

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

CLANDIO GODOY DE VARGAS

**A DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ÁREA
DEGRADADA POR REJEITOS DA MINERAÇÃO DE CARVÃO:
ANÁLISE DO ATERRO CONTROLADO DE
FORQUILHINHA - SC**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Santa Catarina para obtenção do título de
Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Armando Borges de Castilhos Jr.



Florianópolis, abril de 1998.

A DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ÁREA DE REJEITOS DA MINERAÇÃO DE CARVÃO: ANÁLISE DO ATERRO CONTROLADO DE FORQUILHINHA-SC

CLANDIO GODOY DE VARGAS

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Geografia, Área de Concentração: **Utilização e Conservação de Recursos Naturais**, do Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de **Mestre em Geografia**.

Profa. Leila Christina Duarte Dias

Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Geografia

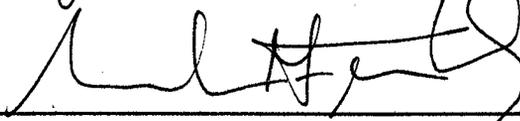
Aprovada pela Comissão Examinadora em 14 de abril de 1998.



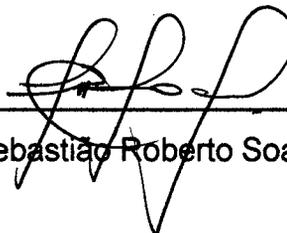
Prof. Dr. Armando Borges de Castilhos Jr.
(orientador)



Profa. Dra. Gerusa Maria Duarte



Profa. Dra. Sandra Maria de Arruda Furtado



Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Armando Borges de Castilhos Jr., pela orientação, amizade e incentivo;

Ao Prof. Luiz Fernando Scheibe, pela co-orientação;

À Prof^a. Gerusa Maria Duarte, pela dedicação, amizade, e confiança;

Ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental pelo apoio logístico;

À Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, na pessoa do Eng^o Eduardo de Oliveira Nosse, pela amizade e pelo apoio técnico na realização das análises e levantamento topográfico;

Aos Técnicos da Prefeitura Municipal de Criciúma Eng^o. Gelson Firmino e Eng^a. Ionice pelo profissionalismo e pelas informações e documentos que fundamentaram este trabalho;

Ao acadêmico Evandro Alves Machado, pela dedicação e pelo apoio nos trabalhos de campo;

Ao Curso de Pós graduação em Geografia pela oportunidade e pelo apoio;

Aos amigos pela paciência e pela companhia nas horas difíceis, em especial ao Valter, pela amizade, pela experiência científica e pelas orientações de informática.

A todos aqueles que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho procurou avaliar as conseqüências ambientais geradas pela disposição conjunta de resíduos sólidos urbanos e rejeitos da mineração de carvão no aterro controlado que recebe o lixo dos municípios de Forquilha, Criciúma e Nova Veneza, localizado no município de Forquilha, na Região Carbonífera, Sul do estado de Santa Catarina.

No período de novembro de 1996 à abril de 97, foram coletadas quinzenalmente, amostras de líquido percolado (chorume) em poços instalados no aterro, além de amostras de água do Rio Sangão que passa junto à área. Foram coletadas também amostras de água superficial em pontos de cota superiores às do aterro, com a finalidade de verificar as características químicas destas águas, cujos resultados das análises permitiu estimar as condições ambientais anteriores à instalação do aterro no local.

As amostras foram analisadas para determinação de alguns parâmetros: DBO₅, DQO, pH, N_{tot.}, SO₄ e metais (Pb, Fe_{tot.}, Mn e Zn).

Os resultados obtidos indicaram uma alta carga orgânica nas amostras coletadas no corpo do aterro, com alto potencial poluidor. Os resultados médios obtidos para o Rio Sangão, indicaram um acréscimo da carga orgânica nas águas do rio nos pontos localizados a jusante do aterro, indicando uma possível presença de compostos orgânicos gerados no aterro, representados pelo aumento dos valores de DBO₅, DQO e N_{tot.}. No entanto, quando comparados com os resultados obtidos pelo PROGESC (1995), não se verifica grandes alterações nas condições de degradação do Rio Sangão. Recomenda-se a realização de estudos para verificar a influência do aterro nas águas subterrâneas (lençol freático e aquíferos), como complemento do presente trabalho.

Com base nos resultados, e uma vez adotadas técnicas adequadas de instalação, verifica-se a possibilidade de utilizar aterros sanitários como forma de recuperar a topografia, de incorporar matéria orgânica ao solo e de possibilitar a revegetação de áreas degradadas por rejeitos da mineração de carvão.

SUMMARY

This work tried to evaluate the environmental consequences generated by the co-disposition of urban solid wastes and residues of the mining of coal in the controlled landfill that it receives the garbage of the municipal districts of Forquilha, Criciúma and Nova Veneza, located in the municipal district of Forquilha, in the Carboniferous Area, south of Santa Catarina's State.

In the period of November of 1996 to April of 97, they were collected every fifteen days, samples of the leachate in wells installed in the body of the landfill, besides samples of water of Rio Sangão that passes area close to. They were also collected samples of superficial water in points of superior levels to the one of the landfill, with the purpose of verifying the characteristics chemistries of these waters, whose results of the analyses allowed to esteem the environmental conditions previous to the installation of the landfill in the place.

The samples were analyzed for determination of some parameters:

DBO₅, DQO, pH, N_{tot}, SO₄, and metals (Pb, Fe_{tot}, Mn and Zn).

The obtained results indicated a high organic load in the samples collected in the landfill, with high pollution potential. The medium results to Rio Sangão, indicated an increment of the organic load in the water, in the located points below, indicating a possible presence of organic compositions generated in the landfill, represented by the increase of the values of DBO₅, DQO, and N_{tot}. However, when compared with the results obtained by PROGESC (1995), its not verified great alterations in the conditions of degradation of Rio Sangão. The accomplishment of studies is recommended to verify the influence of landfill in the underground waters, as complement of the present work.

Based in the results, and once adopted appropriate techniques of installation, the possibility is verified of using landfills as a form of recovering the the topography, of incorporating organic matter to the soil, and of facilitating the reestablishment of the vegetation of areas degraded by residues of the mining of coal.

SUMÁRIO

Capítulo 1 Pág.

| | |
|-------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO E OBJETIVOS | 1 |
| 1. Considerações Iniciais | 1 |
| 2. Histórico | 5 |
| 2.1. Os Municípios Envolvidos | 5 |
| 2.2. Os Problemas Ambientais | 6 |
| 3. Justificativa | 11 |
| 4. Objetivo | 12 |

Capítulo 2

| | |
|----------------------------------|----|
| CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 13 |
| 1. Situação Geográfica | 13 |
| 2. Geologia | 14 |
| 3. Caracterização dos Aquíferos | 18 |

Capítulo 3

Pág.

| | |
|--|----|
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 20 |
| 1. O Carvão | 20 |
| 1.1. A Mineração e o Beneficiamento do Carvão | 20 |
| 1.2. Os Rejeitos | 22 |
| 1.3. Composição Química do Carvão | 24 |
| 2. Os Resíduos Sólidos Urbanos – RSU | 29 |
| 2.1. Conceito | 29 |
| 2.2. Classificação | 29 |
| 2.3. Os RSU no Brasil | 30 |
| 2.4. Redução, Reutilização e Reciclagem | 31 |
| 2.5. Aterro Sanitário | 32 |
| 2.6. A Co-disposição de RSU e Resíduos Industriais | 34 |
| 2.7. Impactos ao Ambiente | 38 |
| 2.7.1. A Produção de Líquidos Percolados | 39 |
| 2.7.2. A Produção de Biogás | 41 |

Capítulo 4

| | |
|--|----|
| O ATERRO DE FORQUILHINHA | 42 |
| 1. A Relação Homem x Ambiente x Resíduos | 42 |
| 2. A Administração Pública e os RSU | 45 |

| | |
|--|----|
| METODOLOGIA | 48 |
| 1. Definição da Metodologia | 48 |
| 2. Pontos de Amostragem | 50 |
| 2.1. Coleta de Amostras no Entorno do Aterro | 50 |
| 2.2. Poços de Amostragem no Aterro | 51 |
| 2.3. Pontos de Amostragem no Rio Sangão | 55 |
| 2.4. O “Amostrador de Nível” | 56 |
| 2.5. Precipitação Pluviométrica | 57 |
| 2.6. Análises de Laboratório | 59 |

| | |
|---|----|
| ANÁLISE DOS RESULTADOS | 62 |
| 1. Resultados Obtidos para o Entorno do Aterro | 62 |
| 2. Resultados das Análises | 63 |
| 3. Resultados Obtidos para O Rio Sangão e para o Aterro | 74 |
| 3.1. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO ₅ | 74 |
| 3.2. Demanda Química de Oxigênio – DQO | 77 |
| 3.3. pH | 81 |
| 3.4. Nitrogênio Total (N _{tot}) | 84 |
| 3.5. Sulfatos (SO ₄) | 86 |
| 3.6. Chumbo (Pb) | 88 |
| 3.7. Ferro Total (F _e tot) | 92 |
| 3.8. Manganês (Mn) | 96 |
| 3.9. Zinco (Zn) | 98 |

Capítulo 7

Pág.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 101

1. Conclusões 101

2. Recomendações Técnicas 105

Capítulo 8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 108

Anexos

I – Questionário NUPEAM/UNESC

II – Planilhas de Observação Meteorológicas (EMPASC)

LISTA DE TABELAS

| | | Pág. |
|-----------------|---|------|
| Tabela 1 | Teores de enxofre e cinzas dos carvões energéticos produzidos em Santa Catarina | 25 |
| Tabela 2 | Concentração de elementos-traço para carvão CE-4500 | 26 |
| Tabela 3 | Dados de precipitação dos 7 dias anteriores às coletas | 58 |
| Tabela 4 | Precipitação mensal e precipitação média mensal para os meses de observação | 58 |
| Tabela 5 | Resumo das datas de coleta de amostras | 63 |

RELAÇÃO DE FIGURAS

Pág.

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Croqui de localização da área do Aterro | 4 |
| Figura 2 | Mapa geológico da área do aterro e do entorno | 16 |
| Figura 3 | Mapa pedológico da área do aterro e do entorno | 17 |
| Figura 4 | Mapa de vulnerabilidade do aquíferos da área do aterro e do entorno | 19 |
| Figura 5 | Fluxograma metodológico | 48 |
| Figura 6 | Ponto 1 de coleta de água superficial | 50 |
| Figura 7 | Ponto 2 de coleta de água superficial | 51 |
| Figura 8 | Montagem de um poço de coleta | 52 |
| Figura 9 | Esquema de construção dos poços no aterro | 52 |
| Figura 10 | Instalação de um poço de coleta no aterro | 53 |
| Figura 11 | Amostras coletadas no aterro e no Rio Sangão | 54 |
| Figura 12 | Esquema de construção do “amostrador de nível” | 56 |
| Figura 13 | Resultados de DBO ₅ para os pontos do Rio Sangão | 75 |
| Figura 14 | Resultados de DBO ₅ para o poço 1 do Aterro | 76 |
| Figura 15 | Resultados de DBO ₅ para o poço 2 do Aterro | 76 |
| Figura 16 | Resultados de DBO ₅ para o poço 3 do Aterro | 77 |
| Figura 17 | Resultados de DQO para os pontos do Rio Sangão | 78 |
| Figura 18 | Resultados de DQO para o poço 1 do Aterro | 79 |
| Figura 19 | Resultados de DQO para o poço 2 do Aterro | 80 |
| Figura 20 | Resultados de DQO para o poço 3 do Aterro | 80 |
| Figura 21 | Resultados de pH para o ponto 1 do Rio Sangão | 81 |
| Figura 22 | Resultados de pH para o ponto 2 do Rio Sangão | 82 |
| Figura 23 | Resultados de pH para o ponto 3 do Rio Sangão | 82 |
| Figura 24 | Resultados de pH para os poços do Aterro | 83 |
| Figura 25 | Resultados de N tot. para os pontos do Rio Sangão | 84 |
| Figura 26 | Resultados de N tot. para o poço 1 do Aterro | 85 |
| Figura 27 | Resultados de N tot. para o poço 2 do Aterro | 85 |
| Figura 28 | Resultados de N tot. para o poço 3 do Aterro | 86 |
| Figura 29 | Resultados de SO ₄ para o ponto 1 do Rio Sangão | 87 |
| Figura 30 | Resultados de SO ₄ para o ponto 2 do Rio Sangão. | 87 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 31 | Resultados de SO ₄ para o ponto 3 do Rio Sangão | 88 |
| Figura 32 | Resultados de Pb para o ponto 1 do Rio Sangão | 89 |
| Figura 33 | Resultados de Pb para o ponto 2 do Rio Sangão | 89 |
| Figura 34 | Resultados de Pb para o ponto 3 do Rio Sangão | 90 |
| Figura 35 | Resultados de Pb para o poço 1 do Aterro | 91 |
| Figura 36 | Resultados de Pb para o poço 2 do Aterro | 91 |
| Figura 37 | Resultados de Pb para o poço 3 do Aterro | 92 |
| Figura 38 | Resultados de Fe tot. para o ponto 1 do Rio Sangão | 93 |
| Figura 39 | Resultados de Fe tot. para o ponto 2 do Rio Sangão | 93 |
| Figura 40 | Resultados de Fe tot. para o ponto 3 do Rio Sangão | 94 |
| Figura 41 | Resultados de Fe tot. para o poço 1 do Aterro | 95 |
| Figura 42 | Resultados de Fe tot. para o poço 2 do Aterro | 95 |
| Figura 43 | Resultados de Fe tot. para o poço 3 do Aterro | 96 |
| Figura 44 | Resultados de Mn para os pontos do Rio Sangão | 97 |
| Figura 45 | Resultados de Mn para os poços do Aterro | 98 |
| Figura 46 | Resultados de Zn para os pontos do Rio Sangão | 99 |
| Figura 47 | Resultados de Zn para os poços do Aterro | 100 |

RELAÇÃO DE QUADROS

Pág.

| | | |
|------------------|---|----|
| Quadro 1 | Qualidade das águas do Rio Sangão | 27 |
| Quadro 2 | Composição dos líquidos percolados de aterros sanitários | 40 |
| Quadro 3 | Resumo dos parâmetros e metodologia de análise | 59 |
| Quadro 4 | Resultados das análises de água superficial | 62 |
| Quadro 5 | Resultados das análises das amostras coletadas em 05/11/96 | 64 |
| Quadro 6 | Resultados das análises das amostras coletadas em 18/11/96 | 65 |
| Quadro 7 | Resultados das análises das amostras coletadas em 05/12/96 | 66 |
| Quadro 8 | Resultados das análises das amostras coletadas em 04/01/97 | 67 |
| Quadro 9 | Resultados das análises das amostras coletadas em 20/01/97 | 68 |
| Quadro 10 | Resultados das análises das amostras coletadas em 04/02/97 | 69 |
| Quadro 11 | Resultados das análises das amostras coletadas em 18/02/97 | 70 |
| Quadro 12 | Resultados das análises das amostras coletadas em 04/03/97 | 71 |
| Quadro 13 | Resultados das análises das amostras coletadas em 18/03/97 | 72 |
| Quadro 14 | Resultados das análises das amostras coletadas em 03/04/97 | 73 |
| Quadro 15 | Resultados médios obtidos para o Rio Sangão e aterro e pelo PROGESC (1995) para o mesmo rio | 74 |

CAPÍTULO 1 - Introdução e Objetivos

1. Considerações Iniciais

As condições de degradação ambiental observadas nos municípios de Criciúma, Forquilha e Nova Veneza, as quais se caracterizam por sérios problemas ambientais decorrentes da exploração, beneficiamento e queima do carvão mineral, são comuns a toda a Região Carbonífera Catarinense.

A existência nesta região, de extensas áreas de deposição de rejeitos da mineração do carvão, é o principal fator que contribui para a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, através da lixiviação.

Além de problemas como poluição do ar, a degradação ambiental atinge principalmente a qualidade das águas da região, podendo ser facilmente constatada quando se observam os rios e córregos com suas águas turvas e amareladas, resultantes da oxidação do ferro presente nos rejeitos do carvão.

Estudos realizados pelo Programa de Informações Básicas para a Gestão Territorial de Santa Catarina (PROGESC, 1995), que pesquisou a qualidade das águas superficiais no município de Criciúma, comprovam que o Rio Sangão recebe intensa contribuição de despejos provenientes de atividades de mineração e/ou beneficiamento de carvão mineral, sendo que o pH de suas águas é inferior a 3,0. As altas concentrações de sulfatos e ferro total demonstram a degradação deste rio pela mineração do carvão, fazendo com que apresente qualidade imprópria para uso doméstico, industrial, irrigação, recreação ou dessedentação.

Por outro lado, o desenfreado aumento do consumo de produtos industrializados, de todo o tipo, que vem ocorrendo nas últimas décadas, somado à proliferação dos “descartáveis” que impregnaram os costumes das sociedades ocidentais, constituem-se nos principais responsáveis pela geração de imensas quantidades de resíduos sólidos, cuja presença no ambiente pode pôr em perigo a vida no planeta (DOMÉNECH, 1994).

A geração de resíduos e seu posterior abandono no ambiente pode originar sérios problemas ambientais, os quais podem ter efeitos somente locais, mas também podem ser dispersos quando atingem os seres vivos através da cadeia alimentar, ampliando a magnitude do problema.

Deve-se, ainda, levar em conta que o aumento da geração de resíduos é um indicador de um aumento paralelo no consumo de matérias primas (e de energia para sua transformação), a maioria das quais se encontra na natureza em quantidades limitadas. Conseqüentemente, uma boa gestão dos resíduos sólidos deve passar pela sua reciclagem e reaproveitamento.

A destinação final dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um dos mais graves problemas da sociedade contemporânea. Está presente, em maior ou menor grau, em qualquer espaço urbano, seja de pequeno, médio ou grande porte, seja qual for o seu grau de desenvolvimento econômico, ou o hemisfério em que se situa (LEÃO, 1996).

O Brasil produzia em 1991, segundo o IBGE, cerca de 240 mil toneladas diárias de resíduos sólidos urbanos. E a produção continua a crescer. Um fator de preocupação é que este crescimento não é simplesmente proporcional ao crescimento da população, mas as alterações nos padrões de produção e consumo das sociedades modernas têm ocasionado um aumento da produção per capita de lixo (LEÃO, 1996).

Os municípios de Forquilha, Criciúma e Nova Veneza (SC), localizados em uma região com alta degradação ambiental, resultado da exploração e beneficiamento do carvão mineral, implantaram, para destinação final dos resíduos sólidos urbanos, aterro controlado, instalado no Município de Forquilha, em uma área de depósito de rejeitos da mineração do carvão, a qual está localizada às margens do Rio Sangão, na divisa com o Município de Criciúma (FIG. 1).

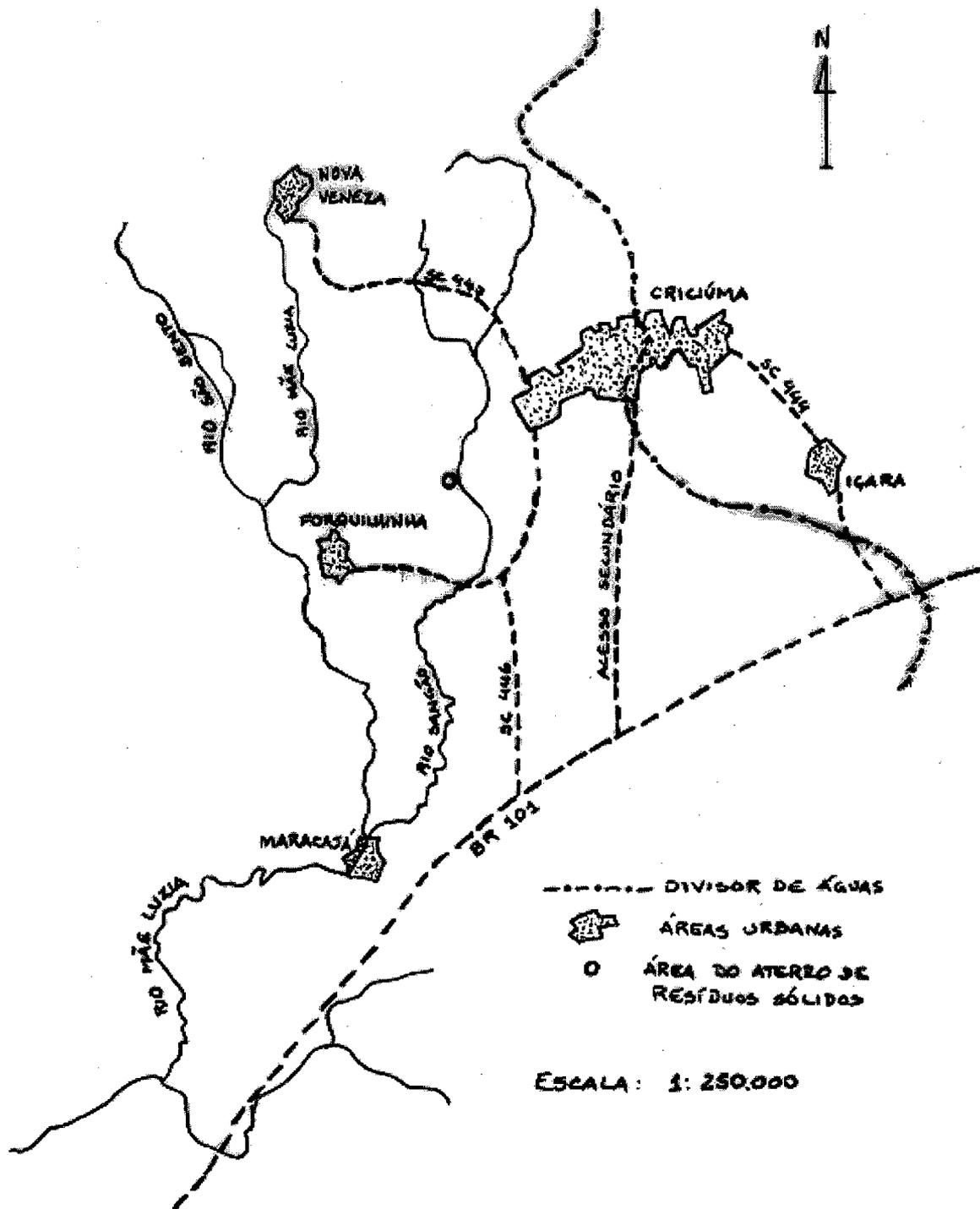


Fig. 1: Croqui de localização da área do aterro de resíduos sólidos.

2. Histórico

2.1. Os Municípios Envolvidos

O município de Criciúma localiza-se na região sul do Estado de Santa Catarina, a aproximadamente 188 km de Florianópolis e 285 km de Porto Alegre (RS), via BR 101.

Fundada em 06/01/1880, Criciúma emancipou-se em 04/11/1925. Abrange atualmente uma área total de 244,83 km² e contava em 1991, com uma população de 159.033 habitantes (IBGE, 1991).

O município possui um diversificado parque industrial, com destaque para o setor cerâmico, constituindo-se no maior produtor nacional, com 45% da produção, e sendo a 2^a maior região produtora do mundo em pisos e azulejos (PROGESC, 1995).

A indústria do vestuário também ocupa lugar de destaque, de forma que Criciúma constitui-se atualmente no maior produtor de confecções em tecido plano do Estado, e um dos maiores produtores do Brasil.

Devido à sua posição geográfica e seu desenvolvimento industrial e econômico, Criciúma constitui-se em um centro abastecedor do comércio, indústria e serviços da região sul do Estado de Santa Catarina, cujos municípios integrantes somam uma população estimada em 600.000 habitantes (PROGESC, 1995).

Outras atividades econômicas importantes do município estão relacionadas à mineração de carvão, agropecuária e indústrias dos setores plástico, metal-mecânico e químico.

O município de Forquilha possui área de 183,0 km² e uma população de 16.125 habitantes, tendo como principal atividade econômica a agro-indústria (PROGESC, 1995).

Nová Veneza possui área de 287,0 km² e população de 9.972 habitantes. As atividades econômicas mais importantes do município são as indústrias de confecção e agro-indústrias (PROGESC, 1995).

2.2. Os Problemas Ambientais

O início da exploração do carvão, no final do século passado, instalou na região um processo de degradação ambiental, cujos efeitos são sentidos atualmente sobre a qualidade de vida da população. A contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos comprometeu a qualidade das águas para abastecimento público e agrícola.

Face ao total descaso e as tímidas iniciativas tomadas pelas empresas mineradoras e autoridades governamentais no sentido de minimizar o problema, este foi sendo gradativamente agravado. Com o decorrer do tempo, o incremento das atividades de mineração acelerou o desequilíbrio, imprimindo á paisagem um aspecto desolador (PROGESC, 1995).

Estudos realizados na Bacia Carbonífera Catarinense, da qual fazem parte os municípios de Criciúma, Forquilha e Nova Veneza, demonstraram a existência nesta região de uma situação ambiental alarmante, levando-a a ser considerada uma Área Crítica Nacional (a 14^a, ao lado das grandes regiões metropolitanas e da região industrial de Cubatão - SP). Esta situação deve-se principalmente às atividades ligadas à mineração, beneficiamento e transformação do carvão (PROGESC, 1995).

Somados aos problemas ambientais decorrentes da exploração e beneficiamento do carvão, que têm influência direta na qualidade das águas, a

Região Carbonífera Catarinense sofre também com relação aos esgotos domésticos, onde a falta de investimentos do setor público em sistemas de tratamento faz com que os dejetos domésticos e industriais cheguem sem qualquer tratamento aos cursos d'água, comprometendo ainda mais a qualidade destes corpos hídricos (PROGESC, 1995).

Os resíduos sólidos domésticos também contribuem para o agravamento da degradação ambiental na maioria dos municípios da região. A disposição inadequada gera problemas ambientais semelhantes aqueles causados pelos depósitos de rejeitos da mineração do carvão, ou seja, comprometem a qualidade das águas através da lixiviação, provocada pela infiltração da água das chuvas.

A disposição final dos resíduos sólidos urbanos, tem sido para muitos municípios um problema de difícil solução, na medida em que normas rígidas devem ser seguidas para a definição de um local adequado para a instalação de um aterro sanitário.

Antes do início da deposição, o local deve ser preparado para receber os resíduos, de forma que estes mantenham-se isolados até a sua completa degradação. Técnicas de impermeabilização do terreno e construção de drenos para coleta de líquidos percolados são algumas das medidas que devem ser adotadas para prevenir possíveis danos ambientais. Além disso, a deposição dos resíduos deve ser feita obedecendo técnicas específicas, como a compactação e posterior cobertura dos resíduos.

Até fevereiro de 1993, o Município de Criciúma dispunha seus resíduos sólidos numa área da antiga Mina Naspolini, sob a forma de aterro controlado, o qual teve sua capacidade de recepção de resíduos esgotada.

A necessidade de implantar um novo aterro sanitário para receber os resíduos sólidos gerados pela comunidade, levou a administração

municipal a realizar estudos com o objetivo de encontrar uma área adequada dentro ou fora do município, uma vez que já era pensada a possibilidade de formalizar um consórcio, que possibilitasse a deposição dos resíduos de vários municípios em um mesmo local.

Após analisar várias áreas, e de enfrentar protestos das comunidades residentes nas proximidades, a Administração Municipal de Criciúma, respaldada por uma decisão judicial, passou a depositar seus resíduos sólidos urbanos numa área de deposição de rejeitos de carvão, onde existem antigas bacias de decantação de finos, junto ao Rio Sangão. A área pertence ao Município de Forquilha, que já depositava seus resíduos sólidos urbanos no local, sob a forma de um lixão a céu aberto. O aterro está situado na localidade de Santa Líbera, a aproximadamente 8,0 quilômetros do centro de Criciúma.

A área pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, sub-bacia do Rio Mãe Luzia, junto ao afluente Rio Sangão. Limita-se, a leste com o Rio Sangão, a sul com outra bacia de decantação já preenchida, que apresenta diques com aproximadamente dez metros acima da área utilizada para o aterro sanitário, a oeste e a norte com terrenos ainda naturais da várzea do Rio Sangão.

Além da proximidade com o perímetro urbano de Criciúma, também pesaram na decisão de instalar o aterro no local, as condições ambientais da área, já altamente degradada, resultado da presença de depósitos de rejeitos provenientes da Unidade de Concentração de Pirita da Indústria Carboquímica Catarinense S/A (ICC), que beneficiava os rejeitos piritosos (R1) produzidos na região, de modo a obter o “concentrado piritoso”, utilizado como matéria prima na produção de ácido sulfúrico e fosfórico. Neste local, o efluente líquido resultante da separação da pirita do rejeito de carvão, era enviado para lagoas artificiais, formadas por diques de rejeito compactado (bacias de decantação), onde após a separação por gravidade dos materiais finos da água, esta voltava a ser reutilizada no processo.

Estes depósitos (bacias e áreas de rejeitos), abrangem uma área de aproximadamente 120 hectares no entorno do aterro, às margens do Rio Sangão, sendo uma destas bacias, apenas parcialmente preenchida, que constitui a área de estudo.

Além disso, a existência de um lixão a céu aberto no local também orientou a decisão, uma vez que, na época, o propósito dos municípios envolvidos era adotar técnicas que possibilitassem transformar o lixão num aterro controlado, diminuindo os problemas ambientais característicos dos locais de deposição de resíduos a céu aberto. Esta decisão envolveu os Municípios de Forquilha, Criciúma e Nova Veneza, os quais passariam a depositar conjuntamente no local, ficando os encargos de administração, controle e operação com a Prefeitura Municipal de Criciúma, responsável pela deposição do maior volume de resíduos.

Atualmente, segundo dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Criciúma, são depositados no aterro cerca de 80,0 toneladas de resíduos/dia provenientes somente de Criciúma (90% do total), constituindo-se basicamente de resíduos domésticos (72,0 ton/dia), sendo que também são destinados ao aterro 7,5 toneladas de resíduos/dia provenientes do comércio, além de indústrias de calçados, metal-mecânicas e de couro. Os resíduos hospitalares, cerca de 2,0 toneladas/dia, são depositados em valas sépticas, em outro local.

O aterro controlado apresenta uma superfície de aproximadamente 12,65 hectares, sendo 6,70 hectares correspondentes à primeira bacia de decantação, onde foram depositados aproximadamente 53.000 m³ de resíduos, os quais foram totalmente recobertos com uma camada de cerca de 30 centímetros de rejeito e posteriormente com 20 centímetros de argila. Nesta parte, foi iniciado o plantio de espécies florestais nativas e exóticas para a cobertura do solo. Foram também instalados drenos para gases, constituídos de camisas metálicas deslizantes, preenchidas com brita.

Na atual área de operação (5,95 hectares), os resíduos são descarregados e empurrados para a borda do aterro por um trator de esteira e imediatamente cobertos por rejeitos de carvão. Até o momento foram destinados a este local cerca de 112.000 m³ de resíduos. A compactação realizada é resultante apenas do trânsito do trator e dos caminhões. Posteriormente é feita a cobertura com uma camada de argila de aproximadamente 20 centímetros de espessura.

A área onde está localizado o aterro é atualmente de propriedade da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, resultado de um processo de liquidação da massa falida da antiga Indústria Carboquímica Catarinense, o qual envolveu as Administrações Municipais de Criciúma e Forquilha, que receberam a área do liquidante (Petrobrás) e posteriormente a repassaram para a UNESC, através de Projeto de Lei, para que ali sejam desenvolvidos estudos e pesquisas na área ambiental, principalmente no que se refere à recuperação de áreas degradadas pelos rejeitos da mineração do carvão.

3. Justificativa

A utilização, pelos municípios da Região Carbonífera Catarinense, de áreas de deposição de rejeitos da mineração como locais para o destino final dos seus resíduos sólidos urbanos (lixo), devem ser muito bem estudadas, sob pena de agravar os problemas de degradação de uma região onde o ambiente já está seriamente comprometido.

Por outro lado, considerando a total ausência de solo e fertilidade nas áreas de deposição de rejeitos, resultado do substrato estéril que impossibilita o desenvolvimento da vegetação a curto e médio prazo, os resíduos sólidos urbanos podem vir a ser uma forma de incorporação de matéria orgânica a estes locais, desde que certos procedimentos técnicos sejam adotados no que se refere à seleção dos resíduos, e à prevenção de outros impactos ambientais.

Este trabalho analisa as influências sobre o ambiente local, resultantes da deposição dos resíduos sólidos urbanos em área contaminada pela mineração, através da análise de parâmetros indicadores, e avalia a possibilidade de um agravamento da degradação.

O presente estudo, realizado no aterro controlado que recebe o lixo de Criciúma, Forquilha e Nova Veneza, é o primeiro com o objetivo de detectar as repercussões sobre o ambiente, das interações resultantes da deposição de resíduos sólidos urbanos em área de rejeitos da mineração do carvão.

4. Objetivo

•Diagnosticar, através da análise de amostras de água superficial e do líquido percolado no corpo do aterro, as conseqüências ao ambiente da presença do aterro de resíduos sólidos urbanos (RSU), considerando um possível agravamento das condições de degradação da área, resultante da deposição conjunta dos rejeitos da mineração do carvão e dos resíduos sólidos urbanos.

CAPÍTULO 2 - Caracterização da Área de Estudo

1. Situação Geográfica

A área de estudo localiza-se na Região Carbonífera Catarinense, ao sul do Estado de Santa Catarina, no município de Forquilha, junto ao limite com o município de Criciúma, às margens do Rio Sangão, na localidade de Santa Líbera (FIG. 1).

A região apresenta um clima úmido mesotérmico, com temperaturas médias em torno de 19,2 °C e precipitação pluviométrica anual de 1.475 mm, conforme citado por PROGESC (1995).

