/SC, que possui as seguintes creditações.

- ü CGCRE-INMETRO CRL 0687 -ABNT NBR ISP/IEC 17025:2005-ensaios.
- ü Fundação do Meio Ambiente–FATMA.
- ü Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina – AGESAN.
- ü Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina – CIDASC.
- ü REBLAS – Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde, associado à ANVISA.
- ü Instituto Ambiental do Paraná – IAP.

As análises laboratoriais para determinação dos parâmetros químicos, seguiram os procedimentos analíticos da *U.S. Environmental Protection Agency* (ou equivalentes) foram seguidos, atendendo ao disposto da Resolução CONAMA N° 396/2008.

6.1.7.4. Resultados

6.1.7.4.1. Profundidade e Nível de Água

Na Tabela 58 podem ser visualizadas as profundidades assim com o nível de água de cada um dos poços amostrados na área onde se pretende instalar o Distrito Regional de Inovação de Itajaí.

Tabela 58. Profundidades e Nível da água (NA) dos quatro poços de monitoramento da área onde se pretende instalar o empreendimento em fevereiro de 2017.

Amostra	Profundidade	N.A.
PM-01	3,56m	-0,22m
PM-02	5,72m	-2,58m
PM-03	4,32m	-3,02m
PM-04	3,80m	-1,45m

Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Os resultados das concentrações para coliformes totais e termotolerantes e de parâmetros químicos são a seguir apresentados e comparados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 396/08 – consumo humano, quando existentes.

6.1.7.4.2. Coliformes Totais e Termotolerantes

O grupo coliforme inclui espécies de bactérias que podem ser encontradas no trato intestinal de humanos e animais de sangue quente, assim como no solo, podendo ser diferenciadas em coliformes totais e fecais. Este segundo grupo também pode ser chamado de termotolerantes (SILVA *et al.*, 2006). O índice de coliformes totais é utilizado para avaliar as condições higiênicas, considerando que altas contagens indicam contaminação pós-sanitização ou pós-processo, tratamentos térmicos ineficientes ou multiplicação durante o processamento e estocagem. A taxa de coliformes fecais é empregada como indicador de contaminação fecal e avalia as condições higiênico-sanitárias deficientes, visto presumir-se que a população deste grupo é constituída de uma alta proporção de *Escherichia coli* (SANTANA *et al.*, 2003).

Nos poços #PM01 e #PM03 os coliformes totais e termotolerantes estiveram presentes, enquanto que nos poços #PM02 e #PM04 não foi detectada presença destes

microrganismos. A detecção destas bactérias provavelmente está associada a presença de animais de sangue quente visto que a área avaliada é praticamente desabitada, o que exclui a possibilidade de aporte antropogênico.

6.1.7.4.3.Fósforo Total

As concentrações de fósforo total foram inferiores a 0,140ug/L, nos quatro poços avaliados.

6.1.7.4.4.Ferro e Manganês

As águas naturais normalmente contêm pequenas quantidades de ferro e manganês e raramente excedem concentração e 1 mg/L. Geralmente, o ferro está mais amplamente distribuído do que o manganês, embora seja frequente que ocorram em conjunto (ACCIOLY & NEVES, 1976).

Estes metais ocorrem nas formas mais comuns como bicarbonato ferroso $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ e bicarbonato manganoso $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$ notadamente em águas subterrâneas, devido à presença de dióxido de carbono e ácido carbônico, que aumentam a solubilidade de certos minerais (CAMARA, 2012).

Quando considerada a Resolução CONAMA Nº 396/2008, foram observadas concentrações de ferro e manganês ora não detectáveis e ora superiores ao limite legal para água destinada ao consumo humano (Figura 165 e Figura 166), sem um padrão de distribuição contínuo para este parâmetro.