O terreno onde está localizado o aterro tem aproximadamente 12,65 hectares e se destaca por ter sido uma bacia parcialmente preenchida, de decantação de finos gerados na lavagem dos rejeitos piritosos (R1), de uma antiga unidade de concentração de pirita da Indústria Carboquímica Catarinense - ICC.

A área localiza-se às margens do Rio Sangão, para o qual contribuem todas as drenagens superficiais existentes na área de influência do aterro.

O Rio Sangão é afluente da margem esquerda do Rio Mãe Luzia, tributário importante da Bacia do Rio Araranguá. Tem suas nascentes no limite entre os municípios de Siderópolis e Cocai do Sul, a aproximadamente 300m de altitude. Apresenta direção geral N-S, e um curso fortemente sinuoso devido a baixa declividade. No trecho em que atravessa o Município de Criciúma, a oeste da cidade, suas margens apresentam-se cobertas de rejeitos de minas de carvão, o que vem contribuindo, a longo prazo, com a degradação de suas águas. Na área do aterro, continua com sua forte sinuosidade, em altitudes em torno de 40m.

2. Geologia

A seqüência de rochas que compõe o substrato rochoso da Região Carbonífera Catarinense, pertence ao Grupo Itararé, Grupo Guatá, Grupo Passa Dois e Grupo São Bento. Dentre as várias unidades geológicas, a Formação Rio Bonito, do Grupo Guatá, é uma das mais importantes unidades estratigráficas da Bacia do Paraná, pois encerra as maiores reservas de carvão coqueificável e economicamente exploráveis do território brasileiro. Possui ainda significativas reservas de carvões energéticos e argilas passíveis de serem utilizadas na fabricação de cerâmicas (Camada Barro Branco). Além disso, pelas suas características litológicas, de extensão e potência, configura-se como a unidade aquífera mais importante da Região Carbonífera (ÁVILA, 1992).

A Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), realizou um estudo hidrogeológico numa área no entorno do aterro (UNESC, 1997), abrangendo aproximadamente 64 km², compreendendo aproximadamente o quadrilátero formado pelas localidades de Forquilha, Vila São Defende, Bairro Pinheirinho e Sangão, resultando em três mapas na escala 1: 25.000, nos quais são apresentados as características geológicas, pedológicas e de vulnerabilidade dos aquíferos da área estudada.

Os mapas elaborados por NOSSE e KREBS (1997), que ilustram o trabalho realizado pela UNESC (1997), serviram de base para aqueles apresentados neste trabalho (Figuras 2, 3 e 4), os quais apresentam as características geológicas, pedológicas e de vulnerabilidade dos aquíferos para a área do entorno do aterro.

O estudo realizado pela UNESC (1997), indica que a área onde se localiza o aterro é constituída basicamente por litótipos da Formação Palermo, que constitui a parte superior do Grupo Guatá (Fig. 2). Também faz

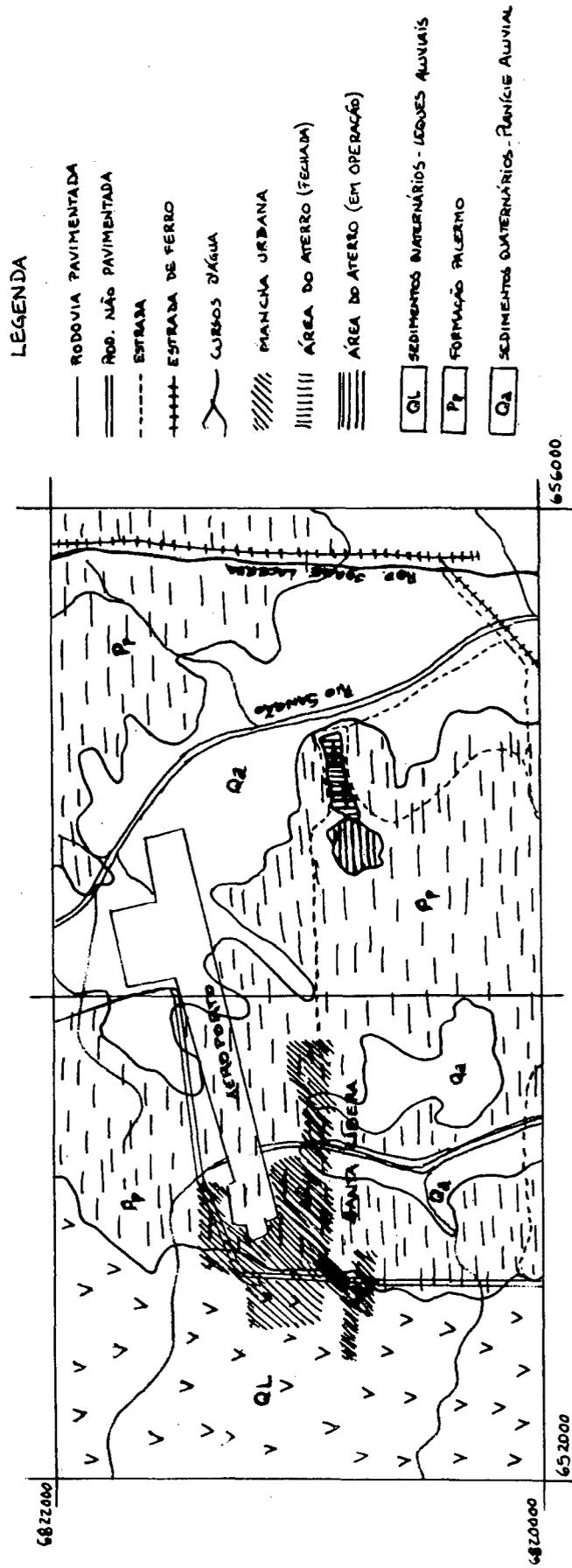
parte do contexto geológico uma pequena soleira de diabásio, pertencente à Formação Serra Geral. Junto aos principais cursos d'água ocorrem sedimentos aluviais.

A Formação Palermo é a unidade de maior expressão na área mapeada pela UNESCO (1997) (Fig. 2), apresentando, segundo o mesmo relatório, uma espessura média de 92 m, constituindo-se litologicamente, de siltitos cinza a cinza-escuro, interlaminados em direção à base, com arenitos finos, estruturados segundo ondulações "flaser", micro-cruzadas acanaladas e, não raro, com forte bioturbação; estes siltitos gradam superiormente a siltitos arenosos, cinza-escuro a cinza-esverdeado, com laminação plano-paralela, ondulada e, mais raramente, cruzada-acanalada.

Quando em afloramento, os siltitos da Formação Palermo alteram-se para argilo-minerais, e desenvolvem uma cor de alteração cinza-amarelado característica (UNESCO, 1997).

Esta formação, apresenta-se, assim, como importante fonte de material argiloso apropriado para utilização como material de impermeabilização e de cobertura de aterros de resíduos sólidos.

MAPA GEOLÓGICO



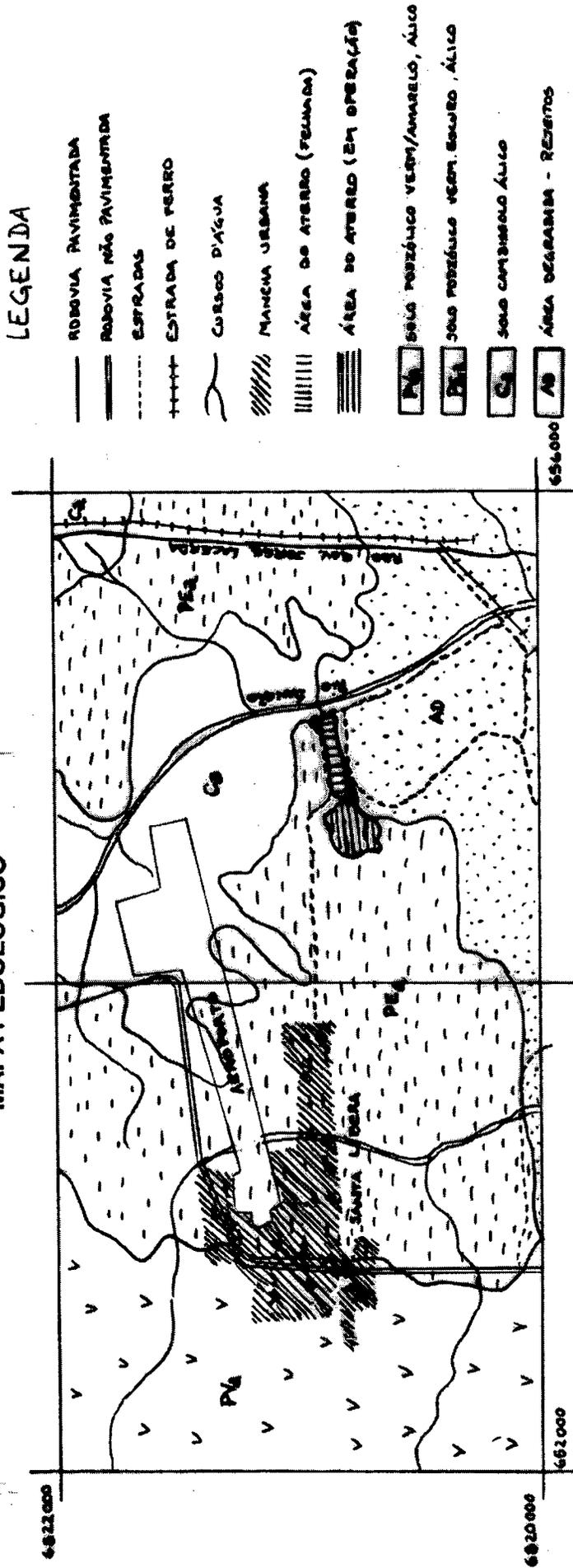
LEGENDA

- RODOVIA PAVIMENTADA
- ROD. NÃO PAVIMENTADA
- ESTRADA
- ESTRADA DE FERRO
- CURSOS D'ÁGUA
- MANCHA URBANA
- ÁREA DO ATERRO (FECHADA)
- ÁREA DO ATERRO (EM OPERAÇÃO)
- QL SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS - LAGOS ALUVIAIS
- Pp FORMAÇÃO PALERMO
- Qa SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS - PLANÍCIE ALUVIAL

ESCALA: 1:25.000

Fig. 2: Mapa Geológico da área do aterro e do entorno.

MAPA PEDOLÓGICO



LEGENDA

- RODEIO PAVIMENTADA
- RODEIO NÃO PAVIMENTADA
- ESPADAS
- ESTRADA DE FERRO
- CURSOS D'ÁGUA
- MANEJA URBANA
- ÁREA DE ATERRO (FECHADA)
- ÁREA DE ATERRO (EM OPERAÇÃO)
- PA SOLO PODZÓLICO VERMELHO/AMARELO, ÁLICO
- PE SOLO PODZÓLICO VERM. ESCURO, ÁLICO
- CA SOLO CAMBISSELO ÁLICO
- AD ÁREA DE GARAPA - RESÍDUOS

ESCALA : 1 : 25.000

Fig. 3: Mapa Pedológico da área do aterro e do entorno.

3. Caracterização dos Aquíferos

Na área mapeada (Fig. 4), baseado nos estudos realizados pela UNESCO (1997), ocorrem aquíferos subterrâneos relacionados às rochas sedimentares da Formação Rio Bonito.

Segundo os mesmos estudos, estes aquíferos são relacionados ao terço superior da Formação Rio Bonito (Membro Siderópolis). Os sedimentos quaternários correspondentes aos depósitos de planícies ou leques aluviais, freqüentes na porção oeste da área, pelo fato de possuírem pequena espessura e serem constituídos por sedimentos argilosos, não formam aquíferos importantes (UNESCO, 1997).

Litologicamente, os aquíferos relacionados ao Membro Siderópolis são constituídos por arenitos finos a médios, quartzosos, bem selecionados, porosos e permeáveis. Subordinadamente, ocorrem arenitos médios a grossos, feldspáticos, com matriz areno-argilosa, também bastante permeáveis. Intercalam-se camadas de siltitos carbonosos e carvão (UNESCO, 1997).

As camadas possuem espessuras variadas, desde alguns centímetros até mais de um metro, geometria tabular ou lenticular, aspecto maciço ou estratificação cruzada. A espessura do Membro Siderópolis nesta região, de acordo com os perfis de sondagem para carvão, é de 75m (UNESCO, 1997).

Segundo ÁVILA (1992), as águas superficiais na região encontram-se seriamente contaminadas, resultado da mineração do carvão, sem os cuidados necessários à minimização dos impactos ambientais.

MAPA DE VULNERABILIDADE DOS AQUIFEROS

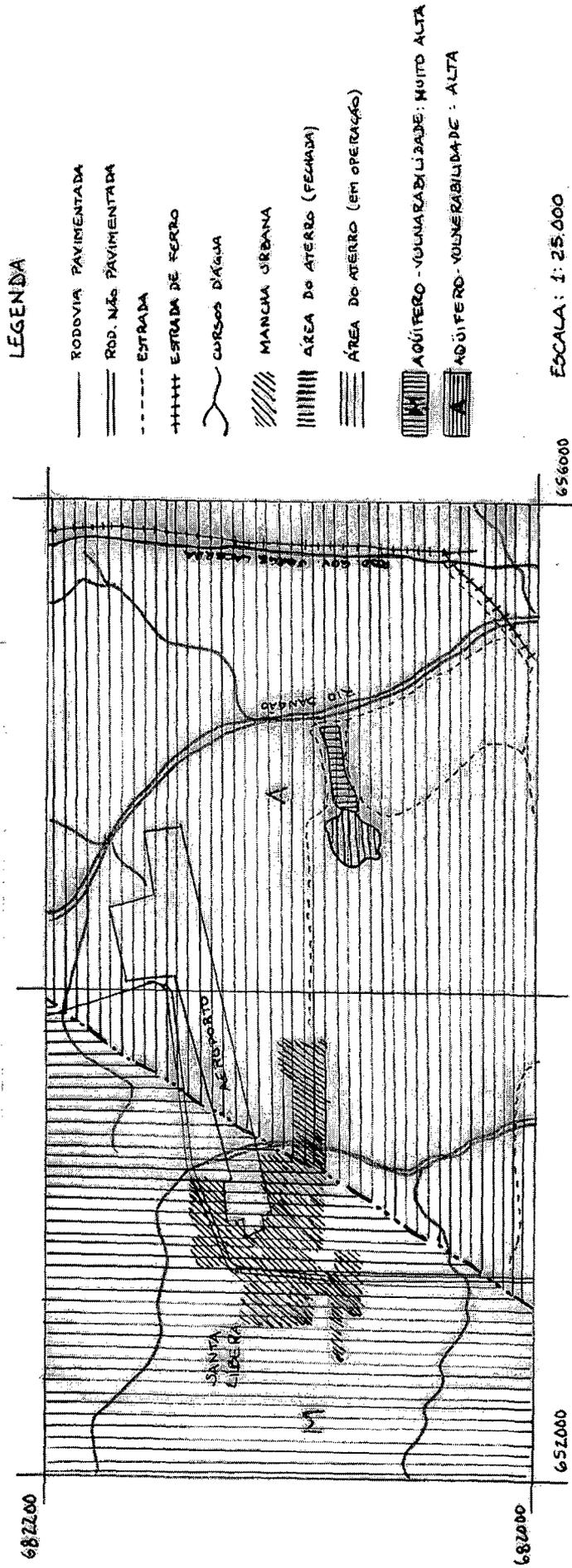


Fig. 4: Mapa de vulnerabilidade dos aquíferos da área do aterro e do entorno.

CAPÍTULO 3 - Revisão Bibliográfica

1. O Carvão

Os carvões são constituídos de uma série de compostos de origem orgânica, os macerais, originados a partir de uma massa vegetal depositada em ambientes sub-aquáticos que, sob condições anaeróbicas, sofre gradualmente transformações que a levam para os estágios de turfa, linhito, carvão (sub-betuminoso e betuminoso) e antracito, pelo enriquecimento relativo de carbono fixo, conforme citado por GOTHE (1993). A este processo de transformação dá-se o nome de carbonificação.

1.1. A Mineração e o Beneficiamento do Carvão

FERREIRA e BACCI (1991), descrevem o processo de mineração do carvão no sul de Santa Catarina, acentuando seu impacto ambiental. Segundo estes autores, a mineração do carvão no sistema de lavra a céu aberto inicia-se pela retirada da vegetação e da camada superficial do solo. O solo é removido e estocado em áreas adjacentes, ou utilizado para recomposição topográfica de lavras já concluídas. Após é feita a remoção de argilitos e folhelhos. Estas rochas são utilizadas para preenchimento de cortes anteriores onde a mineração já tenha sido concluída.

Ainda segundo estes autores, a destruição do solo e sub-solo no sistema de mineração a céu aberto, associada à disposição dos rejeitos gerados, causam sérios impactos ambientais, tais como a queda da fertilidade do solo, destruição da flora e fauna, além de alterações na topografia e inutilização de terrenos.

No sistema de lavra subterrânea, segundo FERREIRA e BACCI (1991), são abertos poços que têm como finalidade o acesso aos trabalhos de lavra. O transporte do material extraído para a superfície é feito através de correias transportadoras, e dali o mesmo vai direto para o beneficiamento.

Os autores citados acentuam que podem ocorrer alterações na topografia de áreas localizadas sobre as minas subterrâneas, devido ao fenômeno da subsidência, isto é, ao afundamento da superfície pelo desmoronamento das galerias. Naquelas galerias localizadas em profundidades inferiores ao nível dos aquíferos, e por isso constantemente inundadas, as águas são drenadas para a superfície através de bombas de recalque. Estas águas ao atingirem as redes de drenagem próximas às minas, causam sérios problemas ambientais. As águas procedentes das galerias, por serem sulfurosas, provocam a elevação das concentrações de Fe e queda dos valores do pH nas águas dos corpos hídricos receptores.

Os processos tradicionais de beneficiamento foram descritos por GOTHE (1993), que afirma: "a operação de beneficiamento do carvão surge sempre que um carvão bruto (run off mine - ROM) não apresenta a qualidade desejada para o uso a que se destina, necessitando purificação".

Segundo o mesmo autor, o beneficiamento ou lavagem do carvão bruto (saído da mina), separa o carvão das impurezas que a ele se encontram agregadas (fragmentos de outras rochas ou minerais como a pirita), gerando os rejeitos e os problemas ambientais. Este beneficiamento é realizado em JIGS, que são equipamentos destinados a separar os produtos presentes no minério bruto, saído da mina, os quais apresentam diferentes pesos específicos, através de impulsos dados a um fluxo de água que atravessa um leito sobre o qual as frações do carvão, depois de passar pela britagem, são depositadas.

O material mais leve, em geral o carvão, flutua, sendo transportado ao longo da unidade. Para separá-lo da água, são utilizadas peneiras (GOTHE, 1993).

“Com o uso de grande quantidade de água no processo de beneficiamento (de 150 a 1800 m³ / hora) e o lançamento de “águas negras”, que transportam os rejeitos finos do beneficiamento até os corpos receptores, as águas dos rios tornam-se negras, causando o assoreamento do leito (calha). A decomposição destes finos, cuja reação aumenta a acidez da água, dissolve metais e outros íons causadores de poluição química” (GOTHE, 1993, p. 45).

1.2. Os Rejeitos

De acordo com GOTHE (1993), cerca de $\frac{3}{4}$ do volume de minério de carvão extraído em Santa Catarina é constituído de rejeitos, os quais são geralmente depositados na superfície de forma inadequada, gerando sérios problemas ambientais.

A poluição gerada no processo de beneficiamento empregado nos pré-lavadores, deve-se à corrente líquida utilizada e à grande quantidade de rejeitos sólidos separados do carvão, cuja disposição, apesar do enorme potencial poluidor, foi sempre feita sem cuidados de proteção ao ambiente (GOTHE, 1993). Quando lançados diretamente nos cursos d'água, causam degradação dos recursos hídricos, como acontece em grande parte das bacias hidrográficas da Região Carbonífera Catarinense (FERREIRA e BACCI, 1991).

Associada às camadas de carvão, observa-se a presença de sulfetos metálicos que se formam como minerais sedimentários, em ambientes redutores, o que normalmente significa ambientes onde há abundância de matéria orgânica. O sulfeto mais comum é o bissulfeto de ferro sob a forma de pirita ou marcassita, cuja fórmula é FeS₂. Estes minerais, em contato com o ar e a água, liberam para o meio ambiente gases sulfurosos, compostos de ferro e ácido sulfúrico, influenciando diretamente na qualidade dos recursos hídricos, conforme salienta GOTHE (1993).

Os principais impactos gerados pelos rejeitos do beneficiamento do carvão, segundo FERREIRA e BACCI (1991), são a queda dos índices de pH, elevação das concentrações de sulfatos, sulfeto de ferro e ferro total, além do aumento de sólidos em suspensão na rede de drenagem.

Conforme comentado por PROGESC (1995), e ECP (1983), citado por GOTHE (1993), a acidificação das águas, ocorre pela decomposição da pirita quando exposta ao ar e a água, produzindo sulfato ferroso e ácido sulfúrico:



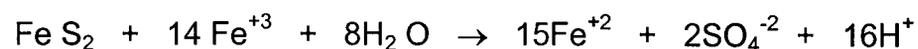
A oxidação subsequente do sulfato ferroso produz o sulfato férrico:



Segundo os mesmos autores, dependendo das condições físico químicas do meio, a reação pode gerar hidróxido de ferro ou sulfato básico de ferro e ácido sulfúrico:



Ainda segundo os autores supra citados, a pirita pode também ser oxidada pelo íon férrico:



A equação acima demonstra como ocorre a reação de oxidação da pirita, quando há pouca disponibilidade de oxigênio dissolvido (OD) na água.

Nestes casos, a pirita é oxidada pelo Fe^{+3} , conforme citado por PROGESC (1995).

Estas equações demonstram porque a drenagem de pilhas de rejeitos possui pH extremamente baixo, com altas concentrações de ferro. O teor de sólidos é elevado, e alguns metais como alumínio, zinco, chumbo, manganês e arsênio também aparecem em concentrações consideráveis. Além disso outros minerais sulfetados, associados à pirita, oxidam-se formando também ácido sulfúrico (PROGESC, 1995):



Os sólidos dissolvidos, (sulfatos e hidróxidos de ferro), reduzem o pH e favorecem a dissolução de outros materiais, aumentam a turbidez da água, reduzindo a penetração de luz, e dificultando a atividade fotossintética da flora aquática, diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido (FERREIRA e BACCI, 1991).

Ainda segundo FERREIRA e BACCI (1991), os danos imediatos aos cursos d'água, resultantes da decomposição da pirita são: a alteração do gosto e aumento da acidez da água, prejudicando a utilização na agricultura e para abastecimento público, e o assoreamento dos leitos pela alta concentração de sólidos dissolvidos.

1.3. Composição Química do Carvão

Mesmo após o beneficiamento, os carvões contém em sua composição teores variáveis de material mineral que constituem as impurezas, as quais dão origem aos rejeitos, com potencial poluidor. Os constituintes de maior importância na determinação do potencial poluidor de um carvão são as cinzas e o enxofre.

A Tabela 1 apresenta os teores de cinzas e enxofre dos carvões produzidos em Santa Catarina.

TABELA 1
TEORES DE ENXOFRE E CINZAS DOS CARVÕES ENERGÉTICOS PRODUZIDOS EM
SANTA CATARINA

| TIPO CARVÃO | PROCEDÊNCIA | % Enxofre | % Cinzas |
|-------------|------------------|-----------|----------|
| CE 5200 | CNP | 2,5 | 35 |
| CE 5200 | Lav. Capivari | 2,1 | 33 |
| CE 5200 | COCALIT | 1,9 | 34 |
| CE 4700 | CNP | 1,5 | 35 |
| CE 4700 | CNMCBB/Bonito | 2,7 | 49 |
| CE 4500 | CNP | 3,5 | 43 |
| CE 4500 | MAXLav. Capivari | 3,2 | 42 |

Fonte: DNPM (1988), citado por GOTHE (1993).

Além das características citadas acima, o carvão também possui em sua composição elementos traço, que aparecem em concentrações muito baixas, da ordem de partes por milhão (ppm).

Análises realizadas pela FUNDATEC (1987) citado por GOTHE (1993), para o carvão energético CE-4500, indicaram a presença de elementos-traço, dos quais alguns são tóxicos em concentrações muito baixas, da ordem de ppm (Tabela 2).

TABELA 2 :
CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO NO CARVÃO CE 4500

(em p.p.m. ou % quando indicado)

| ELEMENTOS | CE 4500 | ELEMENTOS | CE 4500 |
|------------------|----------------|------------------|----------------|
| Alumínio (%) | 5,2 | Ferro (%) | 2,9 |
| Arsênio | 2,8 | Magnésio | 1700,0 |
| Antimônio | 0,78 | Manganês | 124,0 |
| Bário | 7,0 | Mercúrio | 0,05 |
| Berílio | 7,0 | Níquel | 30,0 |
| Boro | 43,0 | Ouro | 0,05 |
| Bromo | 30,0 | Potássio | 9100,0 |
| Cálcio | 4300,0 | Selênio | 11,0 |
| Cádmio | 0,9 | Sódio | 730,0 |
| Chumbo | 48,0 | Titânio | 3900,0 |
| Cloro | 320,0 | Tório | 25,0 |
| Cobalto | 10,0 | Urânio | 2,5 |
| Cobre | 34,0 | Vanádio | 120,0 |
| Cromo | 74,0 | Zinco | 217,0 |
| Enxofre (%) | 2,5 | | |

(Fonte: FUNDATEC, 1987, citado por GOTHE, 1993)

Embora em baixas concentrações, o grande volume de carvão explorado, beneficiado, lixiviado e/ou queimado pode provocar teores relativamente altos destes elementos no ambiente.

De maneira geral, são considerados como indicadores de qualidade das águas lixiviadas dos depósitos de rejeitos, os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, sólidos totais, acidez, dureza (Ca e Mg), sulfatos, condutividade específica, ferro, alumínio, manganês, zinco, arsênio, cobre, cádmio, selênio, mercúrio, bário, chumbo, berílio, níquel, titânio e sódio (PROGESC, 1995).

Recente estudo realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (PROGESC, 1995), monitorou durante um ano os recursos hídricos do Município de Criciúma, com o objetivo de estabelecer um sistema de referência com registro da qualidade da água, analisando os efeitos de

descargas de poluentes industriais, de esgotos sanitários e também da lixiviação de antigas áreas mineradas, na qualidade dos principais recursos hídricos superficiais do município.

Os baixos índices de pH, e as altas concentrações de acidez, sulfatos e ferro total verificados no Rio Sangão, vizinho ao aterro objeto deste estudo, demonstraram a degradação resultante das atividades ligadas à mineração de carvão. Suas águas apresentam qualidades impróprias para uso doméstico, industrial, irrigação, recreação e dessedentação de animais (PROGESC, 1995).

O Quadro 1 apresenta os resultados obtidos pelo trabalho realizado pelo PROGESC (1995), para as águas do Rio Sangão:

| PARAMETROS | RS 1 | RS 2 | RS 3 |
|-------------------------|---------|---------|---------|
| DBO ₅ (mg/l) | 8,24 | 16,73 | 12,23 |
| DQO (mg/l) | 35,64 | 74,69 | 44,17 |
| pH | 2,68 | 2,72 | 2,74 |
| N total (mg/l) | 0,36 | 0,79 | 0,78 |
| Sulfatos (mg/l) | 1489,77 | 1683,03 | 1572,57 |
| Pb (mg/l) | 0,01 | 0,05 | 0,00 |
| Fe total (mg/l) | 187,67 | 227,04 | 207,46 |
| Mn (mg/l) | 4,95 | 4,78 | 5,47 |
| Zn (mg/l) | 3,63 | 3,42 | 3,79 |

**Quadro 1 - Qualidade das águas superficiais – Rio Sangão
(PROGESC, 1995)**

Além disso, as águas e chuvas ácidas resultantes da auto-combustão, lixiviação e drenagem em áreas de disposição de rejeitos de beneficiamento e áreas de mineração a céu aberto, têm influência sobre os solos adjacentes, contribuindo efetivamente para o abaixamento do seu pH.

Deve-se salientar que apenas a acidez não afeta a sobrevivência e o crescimento das plantas. As alterações na acidez determinam a concentração de elementos tóxicos como o manganês, alumínio e ferro, que se tornam mais facilmente assimiláveis pelas plantas do que os elementos

essenciais. Por outro lado, em pH de 5,5 a 7,0, diminui a concentração de elementos tóxicos enquanto que nutrientes essenciais tornam-se disponíveis.

2. Os Resíduos Sólidos Urbanos - RSU

2.1. Conceito

Resíduos sólidos são os resíduos em estado sólido ou semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível (ABNT, NBR 10004/87).

Para efeito deste trabalho, *resíduos sólidos urbanos (RSU)* são aqueles gerados num aglomerado urbano, excetuados os resíduos industriais perigosos, hospitalares sépticos e de aeroportos e portos (ABNT, NBR 8419/84).

Em outras palavras, resíduos sólidos urbanos podem ser definidos como uma massa heterogênea de restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, parte dos quais podem ser reciclados ou parcialmente utilizados, gerando entre outros benefícios, economia de energia e a preservação de recursos naturais (PEREIRA NETO, 1996).

2.2. Classificação

Os resíduos sólidos são classificados pela ABNT, quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, através da Norma Técnica NBR 10004 (1987), para que os mesmos possam ter manuseio e

destinação adequados. Esta Norma não regulamenta os resíduos radioativos, pois estes são de competência da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

De acordo com a NBR 10004 (1987), os resíduos são classificados em:

a) Resíduos classe I - Perigosos: apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

b) Resíduos classe II - Não Inertes: são aqueles que não se enquadram na classificação de resíduo classe I, e podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

c) Resíduos classe III - Inertes: são os resíduos que, quando amostrados de forma representativa (NBR 10007), e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplo pode-se citar rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

2.3. Os RSU no Brasil

Segundo AZEVEDO (1997), no país são produzidas diariamente cerca de 242 mil toneladas de resíduos, sendo que apenas 24% dos resíduos gerados recebem alguma forma de tratamento; destes, 10% são dispostos em aterros sanitários, 9% são tratados em usinas de reciclagem, 0,1% são incinerados e 13% são dispostos em aterros controlados. Os restantes 76% são dispostos inadequadamente em lixões a céu aberto (IBGE, 1991), constituindo-se em focos constantes de poluição e contaminação ambiental,

sendo também agentes diretos e/ou indiretos da deterioração da qualidade de vida e da saúde pública.

A composição percentual média dos resíduos sólidos no Brasil é a seguinte (AZEVEDO, 1997):

| | |
|-------------|-------|
| -vidro | 3,0% |
| -papel | 25,0% |
| -metais | 4,0% |
| -plástico | 3,0% |
| -outros (*) | 65,0% |

(*) Resíduos domésticos em geral, trapos, madeira, materiais não recicláveis.

2.4. Redução, Reutilização, Reciclagem

A escassez de recursos naturais e energéticos e a nova ordem ambiental e econômica que está se estabelecendo no mundo moderno, têm feito com que práticas produtivas e a relação homem/ambiente sejam repensadas. Novas estratégias de desenvolvimento econômico e social, compatibilizadas com a preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida são buscadas. Em relação aos resíduos sólidos, tal situação tem feito com que o gerenciamento seja direcionado para os seguintes aspectos (AZEVEDO, 1997):

“Redução: reduzir a geração de resíduos, passa necessariamente por uma mudança de conceitos e hábitos relacionados à produção e ao consumo. Reduzir a produção de resíduos significa reduzir o desperdício, já que o lixo é um subproduto das mais diversas atividades humanas. A minimização da geração de resíduos pode ser conseguida através de alterações nos processos produtivos (métodos de processamento e matérias primas); de mudanças de atitudes, hábitos e comportamentos ligados ao consumo, da produção de resíduos (educação ambiental); do emprego de tecnologias limpas (produtos/resíduos biodegradáveis e/ou reutilizáveis); de medidas políticas (legislação específica para o setor).

Reutilização e Reciclagem: a reciclagem ou recuperação dos materiais presentes no lixo urbano, propicia a reutilização destes produtos como matéria

prima para a indústria, caso dos materiais inertes como papel, papelão, plástico, vidro, metais, ou como insumo agrícola através da utilização do composto orgânico, obtido através do tratamento da fração orgânica por compostagem” (AZEVEDO, 1997. p.2.).

2.5. Aterro Sanitário

No decorrer da evolução, a humanidade desenvolveu diferentes formas de adaptação e comportamento frente ao meio ambiente. A medida que o homem evoluiu, a população do planeta multiplicou-se e o volume de resíduos gerados passou a representar um grande problema.

O homem, em sua evolução, tem produzido avanços e retrocessos na forma de tratar os resíduos resultantes dos seus afazeres cotidianos. Até o renascimento, onde inclusive os palácios reais não possuíam instalações sanitárias, seus dejetos não tinham destinação adequada. Sabe-se que a ocorrência de grandes epidemias estavam vinculadas ao destino inadequado dos resíduos gerados pela população, os quais acumulavam-se indiscriminadamente no seu meio.

Com a evolução da ciência, o homem identificou nos resíduos por ele gerados uma fonte de diversas doenças e de seus vetores, passando a destiná-los para locais determinados, afastados do seu ambiente, sob a forma do que hoje se convencionou chamar de “lixões a céu aberto”, ainda existentes em muitos municípios. Posteriormente estes lixões evoluíram para instalações ambientalmente mais seguras, denominadas aterros sanitários.

– “Aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, é uma técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível, e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada da terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores se for necessário” (ABNT, 1984).

Num conceito mais atual, segundo TCHOBANOGLIOUS et al. (1994), aterros sanitários são instalações físicas utilizadas para a deposição, sobre a superfície terrestre, dos rejeitos procedentes dos resíduos sólidos urbanos, após terem estes passado por processos de seleção para reutilização e reciclagem.

Segundo o mesmo autor, historicamente, os aterros têm sido o método mais econômico e ambientalmente mais aceitável para a deposição dos resíduos sólidos em todo o mundo. Nos Estados Unidos, inclusive com a implantação da redução dos resíduos, da reciclagem e das técnicas de transformação, a deposição em aterros continua sendo um componente importante dentro de uma estratégia para a gestão integral de resíduos sólidos.

Ainda segundo TCHOBANOGLIOUS et al. (1994), um aterro sanitário é uma obra de engenharia destinada à recepção dos resíduos sólidos urbanos, projetada para minimizar os impactos ao ambiente e à saúde pública.

Segundo CASTILHOS Jr. (1991) e ELLERT et al. (1986), na maior parte dos países, os aterros sanitários constituem-se em instalações submetidas a regras cada vez mais rígidas quanto à escolha do local (condições geológicas locais), às condições de operação, à natureza dos resíduos, à proteção das águas subterrâneas e superficiais, enfim, ao monitoramento dos impactos que causam ao meio ambiente.

CASTILHOS Jr. (1991), refere que os resíduos sólidos urbanos acumulados de maneira contínua no ambiente não são inativos, sofrendo influência de agentes naturais como a chuva e os microorganismos. A degradação dos componentes orgânicos e inorgânicos dos resíduos sólidos é um fenômeno resultante da ação conjunta de mecanismos físicos, químicos e biológicos, que conduzem à geração de compostos gasosos e ao carreamento pela água dos produtos da degradação, originando o chorume e o biogás, vetores de diferentes tipos de poluição.

A composição do chorume é influenciada por vários fatores, entre os quais a massa de resíduos solubilizáveis (composição dos resíduos), o tamanho das partículas, a pluviometria, o tempo de deposição e a espessura da camada de resíduos. (CASTILHOS Jr., 1991).

O aterro sanitário, dentro de um sistema moderno de gestão de resíduos sólidos, é visto como sendo uma solução imprescindível, porém destinado a receber os rejeitos dos processos anteriores de tratamento (reutilização, reciclagem e compostagem), e não mais a totalidade dos resíduos gerados (AZEVEDO, 1997).

2.6. A Co-disposição de RSU e Resíduos Industriais

POHLAND e GOULD (1979), concluíram que em aterros contendo resíduos domésticos e industriais, os metais e não metais, serão livres para migrar através do aterro dependendo da sua concentração relativa, da presença ou não de outras substâncias para interações físico-químicas do pH, e das reações de oxidação e redução no ambiente do aterro. No caso dos metais pesados, enfatizam a importância dos sulfatos no processo de atenuação e estabilização.

Simulações com resíduos de refinaria de petróleo e de indústria de baterias, os quais continham metais como cobre, ferro, mercúrio, cádmio, chumbo, antimônio, além de amianto, foram realizados por SWARTZBAUGH et al (1984), em Ohio (EUA), nos quais foi observado que o processo de produção dos percolados (chorume) foi inibido. As observações feitas nos experimentos com resíduos de indústria de baterias, indicaram que o líquido percolado apresentava uma concentração de poluentes maior do que naqueles contendo somente resíduos domésticos. Isto seria uma indicação dos problemas potenciais que podem ocorrer em aterros semelhantes, e da necessidade de estudos mais aprofundados antes da decisão de depositar conjuntamente tais resíduos.

WALSH e KINMAN (1978), construíram um aterro simulado com a finalidade de verificar o comportamento dos resíduos sólidos sob condições controladas. Um dos objetivos era verificar o efeito da deposição conjunta de vários rejeitos industriais e resíduos sólidos urbanos, e as conseqüências na decomposição dos resíduos urbanos.

Os resíduos industriais estudados foram: resíduos de petróleo (lama de refinaria), resíduos de indústria de baterias, resíduos de eletro-galvanização, pigmentos inorgânicos, resíduos de solventes e tintas, lama de indústria de produtos clorados, além de esgoto orgânico e carbonato de cálcio (CaCO_3).

Os resultados indicaram que:

-os experimentos onde foram adicionados aos resíduos urbanos, resíduos de petróleo, de indústria de baterias, pigmentos inorgânicos e de eletro-galvanização, apresentaram elevação do pH em relação à “testemunha” que só continha resíduos sólidos urbanos, provavelmente por efeitos tóxicos sobre os microorganismos que decompõe a matéria orgânica, resultando numa menor produção de ácidos;

-a análise de sólidos totais no líquido percolado indicou que os resíduos de indústrias de produtos clorados e de eletro-galvanização apresentaram valores de sólidos totais maiores que a “testemunha”, provavelmente causados pela redução das taxas de solubilização, resultante do decréscimo na atividade biológica e pela diminuição dos níveis de inorgânicos hidrossolúveis;

-Resíduos sólidos urbanos, depositados juntamente com CaCO_3 , resíduos de indústria de baterias e de petróleo, apresentaram taxas reduzidas de COT (carbono orgânico total) no líquido percolado, comparadas com a “testemunha”, provavelmente pela influência destes resíduos nos mecanismos químicos e biológicos de produção do percolado;

-a DQO (demanda química de oxigênio) foi detectada em taxas reduzidas para os experimentos com CaCO_3 , resíduos de petróleo, de indústria de baterias e pigmentos inorgânicos, resultados similares ao da “testemunha”. Os experimentos com resíduos de indústria de baterias e CaCO_3 apresentaram as menores taxas de DQO e COT quando comparadas à “testemunha”.

-presença de Fe: os experimentos que testaram resíduos de eletro-galvanização, pigmentos inorgânicos, de indústria de produtos clorados e de solventes e tintas, juntamente com resíduos sólidos, apresentaram valores de ferro menores no percolado, que aquele que continha somente resíduos sólidos. Experimentos com esgotos apresentaram valores de Fe maiores que a “testemunha”;

-presença de Pb: resíduos sólidos depositados conjuntamente com CaCO_3 , resíduos de petróleo, de indústria de baterias, pigmentos inorgânicos e de solventes e tintas, apresentaram percolado com altas taxas de chumbo em comparação com a “testemunha”;

-presença de Ni: resíduos de eletro-galvanização e de indústria de produtos clorados apresentaram valores de níquel maiores que a “testemunha”;

-presença de Cd: somente o experimento com resíduos de indústria de baterias apresentou valores de cádmio superiores à “testemunha”;

-presença de Zn: todos os experimentos apresentaram taxas semelhantes ou menores que a “testemunha”, para o zinco;

-presença de Hg: O experimento com resíduos de indústria de cloro apresentou uma taxa de mercúrio duas vezes maior que a “testemunha”, o que já era previsto, pois o processo de produção utiliza células de mercúrio. Os experimentos com outros resíduos apresentaram taxas semelhantes à “testemunha”.

BROMLEY (1980), realizou estudo para verificar as interações entre resíduos sólidos urbanos e resíduos industriais, e concluiu que:

-resíduos contendo metais pesados, quando dispostos conjuntamente em locais com presença de rochas calcáreas, tendem a ser neutralizados e não causarem impactos ao ambiente;

-mercúrio na presença de resíduos putrescíveis (matéria orgânica), tende a formar sulfetos insolúveis;

-resíduos domésticos em presença de óleos, e outros hidrocarbonos halogenados, podem retê-los por adsorção, em quantidades limitadas;

-o líquido percolado resultante da decomposição de resíduos domésticos, quando em presença de ácidos, atua como substância "tampão", isto é, tende a manter o pH estável;

Conforme BROMLEY (1980), a principal vantagem de um aterro bem controlado, é que é possível, através dos processos químicos, físicos e biológicos internos ao aterro, reduzir em parte ou completamente um perigo potencial de contaminação das águas oriundo de resíduos tóxicos nele depositados.

NEWTON (1977), realizou estudos-piloto para avaliar a lixiviação de resíduos industriais em aterros simulados. Estudou a influência de três resíduos industriais sobre a decomposição dos resíduos domésticos: emulsão água/óleo, resíduo de tratamento térmico com cianeto e lama de hidróxidos metálicos contendo Ni, Cr e Fe, e concluiu que:

-a decomposição dos resíduos domésticos deu origem a um percolado típico. Nos diferentes experimentos com resíduos industriais, a composição do percolado não foi alterada com exceção no caso da presença do cianeto, indicando baixa solubilidade dos metais.

-a quantidade de cianeto lixiviada em três anos foi de 3% do total. A máxima concentração no percolado foi de 270 mg/l, mas isso talvez em função da elevada taxa de percolação, provocada artificialmente no experimento. Sob condições naturais, as concentrações medidas não excederam 7 mg/l.

2.7. Impactos ao Ambiente

HAM e BROOKTER (1982), desenvolveram um trabalho com o objetivo de determinar a decomposição de resíduos sólidos através de simulações em lisímetros, os quais foram monitorados durante sete anos, em Madison, Wisconsin (EUA). Foram construídos oito lisímetros, os quais foram preenchidos com resíduos sólidos triturados e não triturados, com e sem cobertura de solo. Os dados monitorados foram: volume do percolado, taxa de escoamento superficial e composição dos gases, e as conclusões foram:

-A cobertura dos resíduos com solo aumentou a taxa de escoamento superficial mas diminuiu a evapotranspiração;

-Os resíduos triturados produziram um percolado mais concentrado do que os não triturados, quando aterrados em condições semelhantes;

-A ausência de cobertura de solo produziu grande quantidade de percolado, sendo que o volume diminuía rapidamente após o pico de precipitação;

-Os resíduos triturados sem cobertura de solo produziram um percolado com menor DQO, do que os mesmos resíduos, triturados ou não triturados, com cobertura de solo;

-Dobrando a profundidade, praticamente dobrou a taxa de DQO do percolado.

2.7.1. A Produção de Líquidos Percolados (Chorume)

Os aterros sanitários podem acumular volumes importantes de líquidos percolados, apesar dos procedimentos operacionais utilizados para limitar o fluxo destes efluentes. Os principais fatores que afetam a geração dos percolados são: a precipitação, a infiltração, o escoamento superficial, a evapotranspiração e a capacidade de retenção de água dos resíduos (CASTILHOS, 1991).

- Precipitação: constitui a principal fonte de líquidos percolados nos aterros. É caracterizada pela intensidade, frequência e duração, expressa em milímetros de água por unidade de tempo.

- Escoamento superficial: é a água que escorre na superfície do aterro sem infiltrar. Sofre influência da topografia do terreno, tipo de solo, e da presença ou não de cobertura vegetal.

- Evapotranspiração: é o volume de água que evapora através da transpiração das plantas. Este fenômeno se manifesta quando a cobertura do aterro apresenta-se com vegetação, reduzindo o volume de percolados. É influenciado pela temperatura e umidade do ar.

- Infiltração: é o fluxo de água que atravessa o aterro. É influenciada pelas características do material de cobertura (porosidade), dos resíduos, e pelas condições de drenagem.

- Capacidade de retenção de água: a água da chuva infiltrada num aterro sanitário provocará a umidificação dos resíduos até sua máxima

capacidade de retenção, além da qual, volumes importantes de percolado podem se formar.

Ainda segundo CASTILHOS (1991), as variações de composição dos percolados são relativamente bem estudadas, todavia uma composição “standard” do percolado é difícil de ser estabelecida, sendo que os resultados numéricos que a literatura pode nos fornecer são válidos para aterros sanitários específicos.

GARLAND e MOSHER (1975), citado por CASTILHOS (1991), apresenta as variações de alguns elementos e parâmetros, em análises realizadas em líquidos percolados de aterros sanitários (Quadro 2).

| PARÂMETROS | | VALORES | | |
|------------------|--------|---------|---|--------|
| pH | | 3,7 | - | 8,5 |
| DQO | (mg/l) | 40 | - | 89.500 |
| DBO ₅ | (mg/l) | 40 | - | 33.400 |
| Sólidos tot. | (mg/l) | 0 | - | 59.200 |
| Fosfato | (mg/l) | 0 | - | 130 |
| Mn | (mg/l) | 0,09 | - | 120 |
| Fe | (mg/l) | 0 | - | 2.800 |
| Zn | (mg/l) | 0 | - | 370 |
| Cu | (mg/l) | 0 | - | 1,0 |
| Pb | (mg/l) | >0,05 | - | 2,0 |
| Sulfatos | (mg/l) | 1,1 | - | 1.558 |

Quadro 2 :Composição dos líquidos percolados de aterros Sanitários.

2.7.2. A Produção de Biogás

Segundo CASTILHOS (1991), a produção do biogás nos aterros sanitários é afetada por numerosas variáveis, entre as quais podemos citar:

- “Natureza dos resíduos e tamanho das partículas: A redução do tamanho das partículas contribui para o acréscimo da produção de gás em função do aumento da superfície do substrato disponível para a atividade enzimática.

- Umidade: o teor de umidade influencia fortemente a degradação dos resíduos e a geração de biogás. Vários autores indicam um teor de umidade ótimo variando de 40 a 80%.

- Temperatura: a temperatura influencia a atividade enzimática das bactérias. Estudos demonstram que as temperaturas ideais para a produção gasosa se situam entre 30 e 40^o C para a zona mesófila. Para a zona termófila as temperaturas ideais estão compreendidas entre 60 e 65^o C.

A temperatura é dificilmente controlável no caso dos aterros sanitários, sendo influenciada pela atividade bacteriana e a temperatura ambiente.

- pH e nutrientes: as bactérias anaeróbias suportam geralmente valores de pH entre 6 e 8, mas para a produção do metanol é ideal um pH próximo a 7. No que se refere às substâncias nutritivas, os microorganismos têm necessidade destes elementos, que estão geralmente contidos nos resíduos urbanos” (CASTILHOS, 1991. p. 29 ;30.).

CAPÍTULO 4 - O Aterro de Forquilha

1. A Relação Homem x Ambiente x Resíduos

No século XIX, com o início da era industrial, a sociedade passa a se desenvolver acreditando num crescimento ilimitado da produção, o que favorece o consumo sem restrição. A partir de meados do século passado, o mundo desenvolve-se sem a preocupação com os recursos naturais, tendo como base que estes são inesgotáveis, e gerando toda uma tecnologia de transformação destes recursos em bens de consumo. Está criado um ciclo vicioso em que quanto mais produção, maior o consumo e tecnologias mais avançadas com o objetivo de acelerar a transformação e aumentar a produção (DOMÉNECH, 1994).

Atualmente este modelo de desenvolvimento passa a ser repensado, buscando estratégias de evolução econômica e social, que estabeleçam uma nova postura do homem diante do ambiente. O desenvolvimento de novas tecnologias volta-se para práticas produtivas que visam compatibilizar a preservação ambiental com a melhoria da qualidade de vida do homem.

Os resíduos sólidos constituem um dos maiores desafios enfrentados pelo mundo moderno. Este fato está associado a diversos fatores, como (AZEVEDO, 1997):

- o aumento acentuado da geração e alteração na composição dos resíduos verificados nas últimas décadas, como resultado da mudança nos padrões de produção e consumo, bem como nos processos econômicos e sociais;

- a escassez de áreas para a disposição dos resíduos no solo, como consequência da expansão urbana e da existência de leis ambientais mais severas, que têm limitado e direcionado certas práticas produtivas, como também restringido a disposição inadequada de resíduos no meio ambiente.

Segundo KUHLEN (1995, p. 16) “a era industrial tem se caracterizado pela cisão entre o ciclo ecológico e o econômico. Mas, ainda assim, o sistema econômico é totalmente enraizado num sistema físico com o qual troca matéria e energia, embora as teorias econômicas tradicionais ignorem e proponham a circularidade do processo de produção e consumo”.

Este modelo econômico funciona num sistema fechado de absorção de matéria e energia, e geração contínua de resíduos (gases, águas servidas e resíduos sólidos), causando impactos ao ambiente quando estas substâncias são reintegradas ao meio natural (KUHLEN, 1995).

“Os sistemas de limpeza urbana são o complemento dos sistemas de abastecimento de bens de consumo. Para obter-se bens de consumo, os recursos são extraídos, tratados ou processados, armazenados e distribuídos aos consumidores. Após sua utilização se estabelece o processo inverso. Os rejeitos ou resíduos sólidos devem ser coletados, concentrados, transportados, tratados e dispostos na natureza. Por isto constituem-se em preocupação cotidiana dos gestores das coletividades e defensores do meio ambiente” (KUHLEN, 1995. p. 17).

O aterro controlado objeto deste trabalho, localizado no Município de Forquilha, surgiu de um acordo firmado entre as administrações municipais, em 1993, quando passou a receber também os resíduos oriundos de Criciúma e de Nova Veneza, o que representou um aumento de mais de 1500% no volume de resíduos depositados no local.

A população residente próxima ao aterro em nenhum momento foi consultada sobre a instalação do mesmo nas imediações de suas residências.

Uma pesquisa domiciliar (Anexo I), aplicada junto à população residente próxima ao aterro, realizada pelo Núcleo de Pesquisas em Educação Ambiental (NUPEAM) da Universidade do Extremo Sul Catarinense, entrevistou em maio/97, 116 moradores sobre a presença do aterro, obtendo os seguintes resultados:

- 65% dos entrevistados (76 pessoas) indicaram o mau cheiro como o problema mais freqüente provocado pelo aterro;

- 42% (49 pessoas) reclamaram da grande quantidade de insetos;

- 83% (97 pessoas) não tem conhecimento de como funciona um aterro sanitário;

- 92% (107 pessoas) é favorável à instalação de um aterro sanitário, caso este venha resolver definitivamente o problema do mau cheiro e dos insetos.

Outras respostas relacionam a presença do aterro nas proximidades com doenças respiratórias e de pele, principalmente em crianças.

Outro problema também apontado pelos moradores do Distrito de Santa Líbera, com possíveis repercussões sociais e de saúde pública, e também gerado pelo descaso na operação do aterro, é a utilização do mesmo como meio de sobrevivência de um grupo de pessoas, que buscam no lixo, mesmo sob condições adversas e de alto risco, uma fonte de renda, através da catação e seleção de materiais passíveis de comercialização.

A construção de cercas, a manutenção de um vigia na área do aterro, e a cobertura imediata dos resíduos logo após o descarregamento seriam formas simples e eficientes de resolver o problema da presença de pessoas na área do aterro.

Além disso, a adoção pelos municípios envolvidos de um sistema de coleta seletiva de lixo, separando previamente os materiais passíveis de reutilização e reciclagem, e o encaminhamento do produto coletado para um local adequado, também seria uma forma de eliminar os catadores na área do aterro, além de proporcionar uma forma mais digna e saudável de trabalho para aquelas pessoas que retiram do lixo o seu sustento e de suas famílias.

2. A Administração Pública e os RSU

No caso do Brasil, segundo AZEVEDO (1997), a falta de uma política nacional de saneamento, que não só defina diretrizes técnicas e financeiras, como também contemple aspectos relativos à sustentabilidade dos processos de gestão de resíduos, aliados à falta de interesse e vontade política e principalmente ao descaso público referentes aos problemas ambientais, sociais e de saúde pública relacionados aos resíduos sólidos, têm contribuído para o drástico quadro em que se encontra o gerenciamento dos resíduos sólidos no país.

No Brasil, “o sistema de saneamento básico é vulnerável e deficitário. Na zona urbana, 73 milhões de habitantes não têm acesso à rede de esgotos, 13 milhões não são beneficiados por abastecimento de água, e cerca de 34 milhões de pessoas não têm acesso à coleta de lixo” (Annichino 1993, citado por KUHNNEN, 1995. p. 16).

No caso do aterro controlado objeto deste trabalho, durante o período em que operou sob a responsabilidade da Prefeitura Municipal de Criciúma, através da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, várias providências foram tomadas no sentido de melhorar as condições técnicas do aterro, como a construção um de canal contornando a área de deposição, com o objetivo de desviar as águas pluviais, evitando a infiltração para o corpo do mesmo, a cobertura diária dos resíduos e um controle razoável sobre a área com a presença permanente de um guarda no local.

A partir do início de 1997, quando uma reforma administrativa na Prefeitura Municipal de Criciúma transferiu a responsabilidade de operação do aterro para a Secretaria de Obras, vários problemas passaram a ocorrer no local. A freqüente transferência dos equipamentos necessários para a operação de cobertura dos resíduos para outros locais, provocou por várias vezes o acúmulo de grandes volumes de resíduos a descoberto, gerando todos os problemas que isto acarreta, e o protesto da população residente nas proximidades, bem como da Prefeitura Municipal de Forquilha.

A decisão política de retirar da Secretaria de Meio Ambiente a responsabilidade de operação do aterro foi o fato gerador de todos os problemas que se seguiram, fazendo vir a tona uma questão comum à maioria das administrações municipais no Brasil: os interesses políticos se sobrepondo ao interesse público e ao bem comum.

A equipe da Secretaria de Meio Ambiente, formada por elementos com formação técnica adequada para trabalhar com a problemática ambiental e desde o início envolvida com as questões específicas ligadas ao aterro, foi relegada a um segundo plano, ficando subordinada à Secretaria de Obras, cujas prioridades, não raro, esbarravam nas exigências ligadas às questões ambientais levantadas por seus técnicos.

Numa outra iniciativa que demonstra a pouca importância dada às questões ambientais, o Poder Público Municipal enviou, e teve aprovado pela Câmara Municipal, um projeto de lei que retirou da comunidade a garantia de participação na resolução das questões ambientais. O Conselho Municipal de Meio Ambiente, formado por representantes da população e de entidades da comunidade, foi transformado, por esta lei, de órgão deliberativo em órgão consultivo. Atualmente as decisões do Conselho só são consideradas quando não contrariam os interesses da Administração Municipal.

O resultado destas decisões equivocadas, amplamente noticiado pela imprensa local, foi a invasão do aterro por aves atraídas pelos resíduos

acumulados e sem cobertura, provocando riscos para o aeroporto localizado em área próxima e a proliferação de insetos que invadiram as residências do distrito de Santa Líbera, distante aproximadamente 1 km do aterro. Além disso, o aterro passou a ser freqüentado por pessoas que fazem da catação do lixo uma forma de sobrevivência, gerando um problema social e de saúde pública para o município.

CAPÍTULO 5 - Metodologia

1. Definição da Metodologia

A metodologia adotada baseou-se em pesquisas e trabalhos desenvolvidos por vários autores, uma vez que nenhum trabalho similar foi encontrado na literatura pesquisada. Optou-se por trabalhar com análises da qualidade das águas superficiais, coletadas no entorno do aterro e no Rio Sangão, bem como caracterizar o líquido percolado no corpo do aterro, através de coleta de amostras realizadas através de poços instalados no mesmo.

As coletas foram realizadas em intervalos médios de quinze dias, no período de novembro de 1996 a abril de 1997. A figura 5 apresenta o fluxograma metodológico adotado:

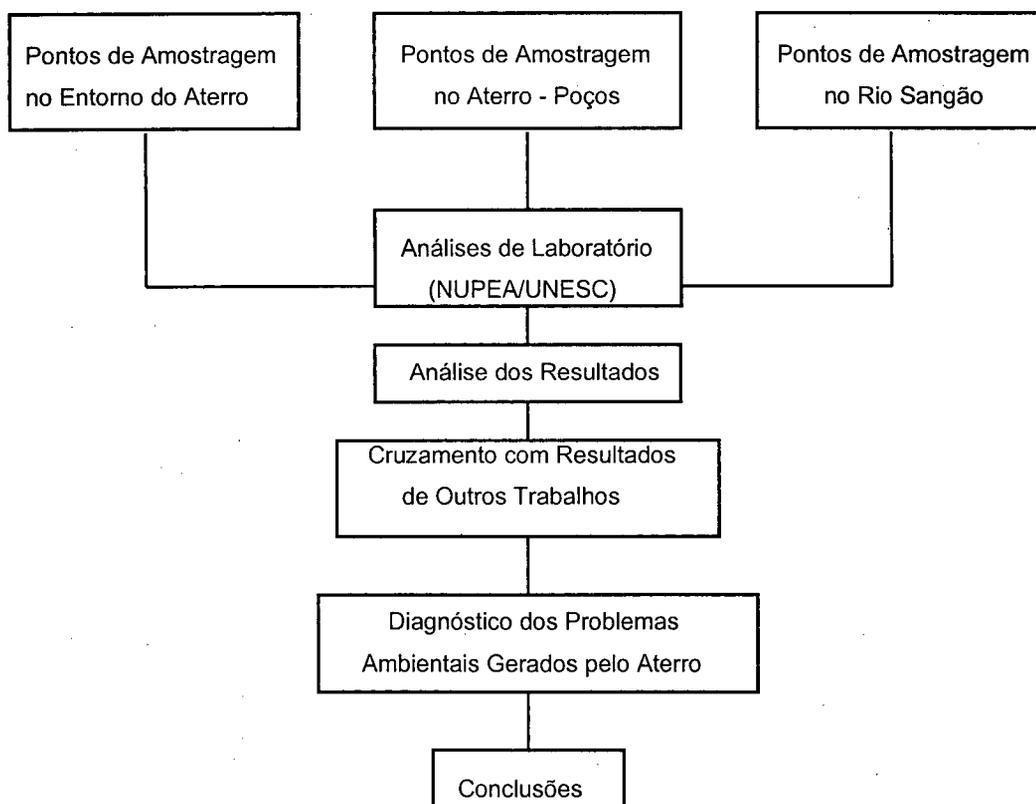


Fig. 5 - Fluxograma metodológico do trabalho

-Pontos de Amostragem no Entorno do Aterro: três pontos de coleta de amostras de água superficial, em cotas superiores às do aterro. Nestes pontos foi coletada uma única bateria de amostras, no início do período de observação.

-Pontos de Amostragem no Aterro - Poços: em número de quatro, instalados no corpo do aterro, permitiram a coleta de líquido percolado (chorume). Foram coletadas dez baterias de amostras durante o período do trabalho.

-Pontos de Amostragem no Rio Sangão: instalados em três locais, um à montante em relação ao aterro, e dois à jusante, permitiram a coleta de amostras de água do rio. Nestes pontos foram coletadas dez baterias de amostras no período de observação.

-Análises de Laboratório: foram realizadas no laboratório do Núcleo de Pesquisas Ambientais (NUPEA) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), em Criciúma.

-Análise dos Resultados: estudo dos resultados das análises de laboratório.

-Cruzamento com Resultados de Outros Trabalhos: comparação dos resultados obtidos para os parâmetros analisados, com os resultados de outro trabalho de avaliação da qualidade das águas superficiais da região (PROGESC, 1995). O trabalho realizado pelo PROGESC (1995), amostrou, entre outros, as águas do Rio Sangão em três pontos no trecho em que este corta o Município de Criciúma, no período de setembro/94 a agosto/95. As amostras foram também analisadas no laboratório do NUPEA/UNESC. Os mesmos protocolos analíticos serão seguidos para a realização das análises do presente trabalho.

-Conclusões e Recomendações: concluir sobre as influências da presença do aterro e suas consequências ao ambiente, bem como recomendar ações no sentido de minimizar os problemas detectados, se for o caso.

2. Pontos de Amostragem

Os pontos de coleta de amostras utilizados durante este trabalho, estão localizados no mapa da área do aterro, elaborado pela UNESCO (1997), apresentado no encarte.

2.1. Coleta de Amostras no Entorno do Aterro

Para a caracterização das condições ambientais do entorno, foram coletadas amostras de água superficial em três pontos, localizados em cotas superiores ao aterro (Figs. 6 e 7).

Os pontos 1, 2 e 3, estão localizados, respectivamente, a uma distância aproximada de 70, 130 e 100 metros, ao sul do aterro, sobre antigas bacias de decantação preenchidas, e próximos a pilhas de rejeitos.

Os resultados das análises destas amostras permitirão, em tese, estimar as condições do ambiente anteriormente à instalação do aterro, quando a área servia apenas de depósito do rejeito de carvão.

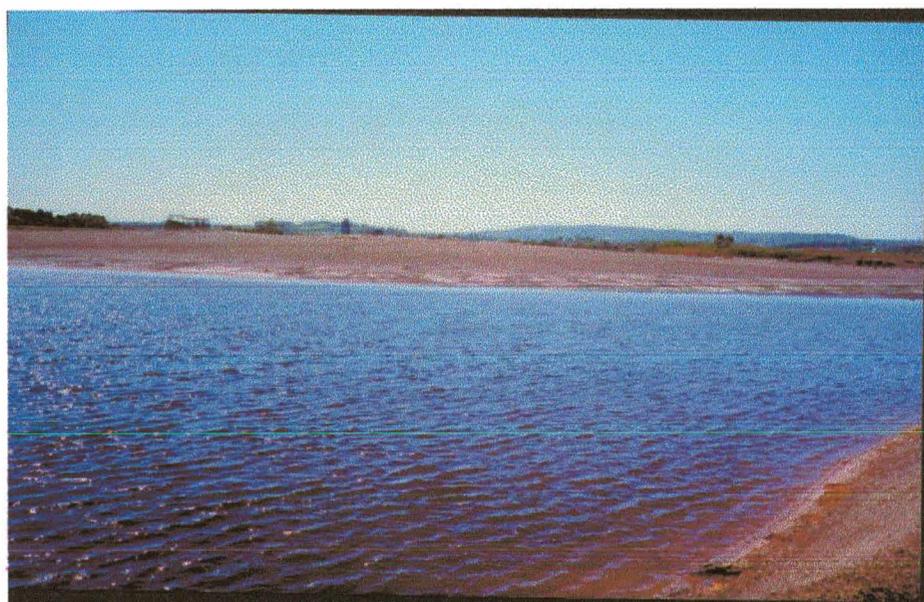


Fig. 6 : Ponto 1 de coleta de água superficial – Lago formado pelo acúmulo de água das chuvas.

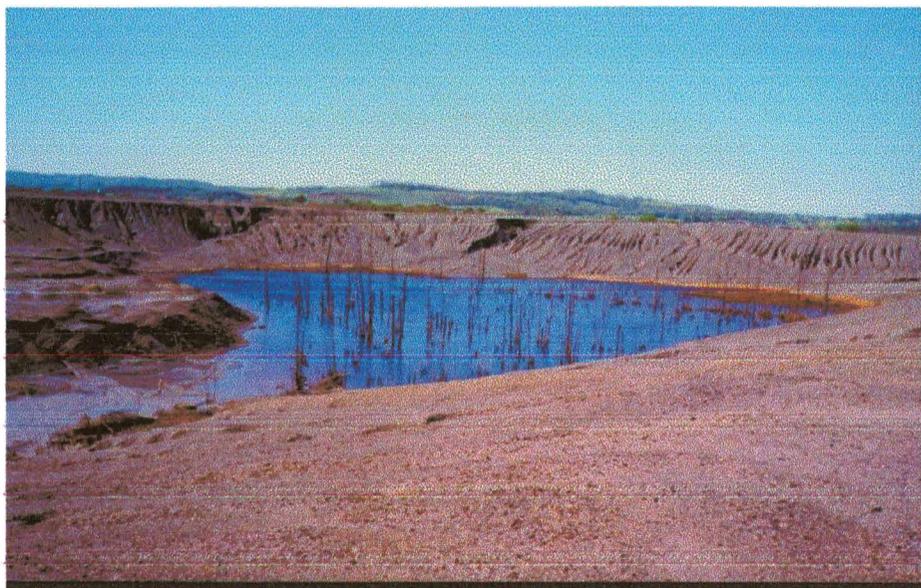


Fig. 7: Ponto 3 de coleta de água superficial. Água da chuva acumulada junto às pilhas de rejeitos.

O cruzamento dos resultados destas análises com os resultados das análises das amostras coletadas no aterro de resíduos sólidos urbanos e no Rio Sangão, permitirão verificar as alterações no ambiente provocados pela deposição conjunta de resíduos sólidos urbanos no local.

2.2. Poços de Amostragem no Aterro

Construídos com tubos de PVC de 75 mm de diâmetro (Fig. 8 e 9), os poços têm profundidade variável de 3,5 a 4,0 metros. Apresentam a extremidade inferior vedada, a partir da qual 50 cm de tubo forma um reservatório para o líquido a ser coletado, seguido por uma extensão de 1 metro onde foram feitas ranhuras transversais com 1 mm de espessura para permitir a entrada do líquido percolado. A extremidade superior permaneceu vedada nos intervalos entre as coletas, para impedir a entrada de água da chuva, insetos, etc.

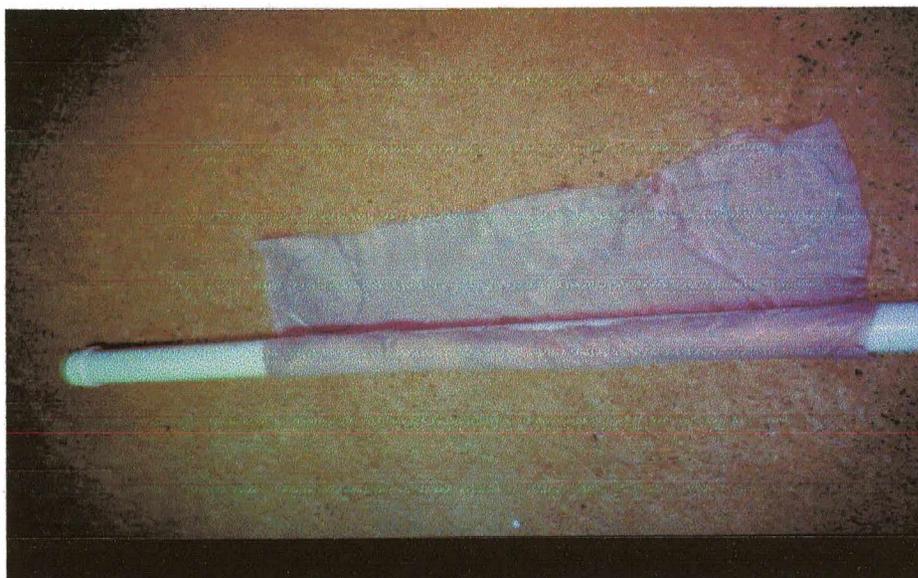


Fig. 8: Montagem de um poço de coleta.