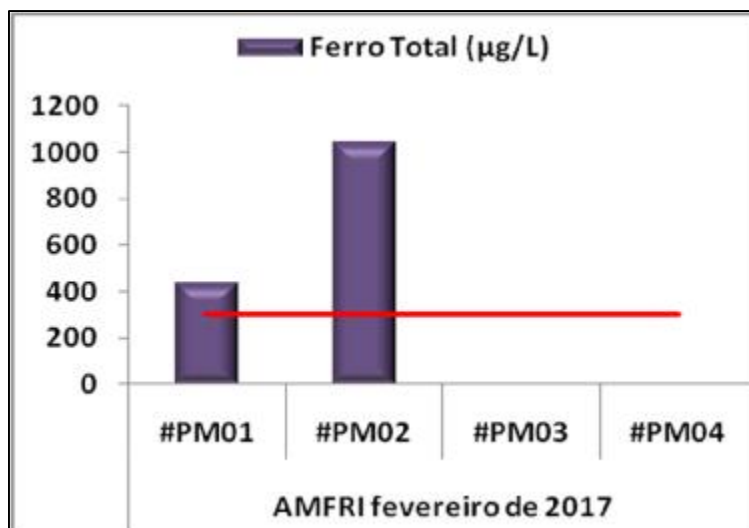


Figura 165. Concentração de ferro total dos quatro poços de monitoramento da área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí em fevereiro de 2017. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

Nas águas superficiais os teores de ferro aumentam nas estações chuvosas sendo resultado do carreamento de solo. Fatores antrópicos resultados de processos industriais relacionados à remoção de camada oxidada de peças podem contribuir para elevados teores de ferro nas águas. Também podem elevar o teor de ferro o tratamento de água através do emprego de coagulantes. O ferro não é um elemento tóxico, no entanto é definido um padrão de potabilidade (0,3 mg/L), pois pode causar contaminação da água a partir da rede de abastecimento, onde pode ocorrer depósitos em canalizações tanto do elemento quanto de ferro-bactérias (QUATZOR AMBIENTAL, 2013).

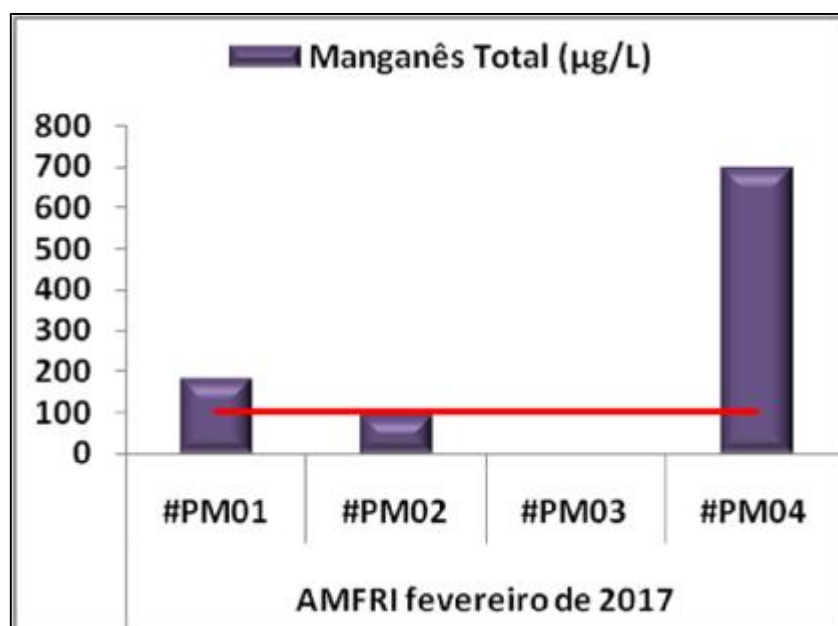


Figura 166. Concentração de ferro total dos quatro poços de monitoramentona área do Distrito Regional de Inovação de Itajaí, em fevereiro de 2017. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

O manganês e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos. Ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos (CETESB, 2013).

6.1.7.4.5. Nitrogênio Amoniacal

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Pode-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio.

As concentrações de nitrogênio total nos poços #PM01 e #PM02 foram respectivamente, 1,7 e 3,2 mg/L, enquanto que nos poços #PM03 e #PM04 foram inferiores a 0,70mg/L (Figura 167).

Este parâmetro não tem limite regulamentado, mas considerando que para o nitrato o limite máximo é 10mg/L, pode-se supor que as concentrações de nitrogênio total estão dentro de padrões aceitáveis.

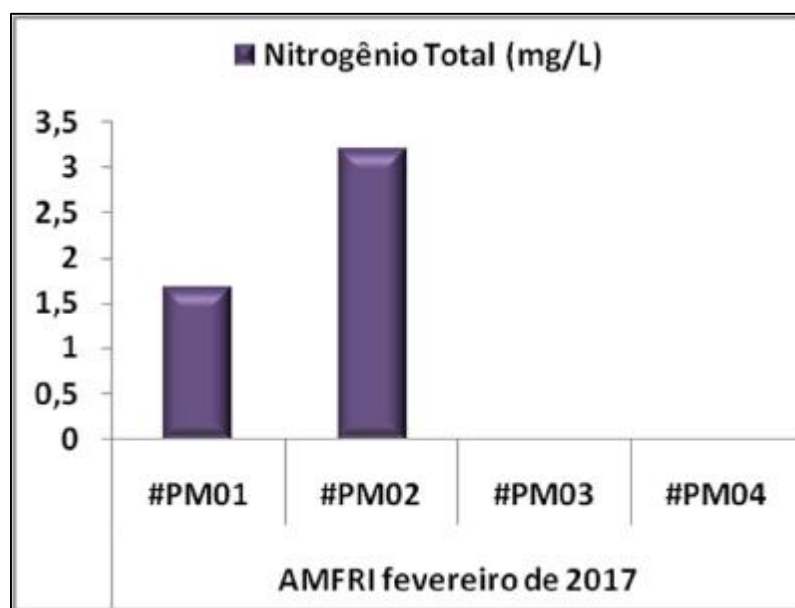


Figura 167. Concentração de nitrogênio total dos quatro poços de monitoramento na área do Distrito Regional de Inovação de Itajai fevereiro de 2017. Fonte: ACQUAPLAN – 2017.

6.1.7.5. Considerações Finais

Durante o percurso no qual a água percola entre os poros dos subsolos e das rochas ocorre a depuração da mesma por uma série de processos físico-químicos (troca iônica, decaimento radioativo, remoção de sólidos em suspensão, neutralização de pH em meio poroso, entre outros) e bacteriológico (eliminação de microrganismo devido a ausência de nutrientes e oxigênio que os viabilizem) que, ao agirem sobre a água, modificam suas características anteriormente adquiridas, tornando-a particularmente mais adequada ao consumo humano (AZEVEDO, 2006).

Assim, a composição físico-química da água subterrânea é o resultado combinado da água que infiltra no solo e da evolução físico-química influenciada diretamente pelas litologias atravessadas, sendo que os teores de substâncias dissolvidas nas águas subterrâneas aumentam a medida que prosseguem no seu movimento.

As águas subterrâneas apresentam algumas propriedades que tornam seu uso mais vantajoso em relação às águas superficiais: são filtradas e purificadas naturalmente através da percolação. São de boa qualidade e dispensam tratamentos prévios; não ocupam espaço em superfície, sofrem menor influência nas variações climáticas; são passíveis de extração perto do local de uso; possuem temperatura constante; tem maior quantidade de reservas; necessitam de custos menores como fonte de água.

Os principais problemas ligados às águas subterrâneas estão associados à super exploração e contaminação dos aquíferos. Ressalta-se que as principais origens de contaminação estão nas atividades domésticas, industriais, agrícolas e de exploração mineral (artificiais) e intrusões salinas (naturais e induzidas). Assim, segundo Crepali (2007), a vulnerabilidade dos aquíferos frente aos agentes poluidores depende das características das estruturas geológicas e de suas características hidrogeológicas e das condições de uso e ocupação do solo.

A qualidade das águas subterrâneas na ADA do empreendimento não apresentaram indícios de contaminação nos pontos avaliados, sendo apenas observados elementos traços de metais de Fe e Mn que podem estar relacionados à composição das rochas básicas da Formação Brusque. Concentrações elevadas de Fe e Mn estão geralmente associadas à dissolução de compostos do solo ou a despejos industriais. Como não são observadas atividades industriais nas proximidades da Área Diretamente Afetada, acredita-se que os resultados estejam associados à primeira hipótese, a saber, às características geológicas

inerentes à área. Some-se a isso o fato de que, nas águas superficiais, os níveis de Fe e Mn podem aumentar nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens dos rios e córregos.

Nos PM1 e PM3 os coliformes totais e termotolerantes estiveram presentes, sendo que a detecção destas bactérias provavelmente está associada à presença de animais de sangue quente, visto que a área avaliada é praticamente desabitada, o que exclui a possibilidade de aporte antropogênico.