Para evitar a colmatção das ranhuras e um possível prejuízo na coleta do líquido percolado, foi instalado na altura da zona ranhurada, uma camada de tecido geotextil (Bidim 0,8 mm), com o objetivo de agir como pré-filtro. O tecido foi fixado externamente com arame galvanizado (Fig. 5).

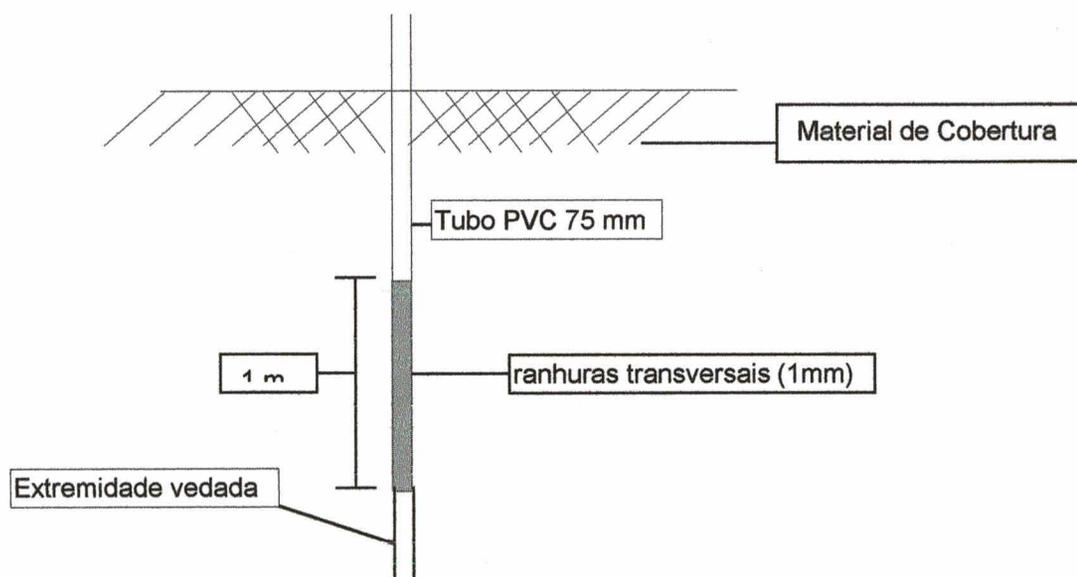


Fig. 9 - Esquema de construção dos poços no Aterro.

Para a instalação dos poços no aterro estudaram-se várias possibilidades, defrontando-se sempre com as dificuldades de perfuração de um substrato heterogêneo composto de rejeito de carvão e resíduos sólidos, o que, segundo os técnicos da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais - CPRM, tornou impossível o aproveitamento dos equipamentos da empresa utilizados para perfuração de poços. Outras alternativas possíveis revelaram-se excessivamente onerosas.

A alternativa criada para solucionar o problema da instalação dos poços, foi a utilização de um tubo de aço com 100 mm de diâmetro, o qual foi enterrado verticalmente com o auxílio de uma retroescavadeira, até a profundidade máxima de 4,0 metros (Fig. 10). O tubo de aço, após retirado, permitiu obter um furo, onde foi instalado o tubo de PVC. As profundidades, inicialmente previstas em 4,0 metros para todos os poços, resultaram em valores menores em função da dificuldade em introduzir o tubo de aço no aterro, devido à heterogeneidade dos resíduos bem como a existência de camadas de rejeito intercaladas entre os resíduos, o que dificultou a penetração do tubo.



Fig. 10: Instalação de poço de coleta no aterro.

Após a instalação, foi feito um selo com uma camada de argila compactada na superfície em volta da boca do poço.

A instalação dos poços foi realizada no mês de outubro de 1996, sendo que o início das coletas ocorreu após vinte e cinco dias.

Os poços, em número de quatro, distantes aproximadamente 30 metros entre si, foram distribuídos no centro da área de deposição preenchida a aproximadamente dois anos, a qual possui aproximadamente 6,0 hectares. (ANEXO IV). Os resíduos depositados nesta área estão recobertos com uma camada em torno de 30 cm de rejeito de carvão, e 20 cm de argila na superfície.

Posteriormente o poço de nº 4 foi descartado, por apresentar, na maioria das campanhas, volume de líquido insuficiente para ser coletado, provavelmente por ter sido instalado muito próximo ao talude da antiga bacia de decantação que existia no local.

A coleta das amostras foi efetuada utilizando-se um “amostrador de nível”, o qual foi introduzido nos poços preso à extremidade de uma corda de *nylon*. Em cada poço, coletou-se o maior volume de líquido possível até o limite máximo de 2000 ml em cada amostragem (Fig. 11).



Fig. 11: Amostras coletadas no aterro (escuras) e no Rio Sangão (claras)

As amostras foram transportadas até o laboratório do NUPEAM -Núcleo de Pesquisas Ambientais da UNESC em garrafas de PET (2000 ml), as quais foram previamente lavadas com água clorada e posteriormente com água destilada. As embalagens utilizadas foram descartadas após cada coleta.

2.3. Pontos de Amostragem no Rio Sangão

Foram coletadas amostras em três estações fixas no Rio Sangão, sendo uma a montante e duas a jusante do local do aterro (Anexo IV). A princípio determinou-se a instalação de dois pontos de coleta. O ponto 1, a montante do aterro, está a uma distância de 70 metros do mesmo. O ponto 2, a jusante, está situado a aproximadamente 50 metros do aterro, junto à saída de um canal formado pelo desnível existente entre o aterro e o talude de uma bacia de decantação localizada no lado sul.

A partir da terceira coleta, decidiu-se instalar um terceiro ponto, a jusante, aproximadamente 70 metros abaixo do segundo, para melhor segurança dos resultados.

As amostras tiveram como finalidade identificar a presença de compostos gerados no aterro e carreados até o rio, e analisar a influência destes sobre a qualidade das águas.

As amostras foram coletadas utilizando-se o mesmo amostrador usado para coleta de amostras no aterro, após o mesmo ser lavado com água clorada e posteriormente com água do próprio rio. O mesmo procedimento foi adotado para as embalagens de PET utilizadas para armazenar as amostras. As embalagens foram descartadas após o uso.

As amostras foram coletadas jogando-se o amostrador na água, amarrado à extremidade de uma corda de *nylon*, a uma distância em torno de 3 a 4 metros da margem.

Em cada ponto foram coletadas duas amostras de 2000 ml cada, as quais foram imediatamente encaminhadas ao laboratório do Núcleo de Pesquisas Ambientais - NUPEA/UNESC.

2.4. O “Amostrador de Nível”

O equipamento utilizado para a coleta das amostras no aterro e no Rio Sangão, consiste num cilindro torneado em PVC, com capacidade de armazenar um volume aproximado de 700 ml de líquido (Fig. 12).

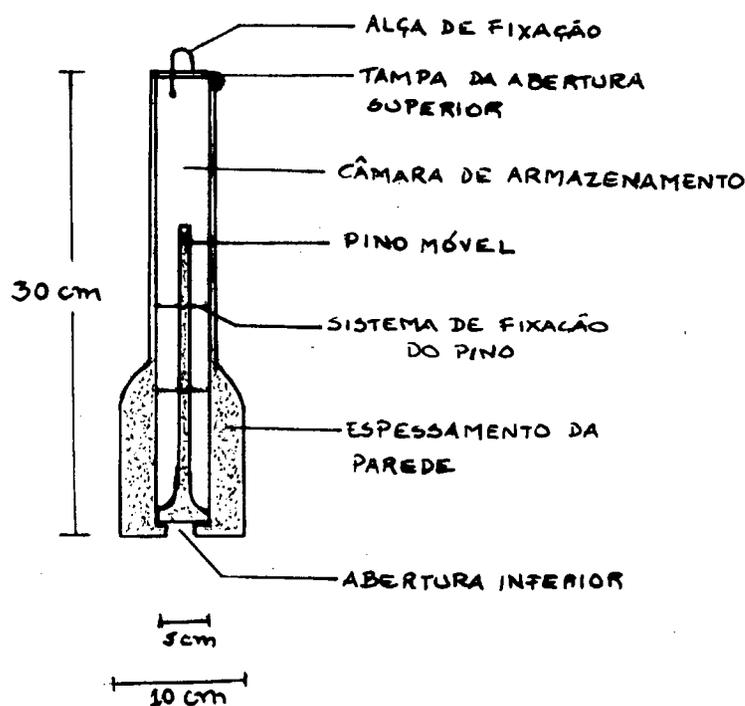


Fig. 12: Esquema de construção do “amostrador de nível”.

O mesmo possui na parte inferior, paredes mais espessas, o que aumenta o peso desta extremidade, fazendo que, ao ser mergulhado, o faça na posição vertical. Uma abertura existente na base, permite a entrada do líquido a ser amostrado.

Na parte interna, existe um mecanismo móvel (pino), semelhante à um pistão, que sobe no momento que o amostrador é mergulhado, permitindo a entrada do líquido pela abertura inferior. No recolhimento, ao suspender-se o amostrador, o pino desce, vedando a abertura e retendo o líquido.

Na extremidade superior, a existência de uma tampa móvel, faz com que o aparelho permaneça fechado durante o recolhimento, e permite a retirada do líquido amostrado.

Uma alça afixada na parte superior, permite a fixação de um fio, que possibilita amostrar pontos distantes da margem, quando for o caso.

2.5. Precipitação Pluviométrica

A precipitação exerce influência direta no volume de líquidos percolados gerados num aterro de resíduos sólidos.

O aumento do volume de líquidos percolados em consequência de uma chuva, não é observado imediatamente após a ocorrência da precipitação. O tempo decorrido depende de vários fatores, descritos no Capítulo 3 (2.7.1.).

Para efeito de análise dos resultados, considerou-se a média da precipitação de sete dias anteriores ao dia da coleta, baseado nos dados fornecidos pela Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária – EMPASC, referentes à Estação Climatológica de Urussanga, cujo resumo dos dados constam da Tabela 3.

TABELA 3

DADOS DE PRECIPITAÇÃO DOS 7 DIAS ANTERIORES ÀS COLETAS

| COLETA DIA / MÊS / ANO | Pp MÉDIA DOS 7 DIAS ANTERIORES À COLETA (mm) |
|-----------------------------------|---|
| 0. 10 / outubro (instalação) | 1,1 |
| 1. 05 / novembro / 1996 | 2,88 |
| 2. 18 / novembro / 1996 | 3,94 |
| 3. 05 / dezembro / 1996 | 1,74 |
| 4. 04 / janeiro / 1997 | 4,34 |
| 5. 20 / janeiro / 1997 | 3,97 |
| 6. 04 / fevereiro / 1997 | 20,22 |
| 7. 18 / fevereiro / 1997 | 13,12 |
| 8. 04 / março / 1997 | 3,21 |
| 9. 18 / março / 1997 | 1,14 |
| 10. 03 / abril / 1997 | 3,78 |

Fonte: EMPASC (s/d).

TABELA 4

**PRECIPITAÇÃO MENSAL E PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL
PARA OS MESES DE OBSERVAÇÃO**

| MÊS/ANO | PRECIPITAÇÃO MENSAL (mm) | PRECIP. MÉDIA MENSAL (71 anos) |
|----------------|-------------------------------------|---|
| Outubro/1996 | 128,0 | 125,5 |
| Novembro/1996 | 60,1 | 118,8 |
| Dezembro/1996 | 225,6 | 143,9 |
| Janeiro/1997 | 328,7 | 199,5 |
| Fevereiro/1997 | 327,1 | 197,7 |
| Março/1997 | 39,3 | 161,3 |
| Abril/1997 | 78,4 | 102,9 |

Fonte: EMPASC (s/d) e EPAGRI (s/d).

2.6. Análises de Laboratório

As amostras coletadas foram posteriormente analisadas, para determinação dos seguintes parâmetros:

| PARÂMETRO | MÉTODO DE ANÁLISE |
|------------------|------------------------------------|
| DBO 5 | Determinação de OD por Winkler |
| DQO | Refluxo com dicromato |
| Nitrogênio Total | Titulométrico com ácido sulfúrico |
| pH | Potenciométrico |
| Sulfatos | Turbidimétrico |
| Chumbo | Espectroscopia de absorção atômica |
| Ferro Total | idem |
| Manganês | idem |
| Zinco | idem |

Quadro 3 – Resumo dos parâmetros e metodologia de análise.

1. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅): expressa a quantidade em peso de oxigênio utilizado pelos microorganismos para degradar os compostos carbonados e nitrogenados presentes na amostra, pelo período de cinco (5) dias à temperatura controlada de 20° C. Valores elevados de DBO indicam grande quantidade de matéria orgânica e alta atividade biológica na amostra, enquanto valores baixos indicam amostras pobres em matéria orgânica e pequena atividade biológica. É expressa em mg/l de O₂ (APHA, 1992). São desejáveis resultados inferiores a 5 mg/l O₂.

2. Demanda Química de Oxigênio (DQO): expressa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente todos os compostos sujeitos a esta reação (oxi-redução) presentes em uma determinada amostra. A DQO é diretamente proporcional a poluição de um corpo d'água, ou seja, rios altamente poluídos tem uma DQO elevada. É expressa em mg/l de O₂ (APHA, 1992). Em corpos d'água que não recebem cargas elevadas de despejos, a DQO raramente excede 50 mg/l O₂.

3. Nitrogênio Total: Os compostos de nitrogênio quando presentes na água geralmente são provenientes da decomposição das proteínas (matéria orgânica). É um importante nutriente para diversas culturas. Em corpos d'água pode provocar inconvenientes como, por exemplo, promover o rápido desenvolvimento de algas que provocam uma coloração intensa e transmitem à água um sabor e odor desagradáveis. A amônia ou nitrogênio de origem amoniacal pode ser um constituinte natural das águas superficiais ou subterrâneas resultante da decomposição da matéria orgânica que existe naturalmente nos corpos d'água. A amônia é tóxica. Determinou-se que uma concentração de nitrogênio amoniacal de 2,5 mg/l N-NH₃ em pH de 7,4 a 8,5, é nociva para algumas espécies de peixes de água doce (PROGESC, 1995). É expresso em mg/l (APHA, 1992).

4. pH: é determinado a partir da concentração de íons de hidrogênio (H⁺) e expressa a característica ácida, neutra ou alcalina de uma determinada amostra. Indica a intensidade de acidez ou de alcalinidade de uma amostra. A degradação da matéria orgânica de uma amostra pode gerar ácidos, alterando o pH. Os microorganismos responsáveis pela degradação biológica tem sua ação inibida em pH menor que 6 e superior a 9 (BRANCO,1978). Neste trabalho o pH das amostras foi determinado em laboratório.

5. Sulfatos: os sulfatos estão naturalmente presentes nas águas, em concentrações que variam de poucas a milhares de miligramas por litro. Águas de drenagem de minas de carvão são ricas em SO₄²⁻, devido à oxidação da pirita. Os sulfatos podem também provocar a formação de ácido sulfúrico, provocando chuvas ácidas e reduzindo o pH dos corpos d'água. É expresso em mg/l (APHA, 1992).

6. Metais: O efeito dos metais em águas e efluentes varia de benéfico a perigosamente tóxico, dependendo da concentração. Estudos realizados por SANTOS (1992), nas proximidades do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, no município de Tubarão-SC, em local que abriga rejeitos

carbonosos, demonstraram que as concentrações médias de todos os elementos analisados excederam os limites estabelecidos para água de abastecimento pela legislação do CONAMA e OMS (CETESB, 1987). Para água de irrigação, somente o chumbo (Pb) ocorre com valores inferiores ao limite máximo permitidos para solos alcalinos.

As técnicas de coleta e preservação das amostras obedeceram aquelas descritas no Guia Técnico da CETESB (1987).

CAPÍTULO 6 - Análise dos Resultados

1. Resultados Obtidos para o Entorno do Aterro:

As amostras coletadas no entorno do aterro, tiveram como finalidade caracterizar as condições ambientais existentes antes da instalação do aterro de resíduos sólidos naquele local, conforme mencionado no Cap. 4.

Os resultados das análises de água superficial (Quadro 4), coletadas no entorno, em áreas sem influência do aterro por estarem em quotas superiores, indicam acentuada degradação ambiental, apresentando valores semelhantes aos encontrados para as amostras coletadas no Rio Sangão.

Estes resultados permitem caracterizar a situação ambiental da área antes da instalação do aterro, uma vez que a mesma já abrigava os depósitos de rejeitos da mineração.

| PARÂMETROS | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|
| DBO ₅ (mg/l) | 2,20 | 4,40 | 0,30 |
| DQO (mg/l) | 4,60 | 10,50 | 4,20 |
| PH | 2,4 | 2,6 | 2,3 |
| N Total (mg/l) | N.A. | N.A. | N.A. |
| Sulfatos (mg/l) | N.A. | N.A. | N.A. |
| Pb (mg/l) | N.D. | N.D. | 0,085 |
| Fe total (mg/l) | 87,30 | 21,50 | 342,80 |
| Mn (mg/l) | 0,21 | 1,70 | 6,10 |
| Zn (mg/l) | 0,41 | 1,40 | 3,90 |

Quadro 4 – Resultados das análises das amostras coletadas no entorno do aterro. NA- não analisado. ND- não determinado.

2. Resultados das Análises

Os quadros apresentados nas páginas seguintes, contêm os resultados das análises das amostras coletadas (águas superficiais, aterro e Rio Sangão), para campanhas realizadas no período de 05/11/1996 a 03/04/1997.

Em duas campanhas, o volume de líquido percolado acumulado nos poços 2 e 3 foi insuficiente, impossibilitando a coleta.

Por outro lado, devido a problemas técnicos no laboratório da UNESC, alguns parâmetros (N_{tot} e Sulfatos), deixaram de ser analisados para a primeira campanha.

TABELA 5

RESUMO DAS DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS

| DATA DAS COLETAS | PERÍODO ACUMULADO (DIAS) |
|------------------|--------------------------|
| 09/10/96 | 0 (instalação) |
| 05/11/96 | 27 |
| 18/11/96 | 40 |
| 05/12/96 | 57 |
| 04/01/97 | 85 |
| 20/01/97 | 101 |
| 04/02/97 | 116 |
| 18/02/97 | 130 |
| 04/03/97 | 144 |
| 18/03/97 | 154 |
| 03/04/97 | 170 |

| PARÂMETROS | ATERRO | | | RIO SANGÃO | | | ÁGUA SUPERFICIAL | | |
|------------|---------|-----------|------------|------------|----------|----------|------------------|----------|---------|
| | POÇO 01 | POÇO 02 | POÇO 03 | PONTO 01 | PONTO 02 | PONTO 01 | PONTO 02 | PONTO 03 | |
| DBO 5 | mg/l | 7800,000 | 3.900,000 | 2.300,000 | 4,000 | 1,300 | 2,200 | 4,400 | 0,300 |
| DQO | mg/l | 13260,000 | 10.880,000 | 8.000,000 | 12,500 | 5,300 | 4,600 | 10,500 | 4,200 |
| pH | | 6,460 | 3,000 | 6,360 | 2,790 | 2,800 | 2,400 | 2,610 | 2,330 |
| N total | mg/l | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| Sulfatos | mg/l | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| Pb | mg/l | 0,148 | 6,310 | 1,012 | 0,084 | 0,029 | N.D | N.D | 0,085 |
| Fe total | mg/l | 533,620 | 5993,400 | 1784,700 | 167,620 | 171,645 | 87,328 | 21,509 | 342,750 |
| Mn | mg/l | 9,163 | 28,836 | 24,336 | 4,148 | 4,438 | 0,209 | 1,744 | 6,144 |
| Zn | mg/l | 2,064 | 62,668 | 16,307 | 1,806 | 1,752 | 0,412 | 1,384 | 3,916 |

QUADRO 5: Resultados das análises das amostras coletadas em 05/11/96. NA- parâmetro não analisado; ND- parâmetro não determinado;

VI- volume de amostra insuficiente. Precipitação média dos 7 dias anteriores à coleta: 2,72 mm.

| PARÂMETROS | ATERRO | | | RIO SANGÃO | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|
| | POÇO 01 | POÇO 02 | POÇO 03 | PONTO 01 | PONTO 02 |
| DBO 5 mg/l | 2.900,000 | 3.600,000 | 2.500,000 | 5,400 | 5,200 |
| DQO mg/l | 6.400,000 | 8.080,000 | 3.400,000 | 8,000 | 5,600 |
| pH | 6,570 | 2,950 | 4,140 | 2,820 | 2,850 |
| N total mg/l | 126,000 | 98,000 | 126,000 | 3,360 | 3,470 |
| Sulfatos mg/l | NA | NA | NA | 1200,800 | 1090,000 |
| Pb mg/l | 0,499 | 2,568 | 1,318 | 0,576 | 0,499 |
| Fe tot mg/l | 343,050 | 1861,600 | 2478,700 | 124,370 | 128,260 |
| Mn mg/l | 3,802 | 5,939 | 11,987 | 4,307 | 4,281 |
| Zn mg/l | 1,279 | 15,993 | 13,218 | 2,2325 | 1,239 |

QUADRO 6 - Resultados das análises das amostras coletadas em 18/11/96.

NA - parâmetro não analisado; VI - volume de amostra insuficiente.

Precipitação média dos 7 dias anteriores à coleta: 3,94 mm.

| PARÂMETROS | ATERRO | | | RIO SANGÃO | | |
|------------------|-----------|---------|---------|------------|----------|----------|
| | POÇO 01 | POÇO 02 | POÇO 03 | PONTO 01 | PONTO 02 | PONTO 03 |
| DBO 5 mg/l | 1.100,000 | VI | VI | 4,800 | 4,000 | 4,000 |
| DQO mg/l | 1.040,000 | VI | VI | 36,000 | 50,400 | 24,000 |
| pH | 7,100 | VI | VI | 2,550 | 2,620 | 2,610 |
| N total mg/l | 187,600 | VI | VI | 2,240 | 3,470 | 2,800 |
| Sulfatos mg/l | N.A | VI | VI | 1310,400 | 1342,400 | 1348,400 |
| Pb mg/l | 2,017 | VI | VI | 0,358 | 0,485 | 1,574 |
| Fe total mg/l | 1402,800 | VI | VI | 189,510 | 195,450 | 197,750 |
| Mn mg/l | 6,027 | VI | VI | 4,532 | 4,468 | 4,700 |
| Zn mg/l | 10,198 | VI | VI | 1,775 | 1,799 | 1,896 |

QUADRO 7 - Resultados das análises das amostras coletadas em 05/12/196.

NA- parâmetro não analisado; VI- volume de amostra insuficiente.

Precipitação média dos 7 dias anteriores à coleta: 1,74 mm

| PARÂMETROS | ATERRO | | | RIO SANGÃO | | |
|------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|
| | POÇO 01 | POÇO 02 | POÇO 03 | PONTO 01 | PONTO 02 | PONTO 03 |
| DBO 5 | 300,000 | 480,000 | 420,000 | 0,800 | 1,600 | 1,200 |
| DQO | 480,000 | 2480,000 | 2080,000 | 17,600 | 13,600 | 12,000 |
| pH | 5,800 | 2,410 | 3,810 | 2,710 | 2,780 | 2,780 |
| N total | 224,000 | 103,600 | 98,000 | 2,460 | 3,920 | 3,580 |
| Sulfatos | NA | NA | NA | 1274,000 | 1414,000 | 1340,000 |
| Pb | 0,227 | 1,743 | 0,657 | 0,086 | 0,054 | 0,077 |
| Fe total | 1135,000 | 2691,000 | 4050,400 | 217,430 | 182,020 | 176,550 |
| Mn | 11,339 | 4,431 | 7,744 | 5,031 | 5,098 | 5,046 |
| Zn | 0,833 | 14,114 | 5,024 | 5,839 | 6,056 | 4,311 |

QUADRO 8 - Resultados das análises das amostras coletadas em 04/01/97.

NA - parâmetro não analisado. Precipitação média dos 7 dias anteriores à coleta: 4,34 mm.

| PARÂMETROS | POÇO 01 | POÇO 02 | POÇO 03 | PONTO 01 | PONTO 02 | PONTO 03 |
|------------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|
| DBO 5 | 500,000 | 40,000 | 100,000 | 5,200 | 6,800 | 11,600 |
| DQO | 3200,000 | 384,000 | 592,000 | 86,400 | 90,400 | 134,400 |
| pH | 4,270 | 2,200 | 2,110 | 2,520 | 2,400 | 2,410 |
| N total | 62,720 | 11,760 | 10,640 | 1,300 | 2,900 | 2,400 |
| Sulfatos | NA | NA | NA | 566,000 | 933,000 | 804,000 |
| Pb | 1,580 | 1,610 | 1,526 | 0,122 | 0,173 | 0,660 |
| Fe total | 1099,700 | 715,990 | 189,200 | 8,000 | 160,900 | 134,920 |
| Mn | 8,520 | 2,030 | 1,971 | 2,130 | 3,261 | 2,636 |
| Zn | 1,023 | 5,039 | 2,082 | 1,169 | 1,708 | 1,442 |

QUADRO 9 - Resultados das análises das amostras coletadas em 20/01/97.

NA- parâmetro não analisado; VI- volume de amostra insuficiente.

Precipitação média dos 7 dias anteriores à coleta: 3,97 mm.

| PARÂMETROS | ATERRO | | | RIO SANGÃO | | | |
|------------|---------|-----------|-----------|------------|----------|----------|---------|
| | POÇO 01 | POÇO 02 | POÇO 03 | ONTO 0 | PONTO 02 | PONTO 03 | |
| DBO 5 | mg/l | 200,000 | 500,000 | 2.000,000 | 1,600 | 4,000 | 6,000 |
| DQO | mg/l | 2.000,000 | 2.880,000 | 5.600,000 | 27,600 | 25,200 | 20,000 |
| pH | | 5,190 | 2,550 | 3,730 | 2,860 | 2,930 | 2,830 |
| N total | mg/l | 47,600 | 47,600 | 128,800 | 1,700 | 1,700 | 1,700 |
| Sulfatos | mg/l | NA | NA | NA | 644,000 | 640,000 | 530,000 |
| Pb | mg/l | 0,100 | 0,710 | 0,230 | ND | 0,040 | 0,020 |
| Fe total | mg/l | 333,040 | 955,300 | 552,550 | 125,950 | 111,870 | 114,530 |
| Mn | mg/l | 3,430 | 2,250 | 3,361 | 2,046 | 1,906 | 1,954 |
| Zn | mg/l | 1,050 | 5,044 | 1,017 | 1,267 | 1,098 | 1,121 |

QUADRO 10 - Resultados das análises das amostras coletadas em 04/02/97.

NA- parâmetro não analisado; ND- parâmetro não determinado.

Precipitação média dos 7 dias anteriores à coleta: 20,22 mm.

| PARÂMETROS | ATERRO | | | RIO SANGÃO | | |
|------------|---------|-----------|---------|------------|----------|----------|
| | POÇO 01 | POÇO 02 | POÇO 03 | PONTO 01 | PONTO 02 | PONTO 03 |
| DBO 5 | 600,000 | 300,000 | 300,000 | 1,200 | 8,400 | 0,800 |
| DQO | 720,000 | 1.920,000 | 800,000 | 14,400 | 16,800 | 19,200 |
| pH | 5,860 | 3,410 | 3,470 | 2,240 | 2,200 | 2,240 |
| N total | 98,000 | 84,000 | 84,000 | 2,460 | 1,340 | 2,240 |
| Sulfatos | NA | NA | NA | 1272,000 | 1388,000 | 1273,000 |
| Pb | 0,119 | 2,670 | 0,641 | ND | ND | ND |
| Fe total | 311,000 | 1644,000 | 840,000 | 182,000 | 186,000 | 186,000 |
| Mn | 3,620 | 3,100 | 3,500 | 4,050 | 4,330 | 4,220 |
| Zn | 1,090 | 4,298 | 1,686 | 2,004 | 1,963 | 1,899 |

QUADRO 11 - Resultados das análises das amostras coletadas em 18/02/1997.

NA - parâmetro não analisado; ND- parâmetro não determinado

Precipitação média dos 7 dias anteriores à coleta: 13,12 mm

| PARÂMETROS | ATERRO | | | RIO SANGÃO | | |
|------------|---------|----------|---------|------------|----------|----------|
| | POÇO 01 | POÇO 02 | POÇO 03 | PONTO 01 | PONTO 02 | PONTO 03 |
| DBO 5 | 70,000 | 80,000 | 40,000 | 1,200 | 1,200 | 0,800 |
| DQO | 480,000 | 400,000 | 560,000 | 18,400 | 16,000 | 14,400 |
| pH | 5,950 | 3,190 | 2,170 | 2,210 | 2,200 | 2,110 |
| N total | 89,600 | 58,800 | 78,400 | 2,240 | 2,240 | 2,460 |
| Sulfatos | NA | NA | NA | 823,000 | 863,000 | 1382,000 |
| Pb | 0,103 | 0,870 | 0,240 | 0,068 | 0,066 | 0,054 |
| Fe total | 268,800 | 1515,200 | 741,200 | 108,600 | 122,300 | 121,400 |
| Mn | 2,453 | 2,745 | 2,550 | 3,118 | 3,292 | 3,295 |
| Zn | 0,485 | 1,348 | 2,008 | 1,677 | 1,569 | 1,661 |

QUADRO 12 - Resultados das análises das amostras coletadas em 04/03/1997.

NA- parâmetro não analisado; VI- volume de amostra insuficiente.

Precipitação média dos 7 dias anteriores à coleta: 3,21 mm.

| PARÂMETROS | ATERRO | | | RIO SANGÃO | | |
|------------|-----------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| | POÇO 01 | POÇO 02 | POÇO 03 | PONTO 01 | PONTO 02 | PONTO 03 |
| DBO 5 | 360,000 mg/l | 260,000 | 1.100,000 | 4,000 | 2,400 | 3,600 |
| DQO | 960,000 mg/l | 640,000 | 1.200,000 | 20,800 | 18,400 | 21,600 |
| pH | 6,020 | 2,730 | 2,190 | 2,070 | 2,080 | 2,060 |
| N total | 89,600 mg/l | 58,800 | 78,400 | 3,020 | 2,000 | 3,460 |
| Sulfatos | NA mg/l | NA | NA | 1.027,000 | 1.087,000 | 1.219,000 |
| Pb | 0,540 mg/l | 0,430 | 0,200 | 0,100 | ND | ND |
| Fe total | 395,980 mg/l | 1.203,000 | 805,150 | 136,470 | 134,540 | 140,120 |
| Mn | 2,810 mg/l | 2,560 | 2,870 | 4,100 | 4,110 | 4,230 |
| Zn | 3,177 mg/l | 2,715 | 1,750 | 3,000 | 2,762 | 3,130 |

QUADRO 13 - Resultados das análises das amostras coletadas em 04/03/1997.

NA- parâmetro não analisado; ND- parâmetro não determinado.

Precipitação média dos 7 dias anteriores à coleta: 1,14 mm.

| PARÂMETROS | ATERRO | | | RIO SANGÃO | | |
|------------------|----------|---------|---------|------------|----------|----------|
| | POÇO 01 | POÇO 02 | POÇO 03 | PONTO 01 | PONTO 02 | PONTO 03 |
| DBO 5 mg/l | 220,000 | VI | VI | 2,800 | 2,400 | 2,000 |
| DQO mg/l | 1040,000 | VI | VI | 45,600 | 21,600 | 25,600 |
| pH | 5,710 | VI | VI | 2,430 | 2,370 | 2,340 |
| N total mg/l | 81,200 | VI | VI | 2,010 | 1,900 | 2,000 |
| Sulfatos mg/l | NA | VI | VI | 748,000 | 651,000 | 736,000 |
| Pb mg/l | 1,340 | VI | VI | 0,110 | 0,110 | 0,120 |
| Fe total mg/l | 783,000 | VI | VI | 99,370 | 106,000 | 112,300 |
| Mn mg/l | 2,949 | VI | VI | 3,120 | 3,202 | 3,263 |
| Zn mg/l | 9,160 | VI | VI | 1,131 | 1,142 | 1,165 |

QUADRO 14 - Resultados das análises das amostras coletadas em 03/04/1997.

NA- parâmetro não analisado; VI- volume de amostra insuficiente.

Precipitação média dos 7 dias anteriores à coleta: 3,78 mm.

3. Resultados Obtidos para o Rio Sangão e para o Aterro:

O Quadro 5 apresenta os resultados médios obtidos para as amostras coletadas no Rio Sangão e no aterro, e os resultados para os mesmos parâmetros obtidos no estudo do PROGESC (1995), nas análises de qualidade das águas do Rio Sangão.

| PARÂMETROS | RIO SANGÃO | | | ATERRO | | | PROGESC (1995) | | |
|-----------------------|------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------------|---------|---------|
| | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | POÇO 1 | POÇO 2 | POÇO 3 | RS 1 | RS 2 | RS 3 |
| DBO ₅ mg/l | 3,10 | 3,73 | 3,75 | 1.405,00 | 1.145,00 | 1.095,00 | 8,24 | 16,73 | 12,23 |
| DQO mg/l | 28,73 | 26,33 | 33,90 | 2.958,00 | 3.458,00 | 2.779,00 | 35,64 | 74,69 | 44,17 |
| pH | 2,51 | 2,42 | 2,40 | 5,89 | 2,80 | 3,49 | 2,68 | 2,72 | 2,74 |
| N Total mg/l | 2,31 | 2,55 | 2,58 | 111,81 | 66,08 | 86,32 | 0,36 | 0,79 | 0,78 |
| Sulfatos mg/l | 1005,02 | 1045,38 | 1079,05 | N.D. | N.D. | N.D. | 1489,77 | 1683,03 | 1572,57 |
| Pb mg/l | 0,12 | 0,18 | 0,42 | 0,62 | 2,11 | 0,73 | 0,01 | 0,05 | 0,00 |
| Fe total mg/l | 135,88 | 149,90 | 147,95 | 660,60 | 2.072,43 | 1.430,24 | 187,67 | 227,04 | 207,46 |
| Mn mg/l | 3,66 | 3,84 | 3,67 | 5,34 | 6,48 | 7,29 | 4,95 | 4,78 | 5,47 |
| Zn mg/l | 2,19 | 2,11 | 2,08 | 3,03 | 13,90 | 5,39 | 3,63 | 3,42 | 3,79 |

Quadro 5: Resultados médios das análises das amostras coletadas no Rio Sangão e no aterro, e resultados obtidos pelo PROGESC (1995) para o mesmo rio.

3.1. Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO₅

A DBO₅ expressa a quantidade de oxigênio utilizado pelos microorganismos para degradar os compostos carbonados e nitrogenados presentes na amostra. Altos valores de DBO₅ indicam grande quantidade de matéria orgânica e alta atividade biológica na amostra.

Através da DBO é possível estimar o nível de poluição, basicamente matéria orgânica, a que está sujeito um corpo d'água.

Os valores de DBO_5 encontrados para as amostras coletadas no Rio Sangão (Fig. 13), apresentaram valores bem menores que os encontrados pelo PROGESC (1995), para coletas realizadas em pontos ao longo do rio.

Baseado nestes resultados pode-se concluir que não houve incremento de carga orgânica nas águas do rio em função da presença do aterro.

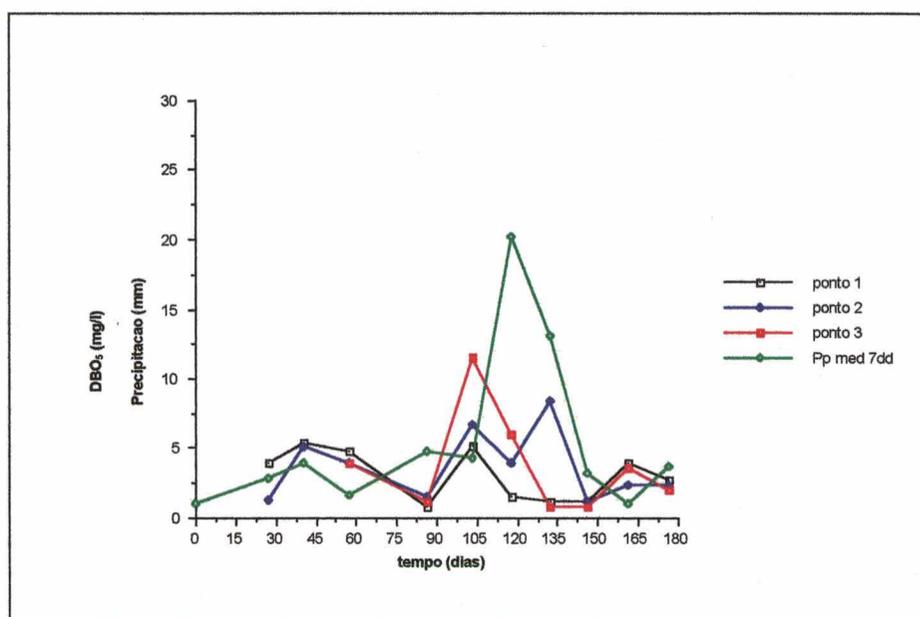


Fig. 13: Resultados de DBO_5 para os pontos do Rio Sangão

Para corpos d'água, a legislação estadual (Lei 5793/80) prevê um valor máximo de DBO_5 de 10 mg/l. No Rio Sangão, os valores de DBO_5 mantiveram-se abaixo deste valor durante todo o período de monitoramento, com exceção do ponto 3, na coleta realizada aos 105 dias do início das coletas, quando apresentou 11,6 mg/l. Os valores indicam baixa atividade biológica nas amostras, o que também foi comprovado em outros trabalhos (PROGESC, 1995), mesmo levando-se em consideração que o rio recebe contribuição de esgotos domésticos "in natura".

Pode-se afirmar que a atividade biológica é praticamente inexistente em consequência do baixo pH das águas do Rio Sangão, que sofre ação direta da lixiviação das pilhas de rejeitos de carvão existentes nas suas

margens. A oxidação da pirita presente nos rejeitos, produz ácido sulfúrico, responsável pela acidificação das águas.

No aterro, os resultados obtidos nas análises permitem detectar uma alta carga orgânica nas amostras coletadas no aterro, resultante da degradação dos resíduos sólidos depositados no local (Figs. 14, 15 e 16).

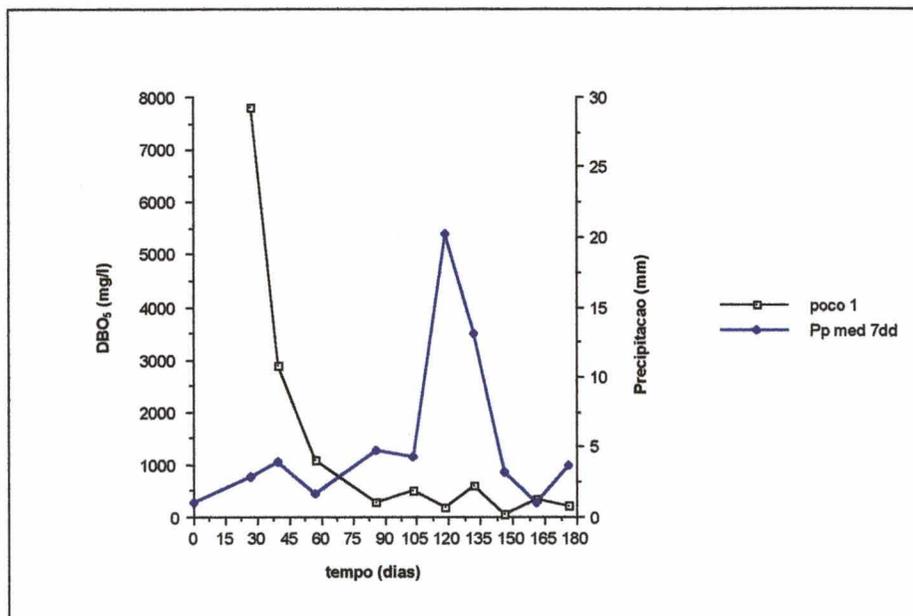


Fig. 14: Resultados de DBO₅ para o poço 1 do aterro.

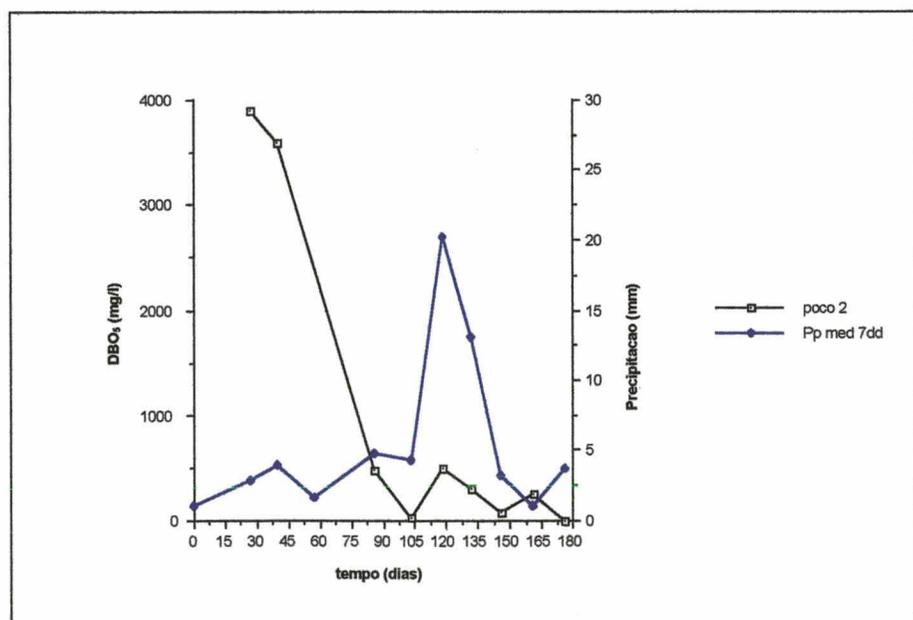


Fig. 15: Resultados de DBO₅ para o poço 2 do aterro.

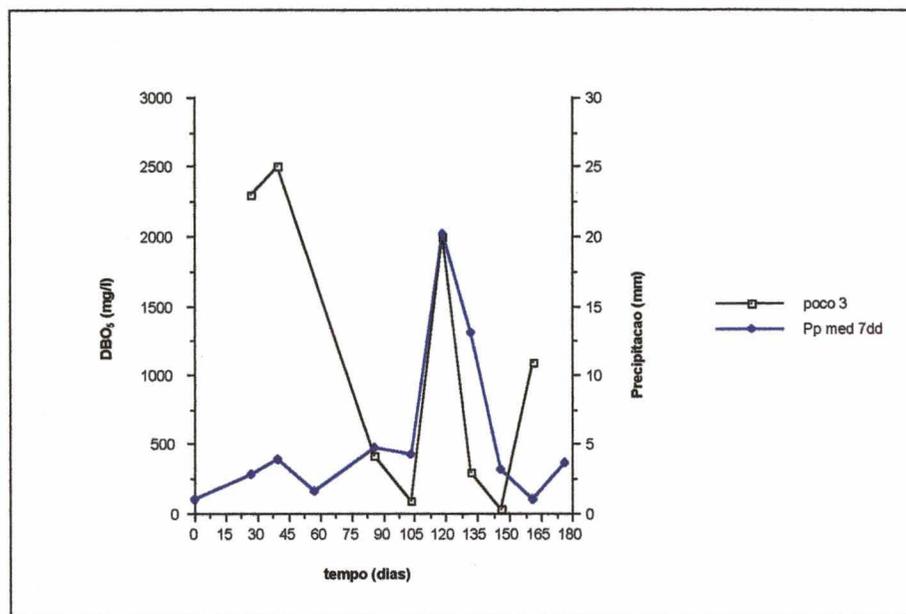


Fig. 16: Resultados de DBO₅ para o poço 3 do aterro

Os valores de DBO₅, no entanto, provavelmente devido a presença dos rejeitos, são mais baixos que aqueles verificados para outros aterros de resíduos urbanos, onde estes valores chegam a atingir 33.000 mg/l (Quadro 2).

Os gráficos permitem também verificar o reflexo da precipitação nos resultados de DBO₅. Volumes maiores de chuvas resultaram em amostras mais diluídas, com menores valores de DBO₅, com exceção do poço 3 (Fig.15), onde a DBO₅ apresentou significativo aumento, acompanhando a curva da precipitação.

3.2. Demanda Química de Oxigênio - DQO

A DQO expressa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar todos os compostos sujeitos à reação de oxi-redução presentes na amostra. É diretamente proporcional à poluição de um corpo d'água. Amostras altamente

poluídas apresentam DQO elevada, podendo atingir valores acima de 80.000,0 mg/l, no caso de aterros sanitários.

Os resultados de DQO para as amostras coletadas no Rio Sangão apresentaram valores relativamente baixos, o que indica uma fraca presença de compostos orgânicos nas amostras coletadas (Fig. 17).

No Rio Sangão a relação DBO_5/DQO , que caracteriza o potencial e o estado de evolução da carga orgânica das amostras, apresenta valores que variaram entre 0,12 a 0,24, comportamento semelhante aos resultados verificados pelo PROGESC (1995), onde a relação DBO_5/DQO apresentou valores entre 0,22 à 0,27, o que indica baixa carga orgânica nas amostras.

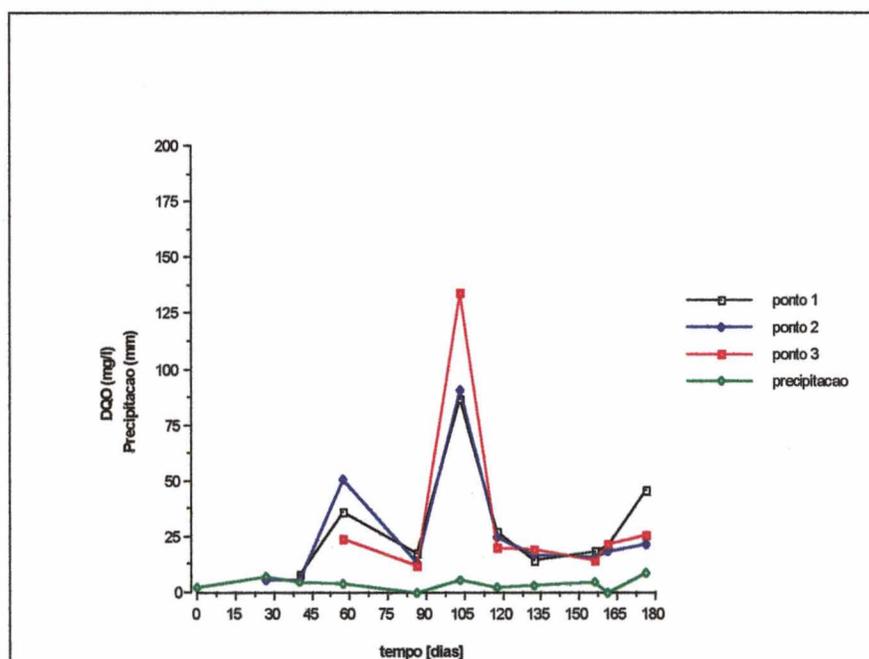


Fig. 17: Resultados de DQO para os pontos do Rio Sangão

No aterro, a DQO apresentou comportamento diferente para os três poços (Figs. 18, 19 e 20). As primeiras amostras coletadas indicaram os valores mais altos, coincidindo com o período de menor precipitação na região. A partir da quarta coleta (mês de janeiro), com aumento do volume de precipitação, os poços 2 e 3 apresentaram uma elevação nos valores de DQO

enquanto que no poço 1 houve uma queda nas concentrações deste parâmetro.

O comportamento da curva de DQO para os poços 2 e 3 é semelhante à curva de DBO₅ para os mesmos (Figs. 15 e 16).

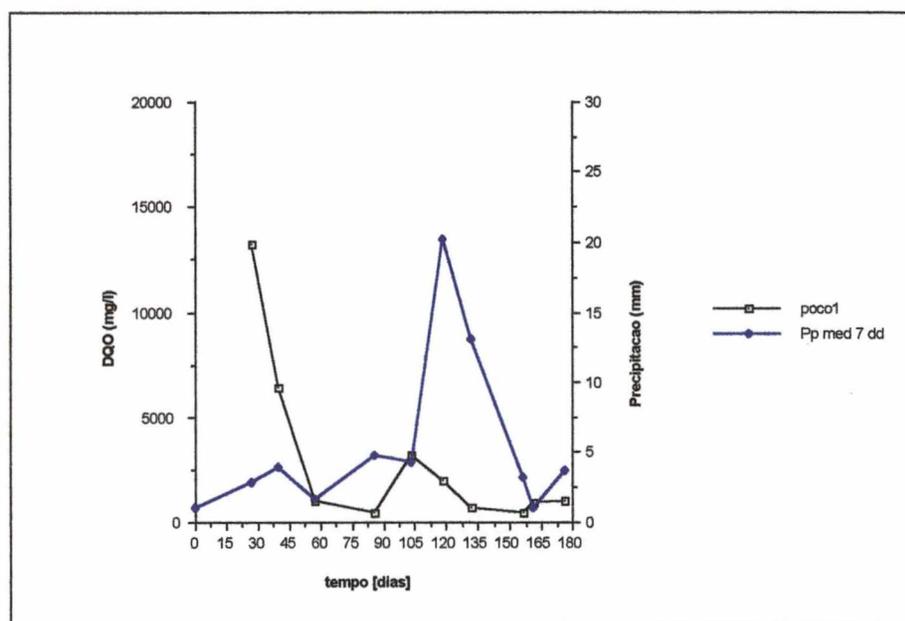


Fig. 18: Resultados de DQO para o poço 1 do aterro.

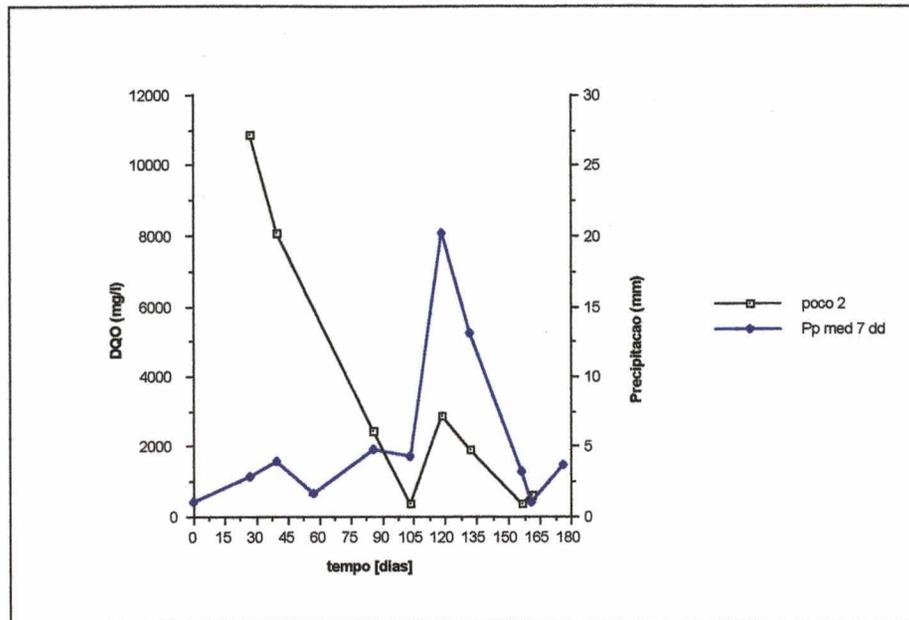


Fig. 19: Resultados de DQO para o poço 2 do aterro.

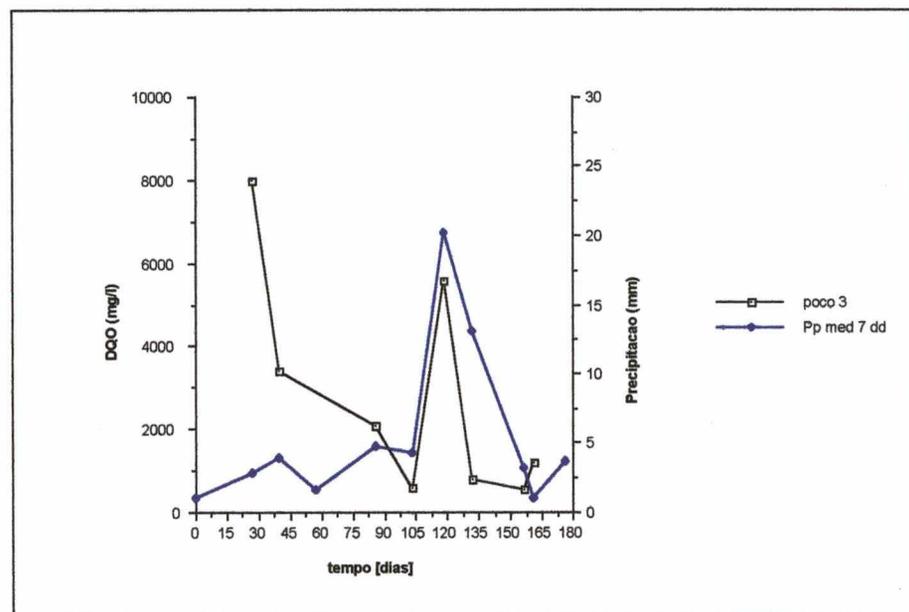


Fig. 20: Resultados de DQO para o poço 3 do aterro.

Os altos valores de DQO evidenciam a elevada carga orgânica do líquido percolado no aterro, resultante da degradação dos resíduos, já indicada pelos resultados da DBO₅.

3.3. pH

O índice de acidez do Rio Sangão apresentou valores próximos à 2,4, como consequência direta das atividades ligadas à mineração existentes em suas margens. A lixiviação das pilhas de rejeitos provoca a degradação química da pirita e a formação de ácidos.

As amostras dos três pontos de coleta no Rio Sangão apresentaram comportamento similar em relação à precipitação, havendo aumento dos valores de pH nos meses de maior índice pluviométrico (Figs. 21, 22 e 23).

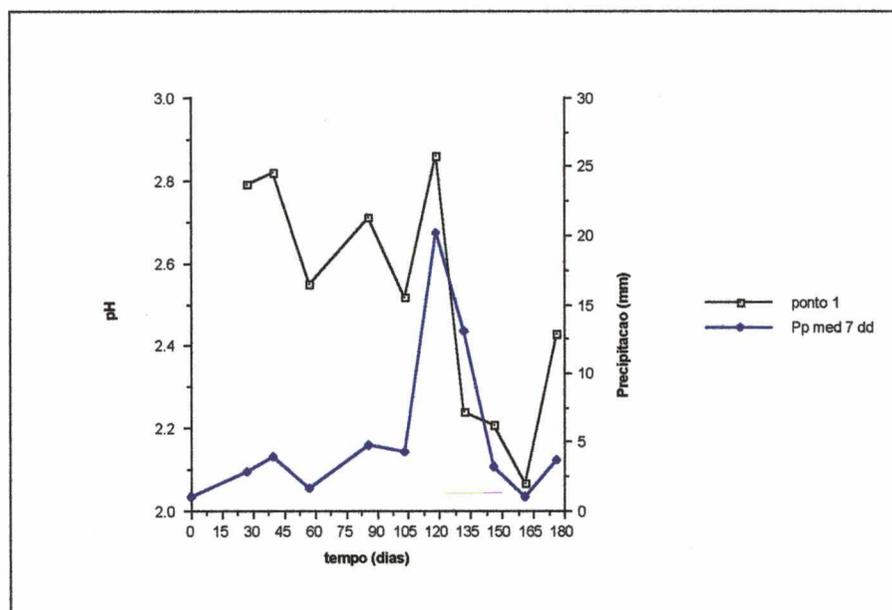


Fig. 21: Resultados de pH para o ponto 1 do Rio Sangão

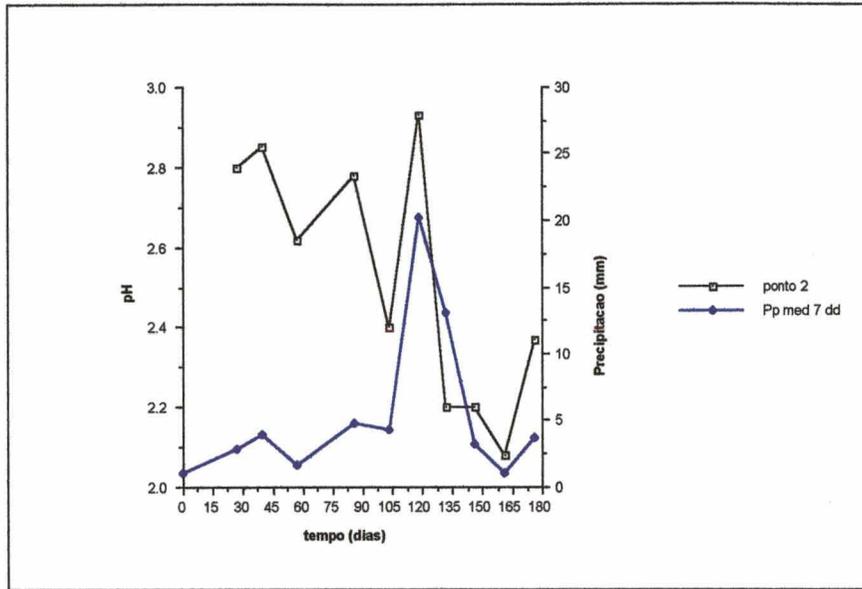


Fig. 22: Resultados de pH para o ponto 2 do Rio Sangão

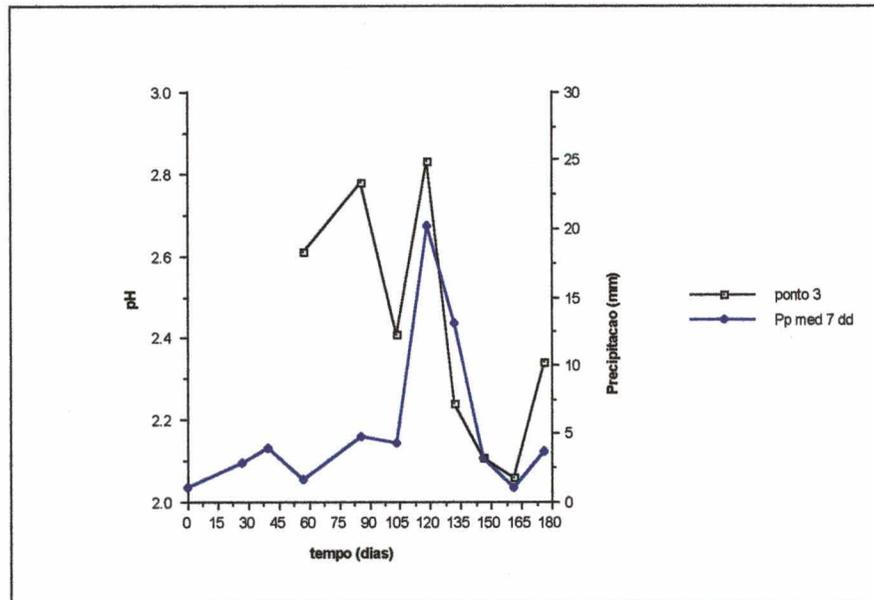


Fig. 23: Resultados de pH para o ponto 3 do Rio Sangão

O pH encontrado para as amostras coletadas no aterro apresentou valor médio de 4,6. Este valor é 1,5 vezes superior ao pH determinado para o Rio Sangão (2,4). A redução da acidez nas amostras

coletadas no aterro pode ser creditada à presença de compostos orgânicos resultantes da degradação dos resíduos sólidos.

A matéria orgânica torna-se uma fonte de carbono orgânico necessária às bactérias redutoras de sulfato, que retiram energia da redução do sulfato através do seu metabolismo, liberando íons sulfeto como resíduo, que combinam-se com dois íons de hidrogênio, formando H_2S (gás sulfídrico), que é liberado para a atmosfera. Este mecanismo é responsável pela redução da acidez na recuperação natural e acelerada de águas ácidas (PROGESC, 1995).

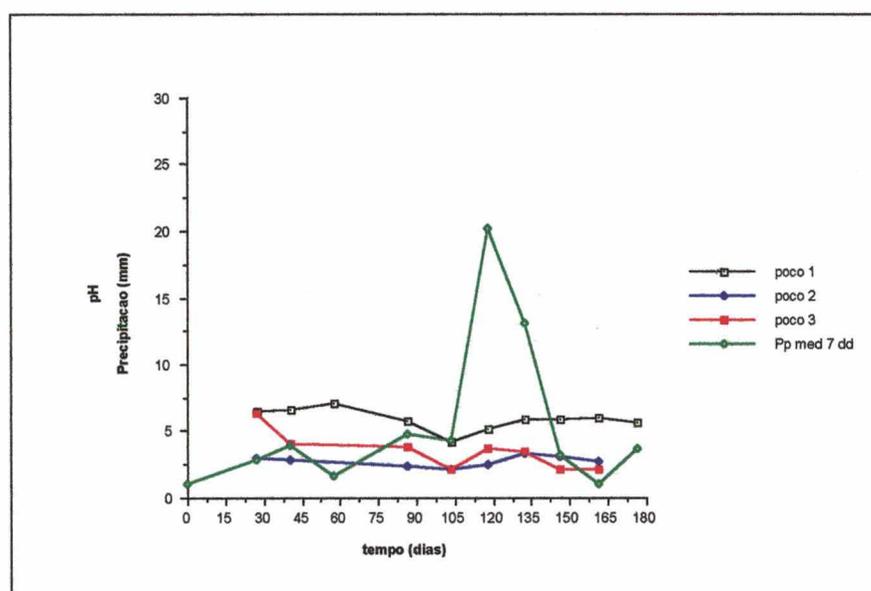


Fig. 24: Resultados de pH para os poços do aterro.

A análise da Figura 24 permite verificar que o poço 1 apresentou os valores de pH mais altos durante o período analisado, sendo que o poço 3 foi o que apresentou as maiores variações de pH.

3.4. Nitrogênio Total (N_{tot})

Os compostos nitrogenados, quando presentes na água são provenientes da decomposição das proteínas presentes na matéria orgânica.

A concentração de nitrogênio é diretamente proporcional à presença de matéria orgânica em uma amostra.

Os resultados obtidos para as amostras coletadas no rio (Fig. 25), indicam pouca variação nos valores de N_{tot} durante o período de coleta. Os valores ficaram sempre abaixo de 5 mg/l, como resultado do pH ácido e da baixa atividade biológica.

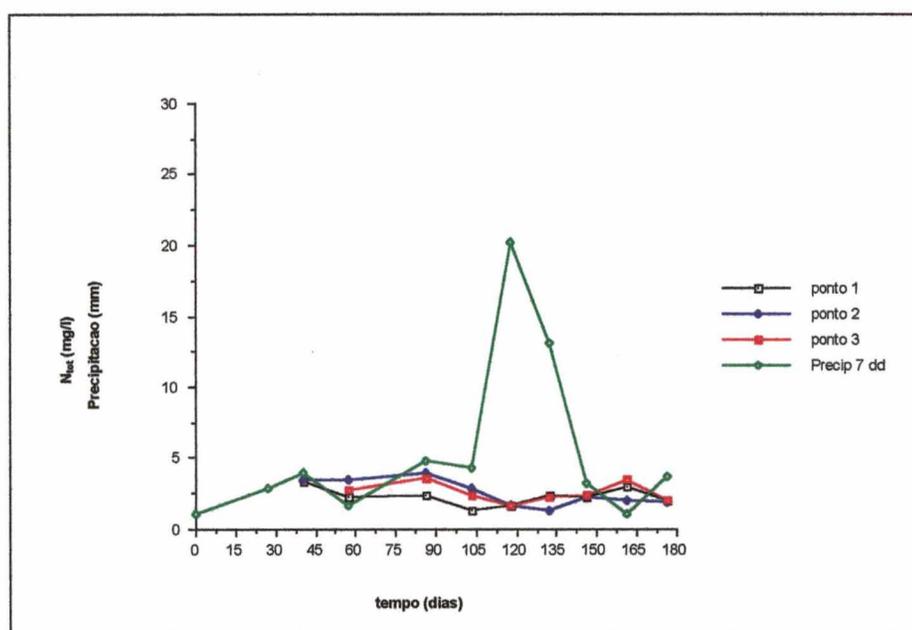


Fig. 25: Resultados de N_{tot} para os pontos do Rio Sangão

Através das figuras 26, 27 e 28, verifica-se uma queda nas concentrações de N_{tot} por volta dos 100 dias do início das coletas. Este período indica o início do mês de fevereiro, quando as temperaturas são elevadas na região e no presente caso um período de baixo volume de precipitação até

então. Se considerarmos que a atividade biológica é maior em temperaturas mais altas, pode-se deduzir que a atividade biológica presente na massa dos resíduos pode ter provocado um maior consumo deste nutriente, diminuindo a sua concentração. Note-se que a curva da concentração voltou a subir quando aumentou o volume de chuvas, fazendo supor uma diminuição da temperatura no corpo do aterro.

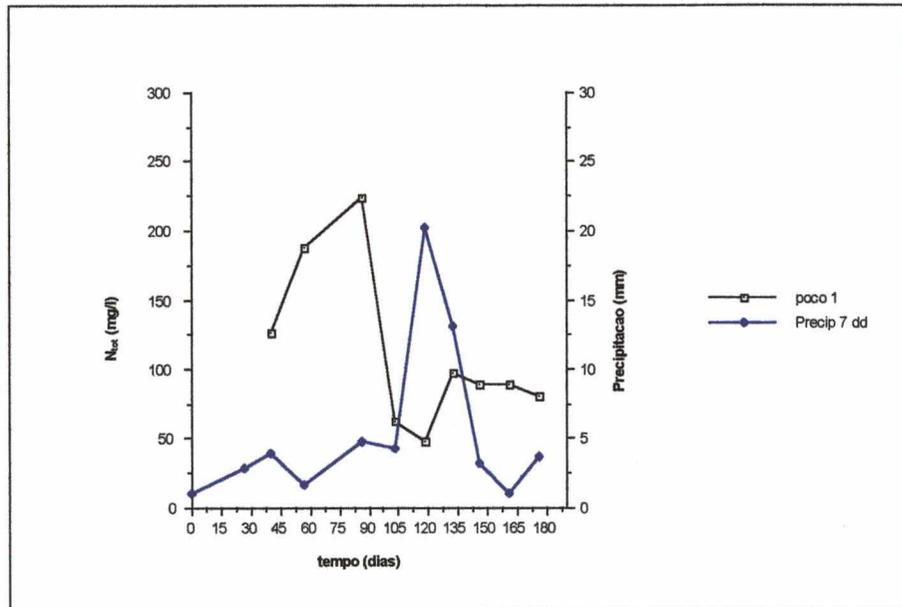


Fig. 26: Resultados de N_{tot} para o poço 1 do aterro.

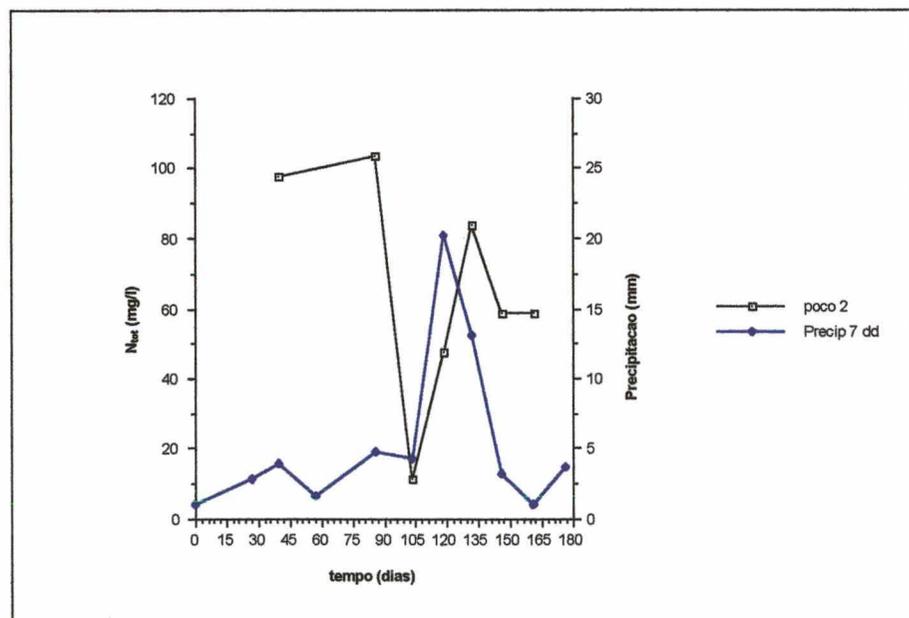


Fig. 27: Resultados de N_{tot} para o poço 2 do aterro.

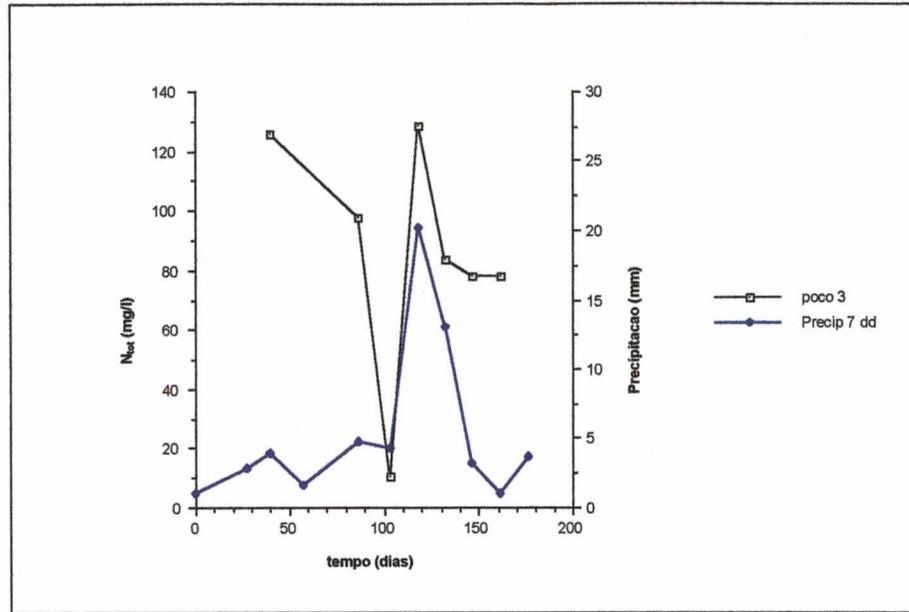


Fig. 28: Resultados de N_{tot} para o poço 3 do aterro.

3.5. Sulfatos (SO₄)

Os sulfatos estão presentes na natureza e podem estar presentes nas águas em diferentes concentrações. As drenagens de minas de carvão são fontes de grandes concentrações de sulfato, provenientes da oxidação da pirita. O sulfato pode provocar a formação de ácido sulfúrico, e conseqüente redução do pH dos corpos d'água.

No período analisado este parâmetro apresentou comportamento similar para os pontos 1 e 2 do Rio Sangão, indicando uma pequena diferença no ponto 3 (Figs. 29, 30 e 31).

Para as amostras coletadas no aterro, este parâmetro não foi analisado, devido a alta concentração de matéria orgânica, que confere à amostra uma coloração escura, impedindo a análise pelo método turbidimétrico,

utilizado pelo laboratório da UNESCO. A possibilidade de diluição das mostras foi descartada por aumentar proporcionalmente a margem de erro.

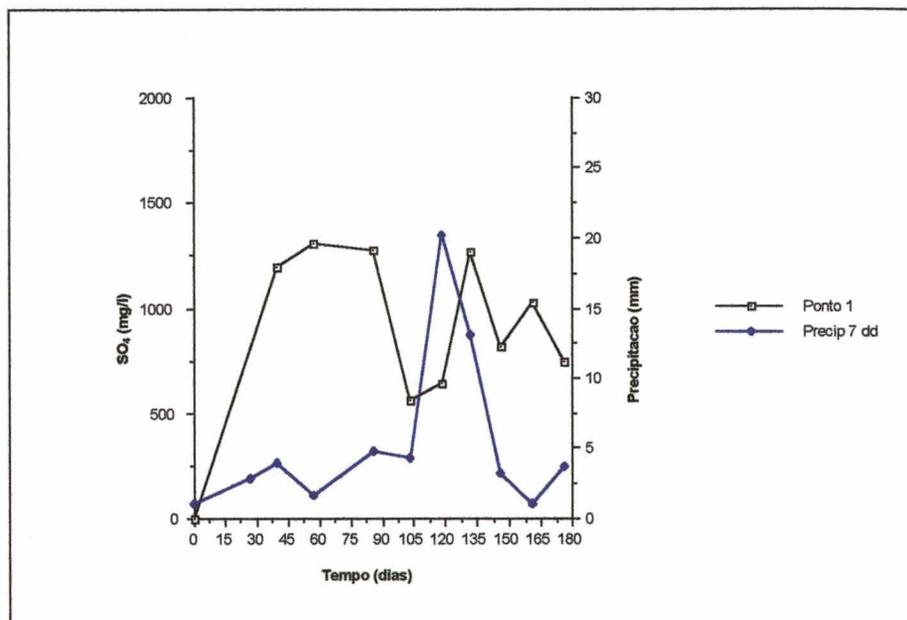


Fig. 29: Resultados de SO_4 para o ponto 1 do Rio Sangão

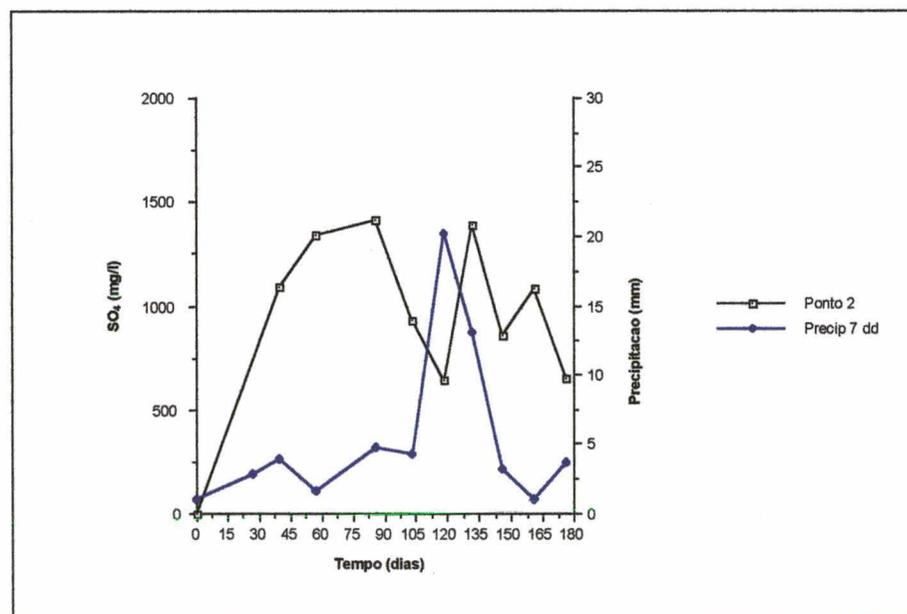


Fig. 30: Resultados de SO_4 para o ponto 2 do Rio Sangão

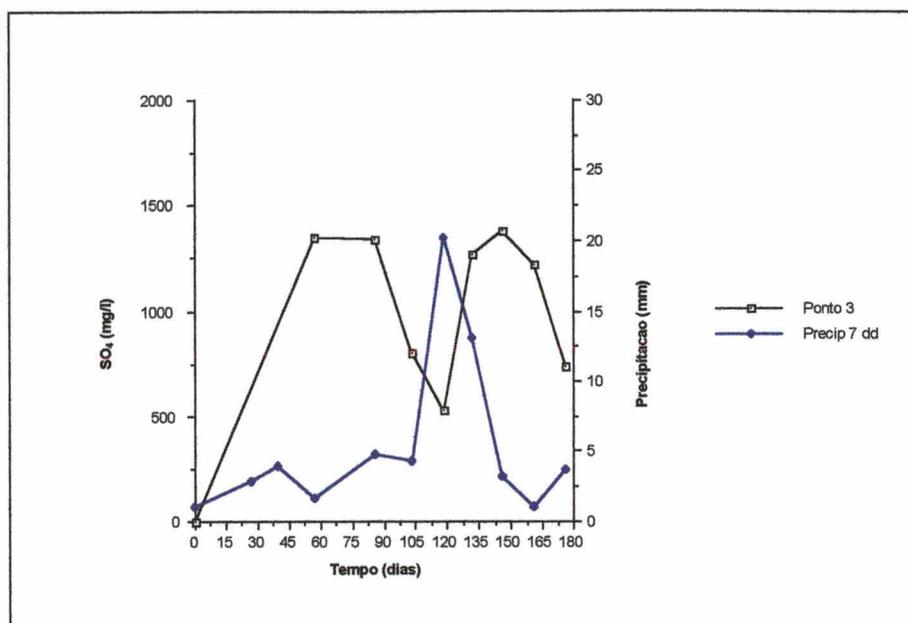


Fig. 31: Resultados de SO₄ para o ponto 3 do Rio Sangão

3.6. Chumbo (Pb)

A contaminação da água pelo chumbo, provoca a destruição de hemoglobina dos peixes e retarda o crescimento de vários organismos. No homem o chumbo é cumulativo, no cérebro provoca encefalites graves, além disso pode causar enfermidades como anemias, problemas renais, paralisia, melancolia, glaucoma, e outras doenças, conforme citado em PROGESC (1995).

O estudo realizado pelo PROGESC (1995), encontrou concentrações de chumbo bem menores do que as encontradas neste trabalho, para o Rio Sangão (Figs. 32, 33 e 34). Existe a possibilidade de que o metal detectado nas amostras tenha sua origem no aterro de resíduos sólidos, uma vez que as concentrações mais altas foram detectadas nas amostras coletadas no ponto 3 do rio, o qual está localizado à jusante do aterro.

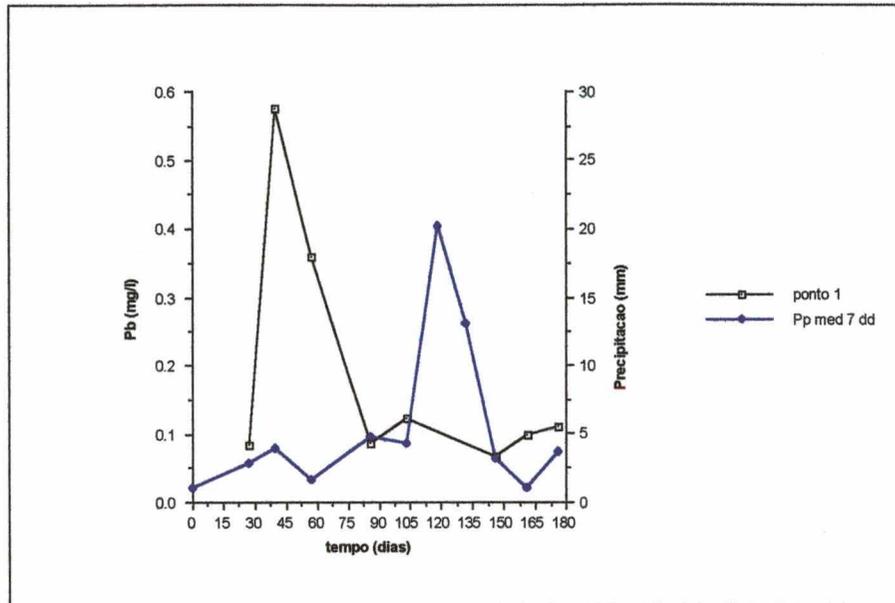


Fig. 32: Resultados de Pb para o ponto 1 do Rio Sangão

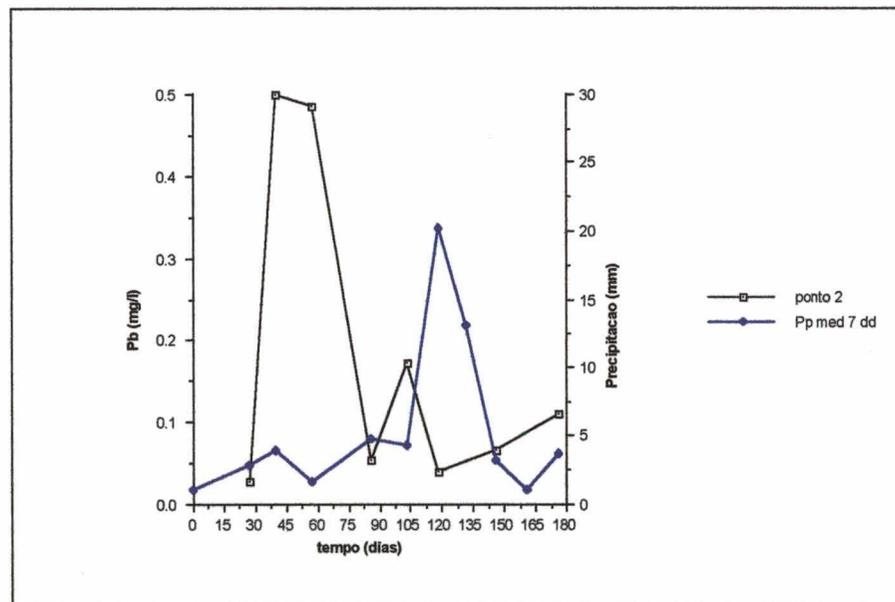


Fig. 33: Resultados de Pb para o ponto 2 do Rio Sangão

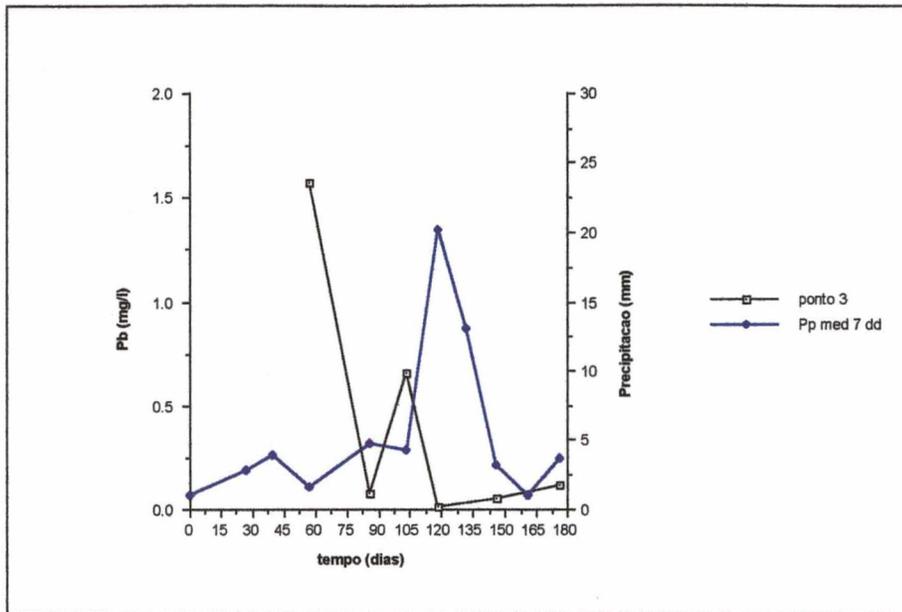


Fig. 34: Resultados de Pb para o ponto 3 do Rio Sangão

As concentrações de chumbo nas amostras coletadas no aterro (Figs. 35, 36 e 37) apresentaram valores significativamente maiores que aquelas encontradas nas amostras coletadas no rio, sendo que todas apresentaram o mesmo comportamento com relação à precipitação, com valores mais baixos na época de maior volume de chuvas.

Nos três poços houve grande variação de concentração deste parâmetro nas amostras.

Os valores mais altos verificados nas amostras do aterro podem ser devido a degradação dos resíduos ali depositados, uma vez que o chumbo está presente em muitos materiais, principalmente em tintas.

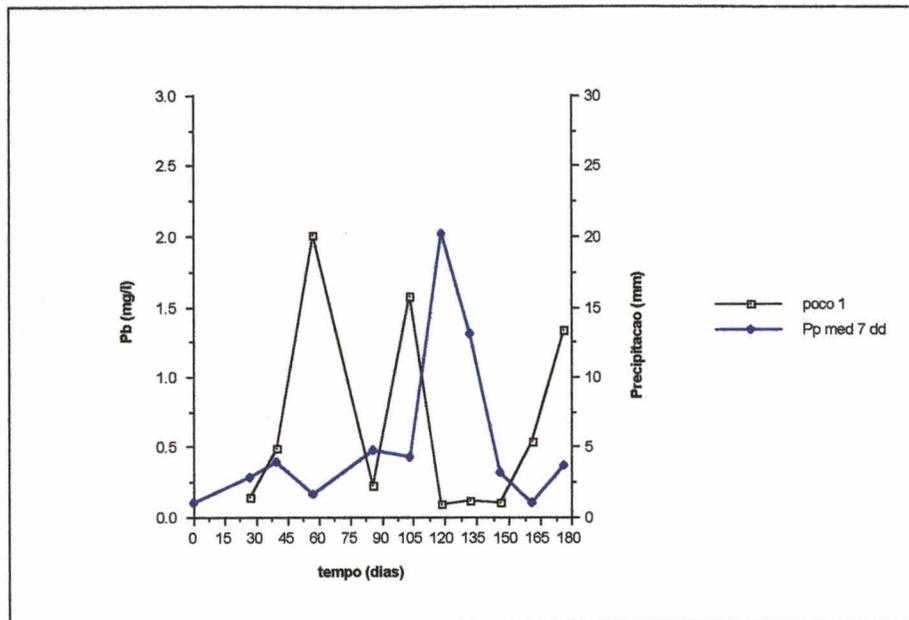


Fig. 35: Resultados de Pb para o poço 1 do aterro.

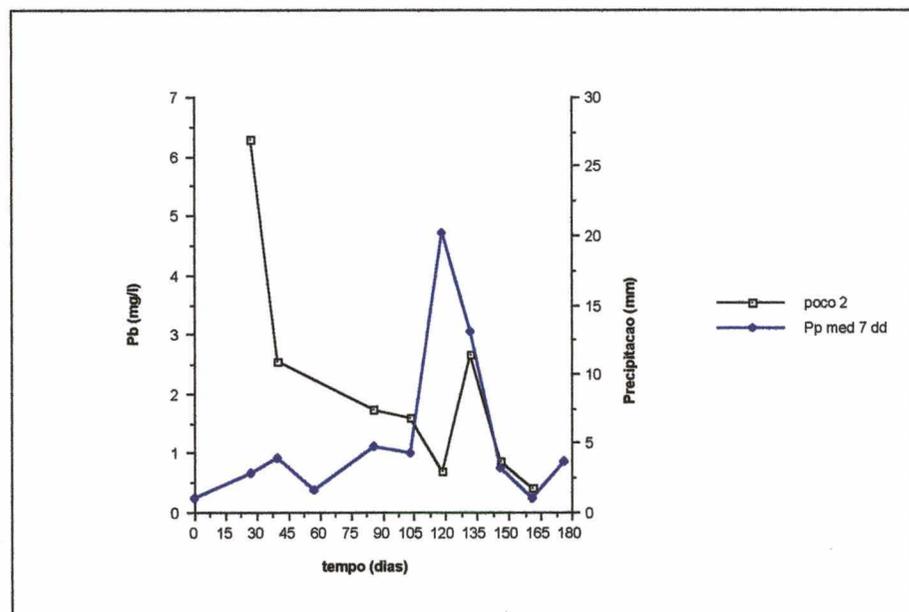


Fig. 36: Resultados de Pb para o poço 2 do aterro.

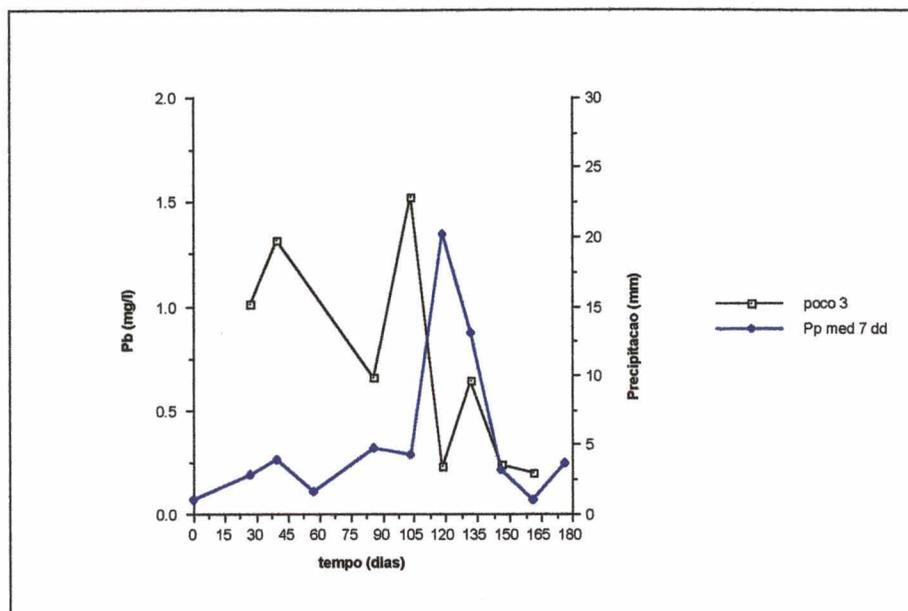


Fig. 37: Resultados de Pb para o poço 3 do aterro.

3.7. Ferro Total (Fe_{tot})

Conforme citado pelo PROGESC (1995), a presença de ferro em corpos d'água propicia o desenvolvimento de ferro-bactérias, que conferem à água uma coloração avermelhada e odor desagradável.

Na região carbonífera a causa principal da elevada concentração de ferro nas águas está relacionada às atividades ligadas a mineração do carvão.

As amostras coletadas no Rio Sangão evidenciaram a presença de Fe em altas concentrações (Quadro 4 e Figuras 38, 39 e 40), resultado da presença de grande quantidade de rejeitos da mineração do carvão nas suas margens. Estas altas concentrações também foram verificadas nas amostras de água superficial (Quadro 4) e no trabalho desenvolvido pelo PROGESC (1995).

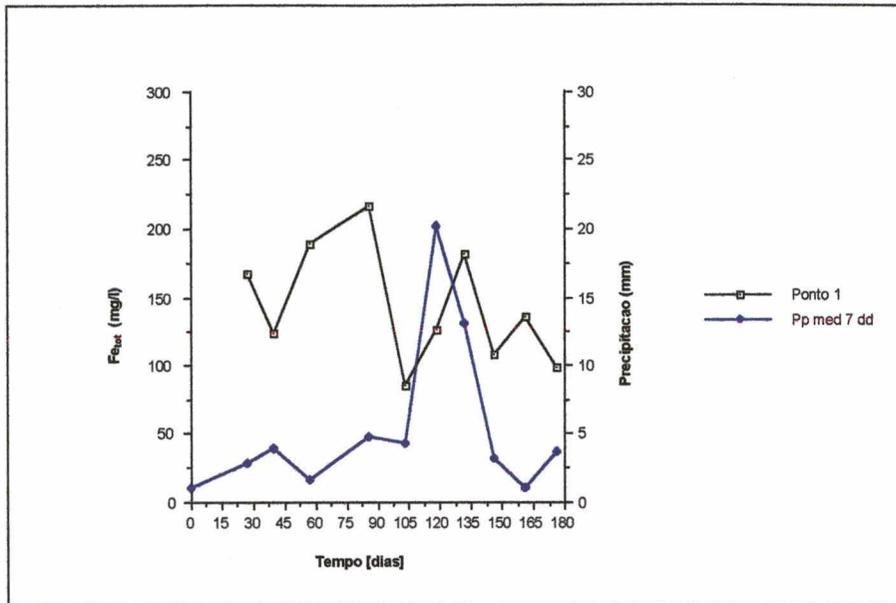


Fig. 38: Resultados de Fe_{tot} para o Ponto 1 do Rio Sangão

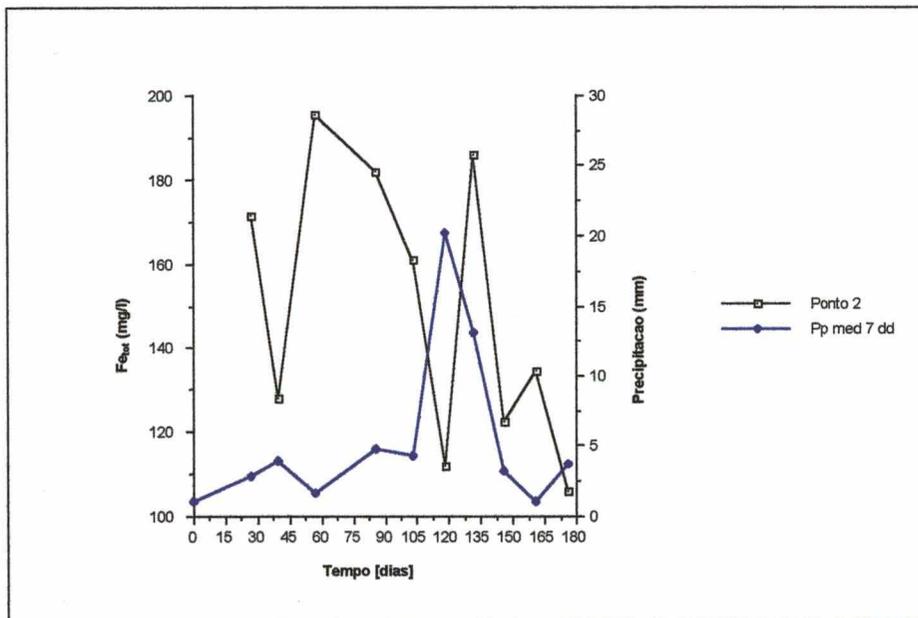


Fig. 39: Resultados de Fe_{tot} para o ponto 2 do Rio Sangão

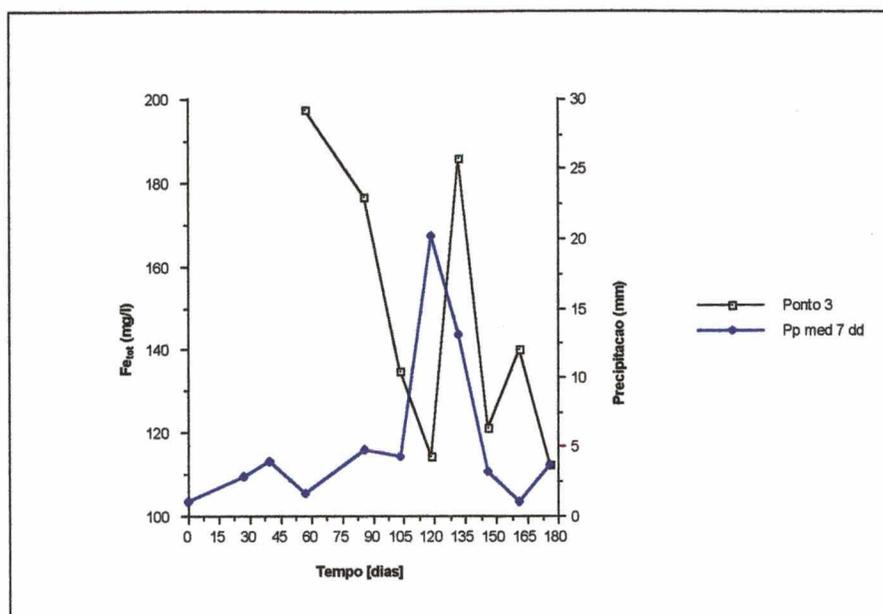


Fig. 40: Resultados de Fe_{tot} para o ponto 3 do Rio Sangão

Os resultados de Fe_{tot} apresentaram o mesmo comportamento daqueles obtidos para SO₄, indicando mais uma vez a influência da degradação da pirita presente nos rejeitos de carvão.

As análises indicaram influência direta da precipitação nos resultados. As amostras apresentaram concentrações de ferro menores nos períodos de maior volume de chuvas, sendo que no ponto 1 verifica-se uma variação menor em relação aos pontos 2 e 3.

As concentrações de ferro nas amostras coletadas no aterro (Figs. 41, 42 e 43), apresentaram resultados dez vezes superiores que aqueles encontrados para as amostras coletadas no Rio Sangão. Isto pode ser explicado pela presença de rejeitos da mineração intercaladas às camadas de resíduos. Além disso as amostras coletadas no aterro apresentavam-se menos diluídas que aquelas coletadas no Rio Sangão.

Nos três poços de coleta, verificou-se grande variação nas concentrações de Fe_{tot} durante o período analisado.

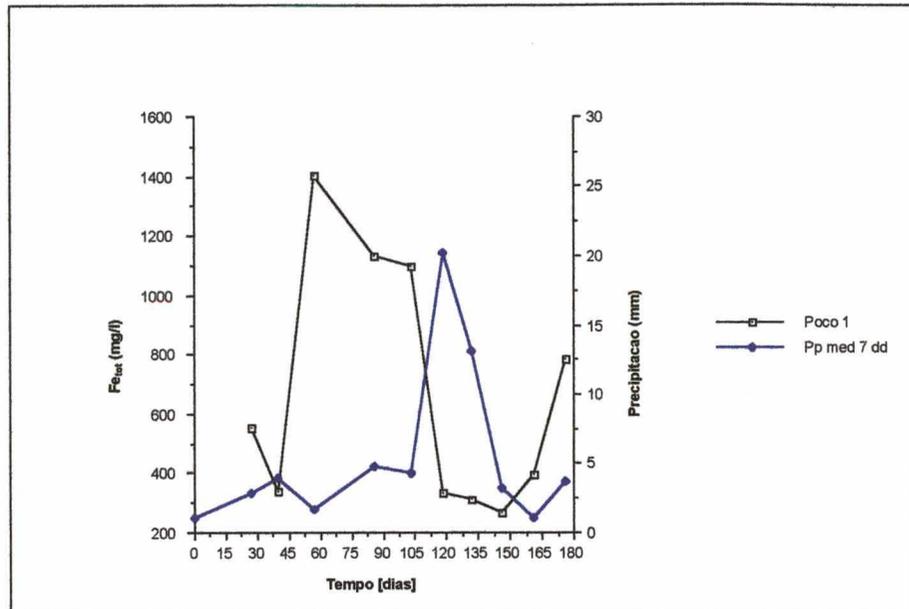


Fig. 41: Resultados de Fe_{tot} para o poço 1 do aterro

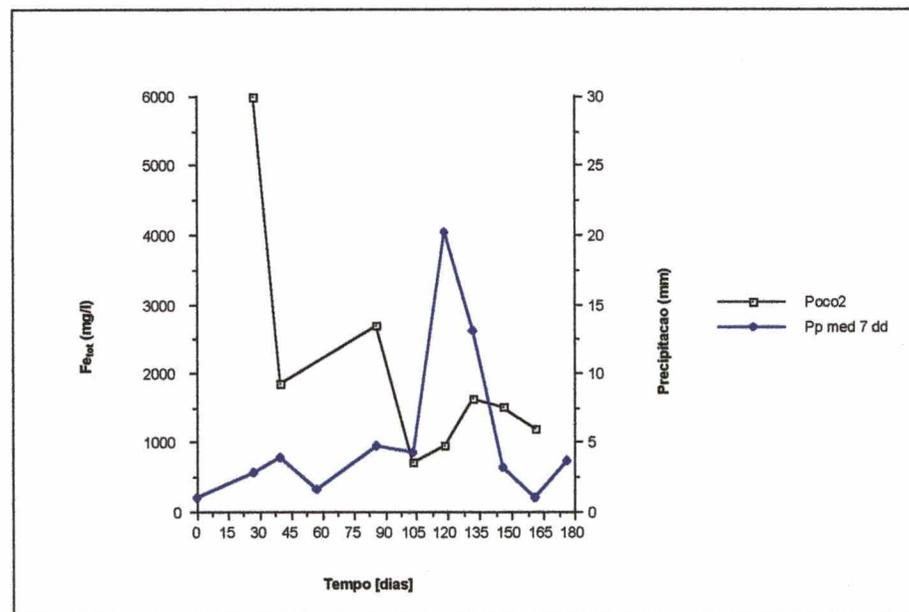


Fig. 42: Resultados de Fe_{tot} para o poço 2 do aterro.

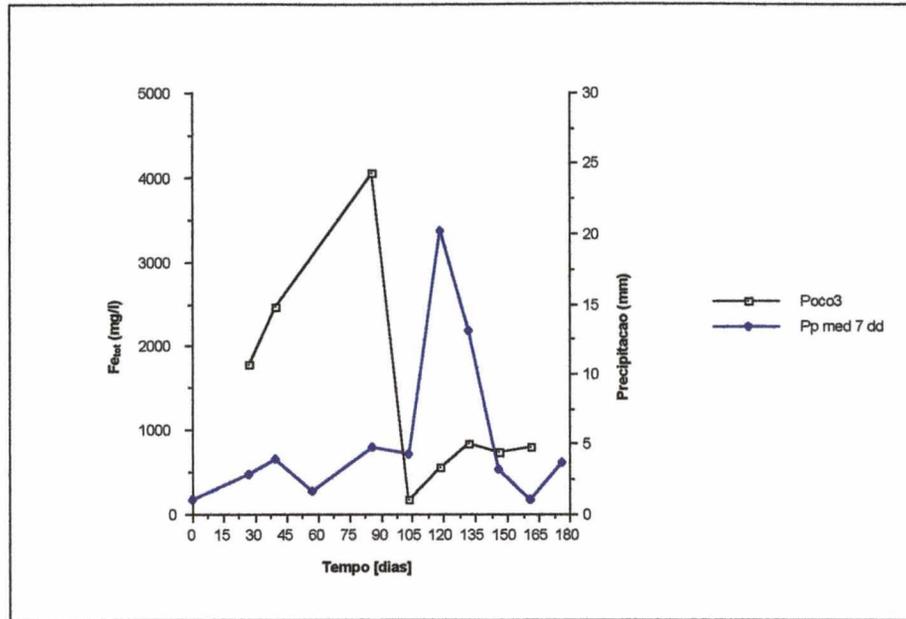


Fig. 43: Resultados de Fe_{tot} para o poço 3 do aterro.

3.8. Manganês (Mn)

A concentração máxima deste elemento, permitida pela legislação estadual (Lei 5793/80), para águas de abastecimento público é de 1,0 mg/l. No carvão o manganês está presente como elemento-traço, em concentrações da ordem de ppm, conforme citado por GOTHE (1993). As análises das amostras coletadas no início do trabalho, apresentaram valores de até 30 vezes maiores que o limite admitido, provavelmente devido às baixas precipitações (Fig. 44).

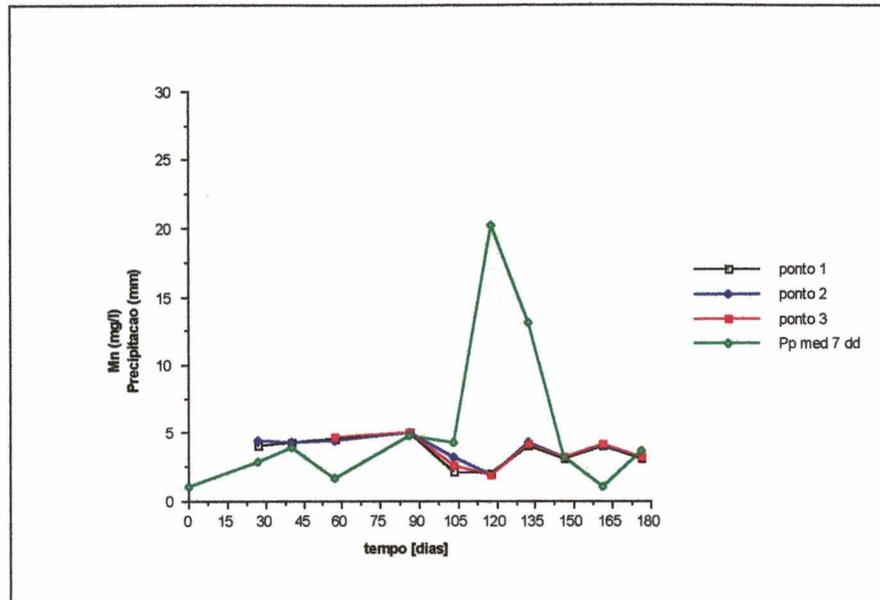


Fig. 44: Resultados de Mn para os pontos do Rio Sangão.

No Rio Sangão as concentrações ficaram próximas a 5,0 mg/l no início do período de coleta, caindo para valores em torno de 3,0 mg/l quando do início do período de chuvas.

O manganês, pode ser proveniente de poluição de origem industrial ou decorrente da lixiviação de minérios que contém este metal. No caso do Rio Sangão se origina, possivelmente das pilhas de rejeitos de carvão existentes em suas margens.

O manganês presente nas amostras do aterro (Fig. 45), tem sua origem nos rejeitos da mineração utilizados como cobertura dos resíduos.

O manganês é um dos contaminantes que torna muito difícil a potabilização das águas através do tratamento convencional, devido ao seu alto pH de precipitação, conforme mencionado em PROGRESA (1995).

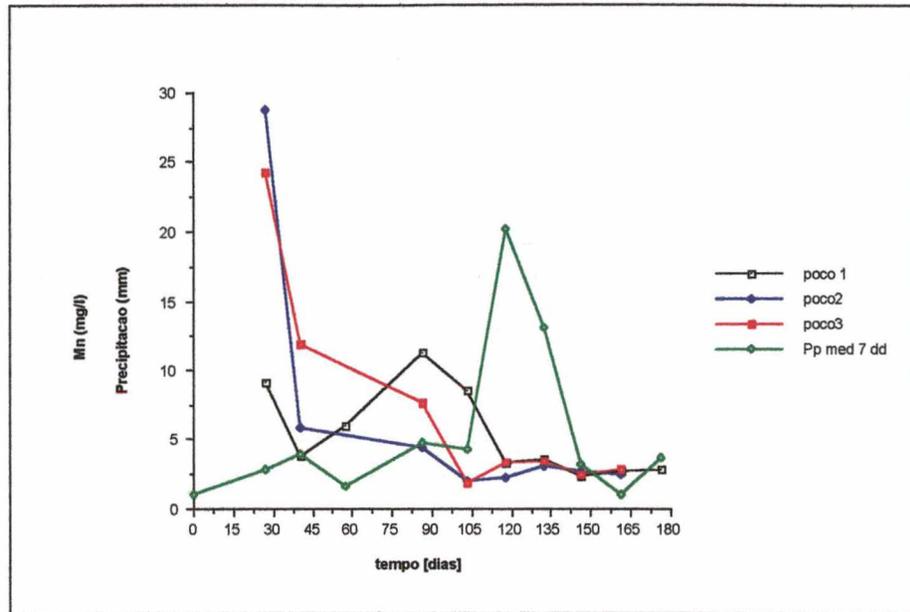


Fig. 45: Resultados de Mn para os poços do aterro.

O comportamento da curva permite relacionar a diminuição das concentrações do metal à medida que aumentou o volume de precipitação.

3.9. Zinco (Zn)

O zinco é um elemento traço presente no carvão. Os baixos índices de pH podem solubilizar este elemento.

Em cursos d'água o zinco pode também ser proveniente de indústrias de galvanoplastia e do ramo metal mecânico.

Para os peixes é tóxico em concentrações a partir de 4,0 mg/l e para o plâncton a partir de 1,0 mg/l.

Na água potável o limite máximo permitido é de 5,0 mg/L.

No Rio Sangão (Fig.46), os três pontos apresentam o mesmo comportamento em relação a este parâmetro, apresentando valores médios em torno de 2,0 mg/l (Quadro 5).

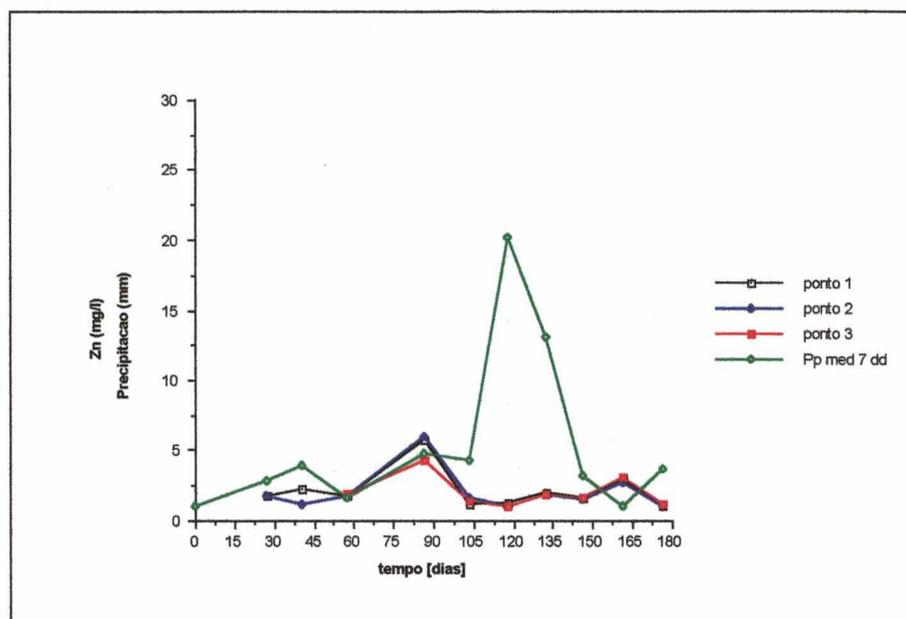


Fig. 46: Resultados de Zn para os pontos do Rio Sangão

Os valores de zinco determinados nas amostras coletadas no aterro (Fig. 47), foram superiores a três vezes os valores encontrados para as amostras coletadas no rio (Fig. 46), o que pode ser devido à diluição das amostras do rio, ou devido à presença deste metal nos resíduos sólidos depositados no aterro.

O poço 2 (Fig. 47), foi o que apresentou maior variação dos resultados no período de observação, ao contrário do poço 1, que apresentou a menor variação e os menores valores de concentração deste parâmetro.

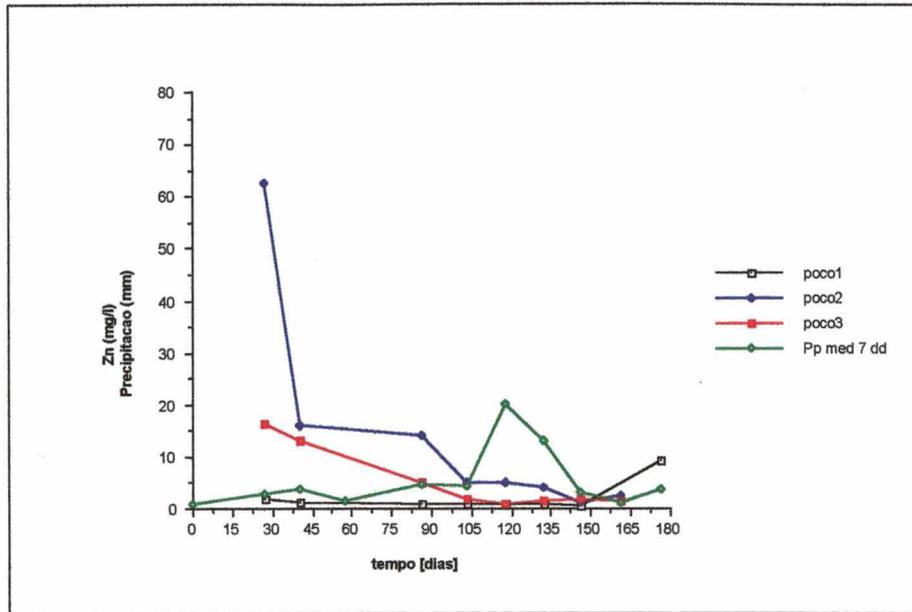


Fig. 47: Resultados de Zn para os poços do aterro.

CAPÍTULO 7 - Conclusões e Recomendações

1. Conclusões

Os resultados obtidos permitem avaliar as condições ambientais, bem como os impactos suplementares gerados pela disposição dos resíduos sólidos urbanos naquele local.

As análises das amostras de água superficial coletadas em quotas superiores no entorno do aterro de resíduos sólidos, evidenciaram uma alta degradação ambiental, devido à presença de depósitos de rejeitos de carvão. Esta degradação, pode-se concluir, reflete as condições ambientais da área antes da instalação do aterro, uma vez que a mesma já abrigava os depósitos de rejeitos.

Os resultados de DBO_5 verificados para as amostras do Rio Sangão, quando comparados com o resultado de outros estudos (PROGESC, 1995), permitem concluir que não há agravamento da degradação do rio pela presença do aterro em suas margens.

Considerando-se os valores médios (Quadro 5), verifica-se um acréscimo de carga orgânica proveniente do aterro nas águas do rio nas amostras coletadas nos pontos a jusante do aterro, representada pelo aumento dos valores de DBO_5 , DQO e N_{tot} .

Quanto ao aterro, observa-se inicialmente, uma elevada carga orgânica nos líquidos percolados (chorume) coletados no corpo do aterro, resultantes da degradação aeróbia e anaeróbia dos resíduos.

Por outro lado, os valores elevados de DQO, indicam uma elevada carga inorgânica nos líquidos percolados (chorume), coletados no aterro, provenientes da degradação dos resíduos sólidos urbanos, e

principalmente em consequência da presença de grande quantidade de rejeitos da mineração do carvão nas camadas intermediárias.

A relação DBO_5/DQO , utilizada para caracterizar o potencial e o estado de evolução da carga orgânica dos líquidos percolados, apresentou valores médios que variaram de 0,25 a 0,45 para os poços do aterro, e de 0,12 a 0,24 para os pontos do Rio Sangão. Estes valores são indicativos de cargas orgânicas fracamente biodegradáveis.

Esta fraca biodegradabilidade pode ser explicada, pela presença de elementos inorgânicos originários dos resíduos urbanos e da lixiviação dos rejeitos de carvão. Estes elementos orgânicos e inorgânicos conferem aos líquidos percolados um alto poder poluente.

O pH das amostras coletadas no Rio Sangão apresentaram valores em torno de 2,4, indicando a presença dos compostos ácidos resultantes principalmente da degradação da pirita, presente nos rejeitos da mineração.

No aterro, o pH apresentou índices mais elevados, provavelmente devido à presença dos resíduos sólidos. A matéria orgânica dos resíduos torna-se fonte de carbono orgânico para as bactérias sulfato-redutoras, cujo metabolismo retira energia da redução do sulfato, liberando íons sulfeto, que combinam-se com dois íons de hidrogênio, formando o gás sulfídrico. Este processo é responsável pela redução da acidez.

As concentrações de N_{tot} e Sulfatos verificadas no Rio Sangão justificam os resultados obtidos para a DBO_5 , DQO e pH. Altas concentrações de sulfatos, gerados pelos rejeitos da mineração, possibilitam a formação de ácido sulfúrico, principal responsável pelos baixos índices de pH.

As concentrações de chumbo verificadas no Rio Sangão são significativamente mais elevadas do que aquelas verificadas pelo PROGESC (1995). A presença deste elemento nas amostras pode ter sua origem no aterro

de resíduos sólidos, uma vez que os resultados médios (Quadro 5) indicam um aumento da concentração deste elemento nas amostras coletadas nos pontos a jusante do aterro. Observa-se, porém, que o ponto 1, localizado a montante do aterro, portanto não sofrendo influência do mesmo, apresentou concentrações entre 1,2 à 12 vezes mais elevadas que as verificadas pelo PROGESC (1995).

No aterro, o chumbo apresentou elevadas concentrações nos 3 poços de coleta, provavelmente relacionada à degradação dos resíduos sólidos. Nestes, o chumbo está presente em vários materiais, principalmente em tintas e vernizes.

As concentrações de Fe_{tot} nas amostras do Rio Sangão são consequência da grande quantidade de rejeitos da mineração do carvão existente em suas margens. Estas altas concentrações também foram detectadas no estudo realizado pelo PROGESC (1995), e por vários outros trabalhos anteriores.

As elevadas concentrações de Fe_{tot} , verificadas nas amostras coletadas no aterro, não são características de aterro de resíduos sólidos, visto que este elemento não se encontra facilmente disponível (lixiviado). Neste caso, a presença dos rejeitos da mineração do carvão alteram o processo.

Manganês e zinco são elementos-traço presentes no carvão, em concentrações da ordem de ppm.

Nas amostras do Rio Sangão, os valores médios destes dois metais, são menores que as concentrações verificadas pelo PROGESC (1995).

No aterro, as concentrações foram maiores, mas com grande variação entre os poços. Neste caso a origem destes elementos certamente está relacionada à presença dos rejeitos de carvão.

Considerando que o aterro estudado foi instalado sem a adoção de técnicas adequadas, recomenda-se a realização de pesquisas para verificação de possíveis impactos sobre a qualidade das águas subterrâneas (lençol freático e aquíferos), o que viria complementar o trabalho realizado, e possibilitar uma conclusão mais segura sobre a presença do aterro e as conseqüências sobre o ambiente.

A partir dos resultados obtidos, e uma vez adotados os procedimentos técnicos adequados para a instalação de aterros sanitários, consideramos possível propor a utilização de outras áreas degradadas pela deposição de rejeitos de carvão, existentes na Região Carbonífera de Santa Catarina, para a mesma finalidade, isto é, receber os resíduos sólidos dos municípios próximos como forma de recuperar a topografia, incorporar matéria orgânica e permitir a revegetação destas áreas.

2. Recomendações Técnicas

No caso estudado, deve-se salientar que o aterro controlado foi instalado em uma antiga bacia de decantação de finos, sem que fossem adotadas técnicas de engenharia indicadas para impermeabilização do fundo, do controle do escoamento das águas superficiais, da compactação dos resíduos e outras.

Uma vez adotados os procedimentos técnicos adequados para a instalação de um aterro sanitário, a utilização de áreas de deposição de rejeitos como locais de destino final dos resíduos sólidos produzidos pelos municípios da região, poderia vir a ser uma forma de recuperação do ambiente degradado, uma vez que outras formas recomendadas para recuperação destas áreas envolvem altos custos financeiros.

Além de Criciúma, Nova Veneza e Forquilha, outros municípios como Lauro Müller, Urussanga, Siderópolis e Cocai do Sul, possuem próximo ao perímetro urbano áreas de deposição de rejeitos que poderiam, após a realização de estudos de viabilidade específicos para cada área, ser utilizadas como local de destino final dos resíduos sólidos urbanos.

A instalação de aterros sanitários em áreas de rejeitos, poderia ser implementada sob a forma de consórcios, reunindo vários municípios que enfrentam problemas para localização de uma área adequada para disposição adequada dentro de seus limites, como ocorre atualmente no aterro estudado.

A destinação para estes locais da parte não reciclável dos resíduos sólidos, constituída em grande parte de matéria orgânica, seria a forma ideal de recuperação do substrato estéril dos depósitos de rejeitos.

Para que se obtenha uma efetiva recuperação do ambiente degradado, a disposição deverá ser precedida de uma campanha educativa

promovida pelos poderes públicos municipais, através de escolas, associações de moradores, condomínios, e outros, com o objetivo de esclarecer e motivar a população dos municípios a separar os resíduos recicláveis (vidro, papel, plástico e metais) do lixo orgânico, o que não ocorre atualmente no aterro estudado.

A separação do lixo, além de permitir a reciclagem como forma de preservar os recursos naturais, proporciona uma considerável diminuição do volume de resíduos destinados ao aterro, o que corresponde ao aumento de sua vida útil.

A adoção pelos municípios de uma coleta seletiva do lixo urbano, pressupõe a disposição do poder público de assumir a sua responsabilidade no gerenciamento de uma ação conjunta com a população, uma vez que esta fará a separação dos resíduos recicláveis, cabendo ao município a coleta e o transporte aos locais de seleção, acondicionamento, depósito e comercialização dos mesmos.

A compostagem da parcela orgânica dos resíduos sólidos, gerando composto orgânico, é uma forma de reduzir o volume de resíduos destinados ao aterro, além de proporcionar mais uma fonte de renda com a comercialização do produto. No caso específico da região carbonífera, este produto poderia ser utilizado na recuperação das áreas estéreis, degradadas pela deposição de rejeitos da mineração do carvão.

Por outro lado, a adoção da coleta seletiva tem uma grande importância social, e vem proporcionando a muitos municípios brasileiros solucionar o grave problema resultante da invasão indiscriminada dos lixões por pessoas que dali tiram o seu sustento e de suas famílias, catando os resíduos passíveis de reutilização e reciclagem.

A instalação de locais adequados para o trabalho de seleção, na maioria das vezes administrados por cooperativas de catadores, retira estes trabalhadores de uma situação de miséria, humilhação e de risco permanente à

sua saúde, dignificando sua atividade e melhorando a renda obtida com a comercialização dos produtos.

Ao negociar um volume maior do que aquele obtido individualmente, passam a ter maior poder de barganha, com a possibilidade de obter melhores preços.

Num primeiro momento, o município se responsabiliza pela organização dos trabalhadores, das rotas de coleta, da infra-estrutura dos locais de seleção e de armazenamento, bem como assessora a comercialização do material selecionado no período inicial.

Na maioria dos casos, depois de implantado e estabelecido o programa, a prefeitura fica responsável apenas pela coleta e transporte dos resíduos até os locais de classificação e de compostagem. A seleção, comercialização, e produção do composto orgânico na maioria dos casos é terceirizado através de cooperativas de trabalhadores, gerando empregos e dignificando o trabalho.

Estes programas podem ser implementados gradativamente, por bairros, possibilitando tanto um melhor acompanhamento do processo de motivação da população, como trabalhar inicialmente com volumes menores de resíduos, o que permite a correção de eventuais erros e a adaptação de procedimentos, adequando-os às características de cada município ou região.

CAPÍTULO 8 - Referências Bibliográficas

ABNT - NBR 8419/1984. **Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos** - Procedimentos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 1984. 13p.

_____ - NBR 10004/1987. **Resíduos Sólidos** – Classificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 1987. 63p.

_____ - NBR 10007/1987. **Amostragem de Resíduos** – Procedimentos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 1987. 25p.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater**. Arnold E. Greenberg et al. Washington. 1992. 18 ed.

ÁVILA, Edson L. **Caracterização Hidrogeológica e Hidroquímica da Formação Rio Bonito na Região de Siderópolis e Adjacências**. Dissertação de Mestrado. UFSC. 1992. 245 p. 2v.

AZEVEDO, Monica de A. **Compostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos- Aspectos Teóricos e Operacionais**. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 1997. 44p. (mim.)

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 2 ed. São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, 1978. 620 p. ilustr.

BROMLEY, J. **The Co-disposal of Toxic Wastes with Domestic and Industrial Wastes** - Environmental & Medical Sciences Division - AERE Harwell. Oxfordshire. Oct. 1980. 24 p.

CASTILHOS Jr., A. B. **Produção de Biogás e Líquidos Percolados em Aterros Sanitários**. Saneamento Ambiental. São Paulo. nº 12. fev/mar 1991. p. 28-33.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água**. Coord. Edmundo Garcia Agudo (et al). São Paulo: Cetesb, 1987. 150 p.

_____. **Operação e Manutenção de ETA**. São Paulo: Cetesb, 1973. vol. 2.

DOMÉNECH, X. **Química Ambiental – El Impacto Ambiental de los Residuos**. Madrid. Miraguano Ediciones, 1994. 2ª ed. 254 p.

ELETROBRÁS. **Diretrizes Ambientais para Usinas Termelétricas à Carvão Mineral Nacional**. Florianópolis. 1989. 311 p.

ELLERT, N. et al. **A Geofísica Aplicada na Identificação da poluição do Sub-solo por Depósitos de Rejeitos Urbanos e Industriais**. Anais do 4º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Brasília. 1986. p. 528-532.

EMPASC – Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Cálculo de Evapotranspiração Potencial ; Mapas de Observações Meteorológicas**. Estação de Urussanga. out/96 à abr/97. s/ data.

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina S.A. Gerência de Recursos Naturais. Estação Meteorológica de Urussanga. Dados Meteorológicos Normais. s/ data.

FERREIRA, G.C.; BACCI, D. de la C. **Degradação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (SC) pela Mineração do Carvão**. Anais do 3º Encontro Nacional de Estudos Sobre o Meio Ambiente. Londrina, 1991. p. 44-52.

GOTHE, C. A. de V. **Avaliação dos Impactos Ambientais da Indústria Carbonífera nos Recursos Hídricos da Região Sul Catarinense.** Dissertação de Mestrado. UFSC. Florianópolis, 1993. 118 p.

HAM, Robert K.; BROOKTER, Todd J. **Decomposition of Solid Waste in Test Lysimeters.** Journal of the Environmental Engineering Division. American Society of Civil Engineers (ASCE). vol. 108. nº. EE6. Dec. 1982.

KUHNEN, Ariane. **Reciclando o Cotidiano - Representações Sociais do Lixo.** Florianópolis. Letras Contemporâneas, 1995. Coleção Teses, v. VI. 103 p.

LEÃO, Simone Z. **Onde Colocar o Lixo ? Uma Análise da Disputa pelo Uso do Solo na Cidade.** Anais do Simpósio internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre. Set/1996. p. 154-157.

NOSSE, E. de Oliveira ; KREBS, A.S. **Levantamento da Área do Aterro Controlado do Município de Forquilha.** Criciúma: UNESC, 1997. 3 mapas: p/b; 40 x 50 cm. Escala: 1 : 25000.

NEWTON, J.R. **Pilot Scale Studies of the Leaching of Industrial Wastes in Simulated Landfills.** Water Pollution Control. vol. 76. nº 4. 1977. p. 468-480.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de Compostagem – Processo de Baixo Custo.** Belo Horizonte: UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância, 1996. 56p.

POHLAND, G. F. ; GOULD, J. P. **Stabilization at Municipal Landfills Containing Industrial Wastes - Environmental Protection Agency - EPA.** nº 79. p. 242-253.

PROGESC - Programa de Informações Básicas para a Gestão Territorial de Santa Catarina - Município de Criciúma. **Qualidade das Águas**

Superficiais: Relatório Final. Série Recursos Hídricos. Porto Alegre: CPRM, 1995. v. 06. 73 p.

SANTOS, E. **Contribuição ao Estudo de Poluição Ambiental por Metais Pesados: A Área do Banhado da Estiva dos Pregos.** Dissertação de Mestrado. UFSC. Florianópolis, 1992. 125 p.

SWARTZBAUGH, J.T.; HENRICH, L.R.; SABEL, V.G. **Co-disposal of Industrial and Municipal Waste a Landfill.** Systems Technology Corporation. Xenia, Ohio. USA. 1984.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Gestión Integral de Residuos Sólidos.** Madrid. McGraw-Hill. 1994. 1107 p.

UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Estudos Básicos para Subsidiar a Avaliação da Área do Aterro Controlado do Município de Forquilha.** NUPEA, 1997. 28 p. (mim.).

_____. **Área do Aterro Sanitário.** Criciúma: UNESC/NUPEAM, 1997.
1 mapa: p/b. 82 x 115 cm. Escala: 1 : 2500.

WALSH, J. J.; KINMAN, R. N. **Leachate from Municipal and Industrial Waste Landfill Simulators.** EPA. nº 68. p. 203-222.

ANEXO I

Questionário NUPEAM / UNESC

UNESC - UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE
PROJETO DE ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE FORQUILHINHA
NUPEAM - NÚCLEO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL

PESQUISA DOMICILIAR

Entrevista n.

Nome

Endereço

1. Que problemas mais frequentes o depósito do lixo causa 'a sua família?

() Mau cheiro

() Insetos

() Doenças provocadas pelo mau cheiro.

Quais?.....

() Doenças provocadas pelos insetos.

Quais?.....

() Poluição visual

() Outros

() Não percebe problemas decorrentes do Lixo

2. Com que frequência se verifica tais problemas?

() Diariamente

() Semanalmente

() Dias no verão a depender do vento

() Todo o verão

() Muito raramente

() Outros.....

3. Há quanto tempo a sua família mora neste local?

() Menos de 01 ano () 01 a 02 anos () 02 a 05 anos () 05 a 10 anos

() 10 a 20 anos () Mais de 20 anos

4. O que o sr(a) faz com o lixo produzido em sua residência?

() céu aberto () queima () enterra () coleta pública. Dias.....

() reutiliza () separa

5. O sr(a) conhece como funciona:

() aterro sanitário

() usina de reciclagem de lixo

() coleta seletiva de lixo

() a separação do lixo doméstico

6. Se um aterro sanitário acabar com o problema do mau cheiro e dos insetos nesta comunidade, o sr(a) é favorável a implantação do aterro sanitário naquela área?

() Sim () Não

Por que?

PESQUISA DOMICILIAR -PROJETO LIXÃO - TABULAÇÃO DADOS

01- Que problemas mais frequentes o depósito do lixo causa a sua família?

| | SIM | NÃO |
|------------------|-----|-----|
| MAU CHEIRO | 76 | 40 |
| INSETOS | 49 | 67 |
| DOENÇAS M.CHEIRO | 10 | 106 |
| DOENÇAS INSETOS | 06 | 110 |
| NÃO PERCEBE | 27 | - |

Doenças mencionadas:

- Hepatite (05)
- Doenças de pele (01)
- Vômitos (01)
- Gripe (01)
- Problema pulmão (03)
- Estômago (01)
- Aparelho respiratório (01)
- Falta de ar (01)
- Alergia (03)
- Coceira (01)

Poluição Visual (nenhuma)

Outros:

- O lixo prejudica a saúde (01)
- Poeira do lixo causa doença (01)
- Cachorros vão ao lixo adquirem sarna e passam para as crianças(01)
- Pessoas do bairro recolhem lixo para vender (01)
- Pessoas do bairro catam lixo (03)
- Crianças brincam com o lixo (01)
- Urubus (07)
- Pessoas vão catar restos de comida (01)
- Criação gado causa doença para comunidade (01)
- Corvos sobre o lixo e perto das casas (01)
- Não dá nem para comer com mau cheiro (01)
- Não dá para limpar peixe ou matar porco por causa dos insetos (01)
- Quando os gases do lixo se juntam com os gases da pirita e carvão depois da chuva, o ar fica pesado e difícil de respirar (02)
- Esgoto da casa entope diariamente (01)

02 - Com que frequência se verifica tais problemas?

| | SIM | NÃO |
|------------------|-----|-----|
| DIARIAMENTE | 35 | 81 |
| SEMANALMENTE | 3 | 106 |
| DEPENDE DO VENTO | 60 | 56 |
| TUDO O VERÃO | 19 | 97 |
| MUITO RARAMENTE | 6 | 100 |
| NÃO SE VERIFICA | 17 | 99 |

Outros:

- Quando chove aparece o mau cheiro (02)
- Problemas com urubus e aviões (01)
- Quando o sol está muito quente é que tem cheiro (02)

03 - Há quanto tempo a sua família mora neste local?

| | TOTAL |
|-----------------|-------|
| MENOS DE 01 ANO | 10 |
| 01 A 02 ANOS | 04 |
| 02 A 05 ANOS | 28 |
| 05 A 10 ANOS | 27 |
| 10 A 20 ANOS | 33 |
| MAIS DE 20 ANOS | 12 |

04 - O que o Sr(a) faz com o lixo produzido em sua residência?

| | TOTAL |
|------------|-------|
| CÉU ABERTO | 02 |
| QUEIMA | 20 |
| REUTILIZA | 04 |
| SEPARA | 01 |
| ENTERRA | 06 |
| COLETA | 96 |

Outros:

- As vezes joga no rio, quando o caminhão não passa.
- Joga sempre no rio.
- Joga numa vala atrás de casa

05 - O que Sr(a) conhece como funciona:

| | SIM | NÃO |
|-----------------------------|-----|-----|
| ATERRO SANITÁRIO | 19 | 97 |
| USINA RECICLAGEM LIXO | 31 | 85 |
| COLETA SELETIVA LIXO | 25 | 91 |
| SEPARAÇÃO DO LIXO DOMÉSTICO | 43 | 73 |

06 - Se um aterro sanitário acabar com o problema do mau cheiro e dos insetos nesta comunidade, o Sr(a) é favorável a implantação do aterro sanitário naquela área?

| | |
|-----------|-----|
| SIM | 107 |
| NÃO | 04 |
| INDECISOS | 05 |

Outras considerações:

- Uma senhora disse que a única coisa que incomoda é as carroças que vão catar lixo de madrugada e acordam todo mundo.
- Outra senhora disse que não responderia as perguntas porque era viúva.
- Houve reclamações da vala que vive alagando o fundo do quintal.
- Pessoas do bairro vão ao lixo e recolhem roupas para reutiliza-las.
- Animais soltos no bairro, também é motivo de mau cheiro.
- Lixo no bairro á céu aberto, também é causa de mau cheiro e insetos.
- Aterro sanitário é o aterro sanitário do banheiro.
- Ainda não é aterro sanitário, pensei que já fosse!
- Esgoto á céu aberto causa insetos, mau cheiro e acumulo de lixo.
- Alguns moradores dos bairros Cidade Alta e Santa Líbera ficam incomodados porque moradores do próprio bairro vão catar lixo.
- Cachorros vão ao lixão e depois convivem com as crianças transmitindo doenças.
- Desconhecem quanto ao dia que o caminhão passa para fazer coleta.
- Dois moradores do bairro Santa Líbera desconheciam que existia um depósito de lixo naquela região.
- Dois moradores não sabiam sobre o lixo.
- Dezenas de moradores do bairro Santa Líbera reclamaram que o mau cheiro vem do esgoto a céu aberto.
- Duas pessoas coloram que o depósito deviria ficar no bairro Próspera ou Pinheirinho (risos)
- Pessoas conhecem coleta seletiva e ao mesmo tempo queimam lixo no fundo do quintal.

- A maioria das pessoas que dizem conhecer coleta seletiva, aterro sanitário, etc., não conseguem explicar como se faz ou como funciona.
- Duas pessoas disseram que o lixão deveria ser cercado para evitar o acesso dos catadores de lixo.
- Cinco pessoas achavam que toda aquela área de carvão seria coberta por lixo, desconhecendo que há um limite.
- Uma senhora da Santa Líbera reclamou que ela está com problema de pulmão, o sobrinho nasceu com problema de bronquite decorrente do lixo.
- Dez pessoas dizem sentir o cheiro, quando chove num dia e no outro amanhece com sol então esquenta a pirita e o lixo causando um mau cheiro horrível.

ANEXO II

**Planilhas de Observação Meteorológicas
(EPAGRI / EMPASC)**

E P A G R I - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E DIFUSAO DE TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA S.A
 G R N - GERENCIA DE RECURSOS NATURAIS

ESTACAO METEOROLOGICA DE URUSSANGA

LATITUDE: 28.31'

LONGITUDE: 49.19'

ALTITUDE: 48.17 metros

DADOS NORMAIS

| MESES | TEMP. MEDIA 'C | TEMP. Mx Abs 'C | TEMP. Mn Abs 'C | MEDIA TEMP Mx 'C | MEDIA TEMP Mn 'C | PREC. TOTAL (mm) | PREC.MX em 24h (mm) | DIAS DE CHUVA (No.) | UMIDADE RELAT (X) | EVAPOR. TOTAL Piche | EVAPOR. Tanque A (mm) | ETP (mm) |
|-----------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------|
| JAN. | 23.6 | 42.2 | 9.6 | 30.2 | 18.2 | 199.5 | 48.4 | 15.2 | 80.2 | 84.8 | 144.1 | 111.8 |
| FEV. | 23.5 | 40.7 | 7.2 | 30 | 18.5 | 197.7 | 48.6 | 15.2 | 82.5 | 67.7 | 125.1 | 32 |
| MAR. | 22.6 | 39.2 | 6 | 29.1 | 17.5 | 161.3 | 45.4 | 15.2 | 83.2 | 68.8 | 117.7 | 90.2 |
| ABR. | 19.8 | 37 | -1 | 26.5 | 14.5 | 102.9 | 33.2 | 10.8 | 83.5 | 59.8 | 92.8 | 66.8 |
| MAI. | 16.9 | 36.6 | -1.8 | 24.3 | 11.6 | 97.2 | 33.9 | 9.6 | 84.4 | 53.4 | 69.1 | 54.3 |
| JUN. | 14.9 | 33.6 | -3 | 22.3 | 9.5 | 84.1 | 29.8 | 9.7 | 84.7 | 50.2 | 52.2 | 38.1 |
| JUL. | 14.3 | 34.4 | -6 | 22.2 | 8.8 | 91.5 | 34.3 | 9.8 | 83.3 | 58.3 | 60.1 | 44.3 |
| AGO. | 15.4 | 38.2 | -4.6 | 22.9 | 9.8 | 110.3 | 36.6 | 10.8 | 81.6 | 66.8 | 77.9 | 56.7 |
| SET. | 17 | 39.3 | -1.6 | 23.6 | 11.7 | 126.2 | 36.8 | 12.6 | 81.2 | 67.2 | 88.9 | 60.3 |
| OUT. | 18.9 | 40.5 | 1.2 | 25.2 | 13.6 | 125.5 | 34.6 | 14.1 | 79.8 | 79.5 | 123.2 | 88.9 |
| NOV. | 20.7 | 41 | 3.2 | 27.1 | 15.1 | 118.8 | 35.7 | 12.4 | 78.6 | 87.5 | 141.1 | 102.8 |
| DEZ. | 22.5 | 41.7 | 5.6 | 29.3 | 17 | 143.9 | 35.9 | 13.8 | 77.8 | 95.2 | 165 | 108.3 |
| ANOS OBS. | 71 | 69 | 69 | 71 | 71 | 71 | 62 | 45 | 67 | 43 | 9 | 7 |

| MESES | NEBULOS. (0/10) | INSOL. (horas) | RAD.SOLAR GLOBAL (cal/cm2) | PRESSAO ATHOSF. (mb) | VELOC DO VENTO (m/s) | VELOC. DO VENTO (km/h) | DIRECAO 1a. | DOS VENTOS 2a. | GEADAS (dias) | HORAS DE FRIO (7.2'C) |
|-----------|--------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|-------------------|------------------|-----------------------------|
| JAN. | 6.3 | 169.5 | 709.5 | 998.5 | 1.9 | 6.84 | SE | NE | 0 | 0 |
| FEV. | 6.4 | 139.4 | 732 | 999.1 | 2 | 7.2 | SE | NE | 0 | 0 |
| MAR. | 5.9 | 171.5 | 575.9 | 1000.5 | 1.9 | 6.84 | SE | NE | 0 | 0 |
| ABR. | 5.3 | 157.8 | 413.6 | 1002.7 | 2 | 7.2 | SE | NE | 0 | 4 |
| MAI. | 5 | 153.8 | 351.9 | 1004.3 | 1.9 | 6.84 | NE | SE | 1.6 | 28.3 |
| JUN. | 5 | 137.6 | 298.2 | 1004.8 | 1.8 | 6.48 | SE | SW | 3 | 73.7 |
| JUL. | 4.7 | 148.9 | 364 | 1006.1 | 1.9 | 6.84 | SE | SW | 3.2 | 113.7 |
| AGO. | 5.2 | 140.7 | 394.3 | 1005.3 | 2.1 | 7.56 | SE | NE | 2.1 | 56.6 |
| SET. | 6.2 | 136.5 | 403.3 | 1004.1 | 2.2 | 7.92 | SE | NE | .6 | 15.4 |
| OUT. | 6.4 | 167.1 | 617.9 | 1002.5 | 2.5 | 9 | SE | NE | 0 | 3.5 |
| NOV. | 6.1 | 166.9 | 702.2 | 1000.1 | 2.4 | 8.64 | SE | SW | 0 | 2.4 |
| DEZ. | 6 | 166.7 | 684.1 | 998.8 | 2.4 | 8.64 | SE | NE | 0 | 0 |
| ANOS OBS. | 68 | 13 | 5 | 41 | 51 | 51 | 9 | 9 | 44 | 8 |

EMPASC - EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUARIA
 SISTEMA DE CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACAO POTENCIAL

MAPA DE OBSERVACOES METEOROLOGICAS NO MES OUTUBRO/96

LOCAL : URUSSANGA
 CLASSE ESTACAO : CLIMATOLOGICA PRINCIPAL
 FONTE DE DADOS : EPAGRI-DNMET
 LATITUDE : -28.31
 LONGITUDE : -49.19
 ALTITUDE : 48.2 m
 ALT ANEMOMETRO : 10.0 m
 PSICROMETRO : COMUM (1)

| DIA | TEMPERATURA | | | PRECI PLUV [mm] | UMID RELAT [%] | HORAS INSOL [h] | VELOC VENTO [m/s] | VELOC CORRIG [m/s] | PRESS ATM [mmhg] | RADI SOLAR | TANQUE CLAS A [mm] | EVAP PICHE [mm] |
|-----|-------------|------------|------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
| | MED [C] | MAX [C] | MIN [C] | | | | | | | | | |
| 1 | 19.0 | 22.8 | 15.4 | 0.6 | 80.5 | 1.1 | 3.7 | 2.7 | ---- | ---- | 2.6 | 1.8 |
| 2 | 19.9 | 24.2 | 15.2 | 0.8 | 79.0 | 1.0 | 3.0 | 2.2 | ---- | ---- | 3.1 | 1.7 |
| 3 | 19.8 | 24.6 | 16.8 | 4.8 | 90.7 | 0.2 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 1.7 | 1.2 |
| 4 | 21.6 | 27.7 | 17.0 | 0.7 | 82.7 | 9.7 | 2.0 | 1.4 | ---- | ---- | 4.3 | 2.4 |
| 5 | 22.6 | 28.6 | 17.2 | 0.0 | 86.7 | 2.6 | 1.3 | 1.0 | ---- | ---- | 3.4 | 1.4 |
| 6 | 17.2 | 23.2 | 15.0 | 0.0 | 81.5 | 0.9 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 2.4 | 2.1 |
| 7 | 16.2 | 25.6 | 8.8 | 0.0 | 70.0 | 10.8 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 5.7 | 4.1 |
| 8 | 17.9 | 26.6 | 8.4 | 0.0 | 67.5 | 10.5 | 3.0 | 2.2 | ---- | ---- | 5.6 | 4.4 |
| 9 | 20.5 | 26.6 | 12.0 | 0.0 | 58.8 | 5.8 | 3.7 | 2.7 | ---- | ---- | 5.5 | 4.6 |
| 10 | 20.2 | 22.0 | 17.0 | 7.0 | 79.2 | 1.4 | 4.3 | 3.1 | ---- | ---- | 1.6 | 1.6 |
| 11 | 22.4 | 30.6 | 15.6 | 2.0 | 77.0 | 5.9 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 3.6 | 2.7 |
| 12 | 22.1 | 27.0 | 18.8 | 0.0 | 84.5 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | ---- | ---- | 2.9 | 1.6 |
| 13 | 21.1 | 24.5 | 19.4 | 5.5 | 93.0 | 0.3 | 1.0 | 0.7 | ---- | ---- | 1.7 | 0.7 |
| 14 | 17.5 | 20.8 | 16.0 | 31.0 | 87.5 | 0.0 | 4.3 | 3.1 | ---- | ---- | 1.3 | 0.9 |
| 15 | 17.0 | 22.5 | 10.8 | 3.5 | 78.7 | 8.0 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 4.3 | 2.3 |
| 16 | 19.1 | 28.0 | 11.4 | 0.0 | 70.2 | 9.8 | 3.7 | 2.7 | ---- | ---- | 5.3 | 3.6 |
| 17 | 21.1 | 30.4 | 11.6 | 0.0 | 70.7 | 10.2 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 5.3 | 3.3 |
| 18 | 23.1 | 31.0 | 16.8 | 0.0 | 78.5 | 4.3 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 5.2 | 2.5 |
| 19 | 20.9 | 26.0 | 17.0 | 6.9 | 87.2 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | ---- | ---- | 2.4 | 1.3 |
| 20 | 18.3 | 21.5 | 16.8 | 0.0 | 95.0 | 0.0 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 0.8 | 0.4 |
| 21 | 16.0 | 17.5 | 15.6 | 35.9 | 92.2 | 0.0 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 1.3 | 0.5 |
| 22 | 19.2 | 23.2 | 15.4 | 14.1 | 90.5 | 0.3 | 1.3 | 1.0 | ---- | ---- | 1.6 | 0.8 |
| 23 | 17.2 | 20.6 | 14.0 | 0.4 | 90.0 | 2.9 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 1.6 | 1.2 |
| 24 | 18.1 | 22.4 | 15.2 | 3.3 | 89.0 | 2.9 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 2.7 | 1.5 |
| 25 | 21.6 | 29.1 | 16.4 | 11.5 | 78.7 | 4.8 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 3.7 | 2.5 |
| 26 | 20.3 | 24.8 | 16.9 | 0.0 | 82.2 | 3.0 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 5.4 | 2.0 |
| 27 | 19.4 | 24.6 | 16.0 | 0.0 | 80.5 | 7.3 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 3.8 | 2.7 |
| 28 | 20.3 | 28.6 | 12.4 | 0.0 | 69.2 | 11.7 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 6.4 | 4.8 |
| 29 | 21.5 | 27.5 | 14.4 | 0.0 | 76.5 | 9.6 | 1.3 | 1.0 | ---- | ---- | 5.3 | 2.7 |
| 30 | 23.9 | 32.0 | 16.8 | 0.0 | 72.7 | 9.7 | 1.3 | 1.0 | ---- | ---- | 6.3 | 3.4 |
| 31 | 22.6 | 27.4 | 20.4 | 0.0 | 86.5 | 0.0 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 2.5 | 1.9 |
| So | ---- | ---- | ---- | 128.0 | ---- | 4.3 | ---- | ---- | ---- | ---- | 109.2 | 2.2 |
| Me | 19.9 | 25.5 | 15.2 | ---- | 80.9 | ---- | 2.2 | 1.6 | ---- | ---- | 3.5 | ---- |

EMPASC - EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUARIA
 SISTEMA DE CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACAO POTENCIAL

MAPA DE OBSERVACOES METEOROLOGICAS NO MES NOVEMBRO/96

LOCAL : URUSSANGA
 CLASSE ESTACAO : CLIMATOLOGICA PRINCIPAL
 PONTE DE DADOS : EPAGRI-DNMET
 LATITUDE : -28.31
 LONGITUDE : -49.19
 ALTITUDE : 48.2 m
 ALT ANEMOMETRO : 10.0 m
 PSICROMETRO : COMUM (1)

| DIA | TEMPERATURA | | | PRECI PLUV [mm] | UMID RELAT [%] | HORAS INSOL [h] | VELOC VENTO [m/s] | VELOC CORRIG [m/s] | PRESS ATM [mmhg] | RADI SOLAR | TANQUE CLAS A [mm] | EVAP PICHE [mm] |
|-----|-------------|------|------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
| | MD | MAX | MIN | | | | | | | | | |
| | [C] | [C] | [C] | | | | | | | | | |
| 1 | 21.9 | 25.8 | 19.6 | 1.3 | 91.8 | 0.5 | 7.0 | 5.1 | ---- | ---- | 2.5 | 1.0 |
| 2 | 22.9 | 31.4 | 19.0 | 4.5 | 82.0 | 7.5 | 3.0 | 2.2 | ---- | ---- | 6.3 | 2.8 |
| 3 | 20.9 | 25.2 | 18.8 | 13.6 | 89.0 | 1.9 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 2.8 | 1.8 |
| 4 | 19.1 | 25.0 | 16.8 | 0.8 | 79.0 | 7.9 | 2.0 | 1.4 | ---- | ---- | 5.0 | 2.8 |
| 5 | 21.6 | 29.6 | 12.4 | 0.0 | 71.2 | 11.1 | 3.0 | 2.2 | ---- | ---- | 6.7 | 4.2 |
| 6 | 23.5 | 30.6 | 17.0 | 0.0 | 59.2 | 12.0 | 7.0 | 5.1 | ---- | ---- | 8.0 | 7.1 |
| 7 | 25.7 | 33.6 | 18.4 | 0.0 | 70.5 | 10.6 | 2.7 | 2.0 | ---- | ---- | 5.7 | 4.9 |
| 8 | 22.3 | 25.6 | 19.0 | 0.6 | 90.7 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | ---- | ---- | 1.7 | 1.5 |
| 9 | 26.6 | 33.0 | 20.8 | 0.0 | 69.2 | 6.6 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 4.9 | 4.5 |
| 10 | 20.8 | 27.4 | 17.2 | 4.5 | 94.0 | 0.0 | 1.3 | 0.9 | ---- | ---- | 1.3 | 0.9 |
| 11 | 19.0 | 24.4 | 13.4 | 4.1 | 79.0 | 1.9 | 1.0 | 0.7 | ---- | ---- | 3.2 | 2.4 |
| 12 | 22.6 | 30.8 | 13.2 | 0.0 | 76.0 | 11.8 | 2.7 | 2.0 | ---- | ---- | 5.5 | 3.5 |
| 13 | 24.9 | 33.5 | 18.6 | 0.0 | 79.7 | 7.6 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 4.7 | 3.0 |
| 14 | 24.7 | 30.5 | 20.0 | 4.7 | 83.7 | 10.9 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 5.1 | 2.9 |
| 15 | 23.6 | 27.5 | 21.0 | 0.6 | 91.2 | 1.0 | 1.3 | 0.9 | ---- | ---- | 3.2 | 1.3 |
| 16 | 25.7 | 32.5 | 22.2 | 4.9 | 87.7 | 4.8 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 4.8 | 1.9 |
| 17 | 22.2 | 26.5 | 20.0 | 15.1 | 89.7 | 1.6 | 1.0 | 0.7 | ---- | ---- | 2.3 | 1.3 |
| 18 | 20.6 | 23.8 | 19.0 | 2.3 | 86.2 | 0.6 | 1.3 | 0.9 | ---- | ---- | 2.6 | 1.8 |
| 19 | 21.7 | 27.0 | 15.4 | 0.0 | 73.2 | 9.0 | 3.3 | 2.4 | ---- | ---- | 5.1 | 3.9 |
| 20 | 21.6 | 27.0 | 17.2 | 0.0 | 76.7 | 5.1 | 3.0 | 2.2 | ---- | ---- | 4.1 | 3.2 |
| 21 | 20.0 | 26.0 | 14.8 | 0.0 | 78.7 | 10.0 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 4.8 | 3.8 |
| 22 | 20.1 | 24.0 | 13.8 | 0.0 | 75.5 | 3.8 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 3.0 | 2.4 |
| 23 | 20.4 | 29.6 | 13.4 | 0.0 | 72.0 | 8.9 | 2.0 | 1.4 | ---- | ---- | 4.5 | 3.3 |
| 24 | 18.6 | 20.8 | 17.0 | 2.2 | 82.2 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | ---- | ---- | 2.0 | 1.5 |
| 25 | 19.1 | 24.8 | 12.6 | 0.0 | 63.7 | 11.8 | 3.7 | 2.7 | ---- | ---- | 6.3 | 4.4 |
| 26 | 20.6 | 25.6 | 16.8 | 0.9 | 78.0 | 5.3 | 2.0 | 1.4 | ---- | ---- | 3.6 | 2.8 |
| 27 | 20.8 | 27.6 | 13.6 | 0.0 | 70.0 | 10.1 | 2.7 | 2.0 | ---- | ---- | 6.5 | 4.8 |
| 28 | 23.1 | 30.0 | 16.0 | 0.0 | 54.7 | 12.4 | 5.3 | 3.8 | ---- | ---- | 8.3 | 6.4 |
| 29 | 24.7 | 33.1 | 15.8 | 0.0 | 54.2 | 12.5 | 2.7 | 2.0 | ---- | ---- | 10.0 | 6.6 |
| 30 | 25.6 | 34.8 | 19.2 | 0.0 | 65.5 | 10.5 | 2.7 | 2.0 | ---- | ---- | 7.0 | 6.6 |
| So | ---- | ---- | ---- | 60.1 | ---- | 6.6 | ---- | ---- | ---- | ---- | 141.5 | 3.3 |
| Me | 22.2 | 28.2 | 17.1 | ---- | 77.1 | ---- | 2.5 | 1.8 | ---- | ---- | 4.7 | ---- |

EMPASC - EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUARIA
 SISTEMA DE CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACAO POTENCIAL

MAPA DE OBSERVACOES METEOROLOGICAS NO MES DEZEMBRO/96

LOCAL : URUSSANGA
 CLASSE ESTACAO : CLIMATOLOGICA PRINCIPAL
 FONTE DE DADOS : EPAGRI-DNMET
 LATITUDE : -28.31
 LONGITUDE : -49.19
 ALTITUDE : 48.2 m
 ALT ANEMOMETRO : 10.0 m
 PSICROMETRO : COMUM (1)

| DIA | TEMPERATURA | | | PRECI PLUV [mm] | UMID RELAT [%] | HORAS INSOL [h] | VLOC VENTO [m/s] | VLOC CORRIG [m/s] | PRESS ATM [mmhg] | RADI SOLAR | TANQUE CLAS A [mm] | EVAP PICHE [mm] |
|-----|-------------|------------|------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
| | MED [C] | MAX [C] | MIN [C] | | | | | | | | | |
| 1 | 24.8 | 32.5 | 18.4 | 0.0 | 70.7 | 8.6 | 1.3 | 1.0 | ---- | ---- | 5.2 | 4.4 |
| 2 | 24.9 | 33.0 | 17.0 | 0.0 | 68.8 | 8.6 | 2.7 | 1.9 | ---- | ---- | 8.1 | 5.1 |
| 3 | 26.0 | 33.0 | 21.0 | 0.0 | 78.7 | 6.6 | 1.3 | 1.0 | ---- | ---- | 4.0 | 3.5 |
| 4 | 25.5 | 34.6 | 19.0 | 0.0 | 83.2 | 7.3 | 2.0 | 1.4 | ---- | ---- | 6.2 | 3.2 |
| 5 | 24.7 | 30.4 | 19.8 | 12.2 | 87.0 | 4.3 | 1.3 | 1.0 | ---- | ---- | 4.7 | 2.1 |
| 6 | 23.8 | 28.4 | 21.6 | 30.0 | 91.5 | 0.6 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 3.4 | 1.2 |
| 7 | 24.0 | 29.8 | 21.8 | 23.5 | 85.0 | 3.4 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 4.2 | 1.8 |
| 8 | 21.4 | 28.3 | 15.2 | 6.3 | 66.2 | 12.9 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 8.1 | 4.6 |
| 9 | 23.0 | 30.7 | 15.6 | 0.0 | 77.0 | 10.0 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 5.1 | 3.9 |
| 10 | 22.3 | 25.8 | 19.6 | 0.0 | 88.7 | 0.0 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 1.7 | 0.9 |
| 11 | 21.2 | 23.0 | 19.2 | 16.7 | 94.5 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | ---- | ---- | 0.6 | 0.5 |
| 12 | 22.4 | 28.5 | 20.0 | 5.4 | 88.0 | 2.0 | 3.0 | 2.2 | ---- | ---- | 3.9 | 1.6 |
| 13 | 21.3 | 26.4 | 18.8 | 19.4 | 86.5 | 3.5 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 3.2 | 1.7 |
| 14 | 21.3 | 25.4 | 17.8 | 5.4 | 86.5 | 3.7 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 2.5 | 1.8 |
| 15 | 22.5 | 29.8 | 16.2 | 6.0 | 83.0 | 9.5 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 4.4 | 2.7 |
| 16 | 23.9 | 32.6 | 18.4 | 12.4 | 77.7 | 6.3 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 5.1 | 3.1 |
| 17 | 22.7 | 28.5 | 19.4 | 12.2 | 84.2 | 3.6 | 2.7 | 1.9 | ---- | ---- | 3.5 | 2.7 |
| 18 | 22.3 | 27.4 | 17.8 | 4.6 | 85.2 | 5.6 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 4.6 | 2.5 |
| 19 | 24.3 | 33.7 | 17.6 | 0.0 | 83.7 | 6.9 | 2.3 | 1.7 | ---- | ---- | 5.8 | 3.4 |
| 20 | 23.4 | 28.1 | 20.0 | 9.5 | 84.5 | 1.7 | 1.3 | 1.0 | ---- | ---- | 3.9 | 2.1 |
| 21 | 23.9 | 29.5 | 19.8 | 0.0 | 83.7 | 4.6 | 1.7 | 1.2 | ---- | ---- | 5.8 | 2.7 |
| 22 | 23.5 | 27.0 | 21.8 | 23.0 | 85.5 | 3.3 | 1.0 | 0.7 | ---- | ---- | 3.3 | 1.9 |
| 23 | 24.5 | 28.0 | 21.2 | 2.8 | 85.5 | 5.9 | 2.0 | 1.4 | ---- | ---- | 4.5 | 3.0 |
| 24 | 24.7 | 28.7 | 22.4 | 2.2 | 85.2 | 6.7 | 2.0 | 1.4 | ---- | ---- | 5.9 | 2.6 |
| 25 | 25.6 | 29.4 | 22.4 | 0.0 | 82.7 | 1.4 | 0.7 | 0.5 | ---- | ---- | 3.2 | 2.4 |
| 26 | 26.7 | 33.0 | 19.8 | 0.0 | 74.5 | 10.5 | 1.0 | 0.7 | ---- | ---- | 6.1 | 3.8 |
| 27 | 22.9 | 26.0 | 21.6 | 8.4 | 94.2 | 0.0 | 0.7 | 0.5 | ---- | ---- | 2.5 | 1.3 |
| 28 | 23.1 | 26.6 | 21.0 | 25.6 | 92.2 | 0.0 | 1.3 | 1.0 | ---- | ---- | 1.8 | 0.9 |
| 29 | 25.6 | 31.0 | 20.6 | 0.0 | 81.7 | 11.2 | 1.0 | 0.7 | ---- | ---- | 4.8 | 2.2 |
| 30 | 26.8 | 35.4 | 21.0 | 0.0 | 75.7 | 12.2 | 2.0 | 1.4 | ---- | ---- | 8.1 | 4.9 |
| 31 | 25.9 | 30.8 | 21.4 | 0.0 | 84.0 | 6.6 | 1.3 | 1.0 | ---- | ---- | 5.9 | 2.2 |
| So | ---- | ---- | ---- | 225.6 | ---- | 5.4 | ---- | ---- | ---- | ---- | 140.3 | 2.6 |
| Me | 23.8 | 29.5 | 19.6 | ---- | 83.1 | ---- | 1.7 | 1.3 | ---- | ---- | 4.5 | ---- |

EMPASC - EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUARIA
SISTEMA DE CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACAO POTENCIAL

MAPA DE OBSERVACOES METEOROLOGICAS NO MBS JANEIRO/97

LOCAL : URUSSANGA
CLASSE ESTACAO : CLIMATOLOGICA PRINCIPAL
FONTE DE DADOS : EPAGRI-DNMET
LATITUDE : -28.31
LONGITUDE : -49.19
ALTITUDE : 48.2 m
ALT ANEMOMETRO : 10.0 m
PSICROMETRO : COMUM (1)

| DIA | TEMPERATURA | | | PRECI PLUV [mm] | UMID RELAT [%] | HORAS INSOL [h] | VELOC VENTO [m/s] | VELOC CORRIG [m/s] | PRESS ATM [mmhg] | RADI SOLAR | TANQUE CLAS A [mm] | EVAP PICHE [mm] |
|-----|-------------|------------|------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
| | MEB [C] | MAX [C] | MIN [C] | | | | | | | | | |
| 1 | 24.2 | 29.5 | 21.6 | 0.0 | 83.0 | 6.3 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 5.8 | 2.8 |
| 2 | 21.9 | 25.8 | 18.0 | 0.0 | 90.5 | 0.0 | 0.7 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 1.1 |
| 3 | 24.6 | 29.6 | 20.2 | 2.2 | 69.2 | 10.7 | 2.3 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 6.5 | 3.6 |
| 4 | 24.5 | 32.5 | 16.8 | 0.0 | 70.0 | 12.6 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 7.8 | 4.4 |
| 5 | 24.8 | 30.8 | 21.2 | 0.0 | 85.7 | 6.4 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 4.7 | 2.2 |
| 6 | 25.2 | 32.2 | 18.6 | 2.8 | 61.6 | 10.8 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 5.6 | 3.0 |
| 7 | 27.7 | 35.2 | 19.6 | 0.0 | 70.0 | 12.2 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 7.3 | 4.3 |
| 8 | 27.8 | 36.6 | 21.6 | 0.0 | 83.2 | 7.0 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 7.3 | 2.9 |
| 9 | 24.1 | 27.2 | 22.6 | 13.5 | 92.5 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 1.1 |
| 10 | 22.1 | 23.2 | 20.8 | 56.0 | 93.8 | 0.0 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 0.5 |
| 11 | 24.6 | 29.4 | 21.2 | 9.9 | 85.8 | 8.0 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 5.1 | 2.1 |
| 12 | 25.6 | 32.0 | 20.8 | 0.0 | 81.5 | 8.5 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 2.4 |
| 13 | 26.3 | 33.5 | 20.6 | 0.0 | 82.0 | 8.3 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 2.4 |
| 14 | 26.7 | 33.5 | 21.6 | 0.4 | 82.8 | 8.3 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 4.8 | 2.2 |
| 15 | 26.1 | 30.0 | 23.2 | 0.0 | 83.5 | 1.1 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 4.2 | 2.2 |
| 16 | 25.0 | 28.6 | 21.2 | 0.0 | 84.0 | 2.9 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 1.6 |
| 17 | 24.6 | 30.0 | 20.4 | 12.2 | 75.8 | 8.9 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 6.3 | 3.4 |
| 18 | 25.4 | 31.6 | 18.2 | 0.0 | 68.5 | 11.6 | 3.0 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 7.7 | 4.6 |
| 19 | 24.5 | 30.0 | 21.0 | 0.0 | 85.8 | 1.6 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.3 | 2.1 |
| 20 | 21.7 | 22.6 | 21.0 | 17.8 | 91.0 | 0.7 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 0.7 |
| 21 | 20.3 | 22.4 | 17.4 | 7.4 | 88.5 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 0.5 |
| 22 | 19.2 | 21.8 | 17.4 | 19.9 | 91.0 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.5 |
| 23 | 21.7 | 24.0 | 17.6 | 9.8 | 93.3 | 0.2 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.2 | 0.7 |
| 24 | 23.4 | 27.1 | 19.6 | 4.7 | 91.8 | 0.8 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.7 |
| 25 | 24.0 | 27.0 | 22.0 | 88.7 | 89.5 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.8 |
| 26 | 22.8 | 25.6 | 21.6 | 21.3 | 90.5 | 0.0 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.6 |
| 27 | 23.6 | 26.4 | 20.2 | 34.6 | 90.8 | 0.0 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 1.2 |
| 28 | 26.3 | 31.8 | 20.0 | 0.0 | 74.0 | 10.2 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 5.5 | 2.9 |
| 29 | 29.2 | 35.4 | 25.0 | 0.0 | 69.0 | 10.9 | 3.0 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 7.8 | 5.6 |
| 30 | 27.0 | 34.5 | 22.8 | 0.0 | 80.8 | 7.1 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 6.1 | 3.0 |
| 31 | 24.1 | 27.4 | 22.6 | 27.5 | 93.0 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.7 |
| So | ---- | ---- | ---- | 328.7 | ---- | 5.0 | ---- | ---- | ---- | ---- | 121.2 | 2.2 |
| Me | 24.5 | 29.3 | 20.5 | ---- | 83.0 | ---- | 1.5 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 3.9 | ---- |

EMPASC - EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUARIA
 SISTEMA DE CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACAO POTENCIAL

MAPA DE OBSERVACOES METEOROLOGICAS NO MES FEVEREIRO/97

LOCAL : URUSSANGA
 CLASSE ESTACAO : CLIMATOLOGICA PRINCIPAL
 FONTE DE DADOS : EPAGRI-DNMET
 LATITUDE : -28.31
 LONGITUDE : -49.19
 ALTITUDE : 48.2 m
 ALT ANEMOMETRO : 10.0 m
 PSICROMETRO : COMUM (1)

| DIA | TEMPERATURA | | | PRECI PLUV [mm] | UMID RELAT [%] | HORAS INSOL [h] | VELOC VENTO [m/s] | VELOC CORRIG [m/s] | PRESS ATM [mmhg] | RADI SOLAR | TANQUE CLAS A [mm] | EVAP PICHE [mm] |
|-----|-------------|------------|------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
| | MEI [C] | MAX [C] | MIN [C] | | | | | | | | | |
| 1 | 23.6 | 25.0 | 22.0 | 53.8 | 95.0 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.4 |
| 2 | 26.0 | 31.0 | 22.8 | 25.6 | 88.0 | 2.4 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 0.9 |
| 3 | 23.8 | 26.0 | 22.8 | 3.4 | 96.2 | 0.0 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.7 |
| 4 | 27.1 | 34.5 | 20.6 | 31.3 | 64.4 | 8.1 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 4.8 | 3.2 |
| 5 | 27.1 | 35.4 | 22.6 | 0.0 | 75.0 | 9.9 | 2.3 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 7.6 | 3.3 |
| 6 | 26.2 | 32.2 | 22.8 | 0.0 | 77.0 | 9.1 | 2.3 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 6.5 | 2.5 |
| 7 | 24.7 | 29.8 | 21.4 | 2.0 | 80.0 | 5.4 | 2.3 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 1.9 |
| 8 | 25.1 | 31.0 | 20.4 | 8.0 | 80.8 | 7.3 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 2.0 |
| 9 | 26.7 | 33.5 | 19.8 | 0.0 | 72.3 | 11.0 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 6.6 | 3.3 |
| 10 | 25.9 | 35.4 | 21.4 | 0.0 | 76.0 | 8.4 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 6.7 | 3.0 |
| 11 | 21.0 | 22.8 | 20.0 | 37.9 | 93.8 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.5 |
| 12 | 22.1 | 23.8 | 20.0 | 29.2 | 94.0 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.6 |
| 13 | 24.3 | 28.4 | 20.2 | 4.1 | 90.5 | 3.3 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 2.3 | 1.1 |
| 14 | 23.7 | 30.5 | 20.6 | 1.0 | 90.3 | 4.3 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 1.5 |
| 15 | 23.9 | 30.0 | 19.0 | 47.2 | 84.5 | 10.9 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 5.9 | 1.5 |
| 16 | 24.3 | 30.2 | 19.8 | 0.0 | 84.0 | 10.1 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 5.8 | 2.5 |
| 17 | 24.1 | 29.0 | 19.8 | 0.0 | 84.3 | 3.1 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.8 |
| 18 | 25.3 | 33.1 | 19.5 | 10.4 | 82.0 | 10.5 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 6.3 | 2.5 |
| 19 | 27.1 | 35.2 | 21.2 | 1.9 | 78.3 | 8.2 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 4.4 | 2.8 |
| 20 | 22.5 | 25.4 | 21.0 | 5.4 | 82.0 | 1.4 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 2.1 |
| 21 | 20.7 | 23.4 | 18.8 | 1.8 | 88.7 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 1.2 |
| 22 | 23.1 | 31.4 | 17.2 | 0.0 | 86.0 | 3.9 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 1.0 |
| 23 | 23.8 | 28.5 | 21.0 | 17.0 | 88.5 | 2.6 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 2.8 | 1.3 |
| 24 | 21.9 | 23.8 | 20.2 | 9.0 | 95.5 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.4 |
| 25 | 25.3 | 31.8 | 20.4 | 34.6 | 84.5 | 8.2 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 4.9 | 2.0 |
| 26 | 26.8 | 32.5 | 23.0 | 0.0 | 80.3 | 9.1 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 5.3 | 2.3 |
| 27 | 25.5 | 29.0 | 23.4 | 0.0 | 85.5 | 2.8 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 3.5 | 1.6 |
| 28 | 23.2 | 26.0 | 22.0 | 3.5 | 92.0 | 0.0 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 0.9 |
| So | ---- | ---- | ---- | 327.1 | ---- | 5.0 | ---- | ---- | ---- | ---- | 97.0 | 1.7 |
| Me | 24.5 | 29.6 | 20.8 | ---- | 84.6 | ---- | 1.4 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 3.5 | ---- |

EMPASC - EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUARIA
 SISTEMA DE CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACAO POTENCIAL

MAPA DE OBSERVACOES METEOROLOGICAS NO MES MARCO/97

LOCAL : URUSSANGA
 CLASSE ESTACAO : CLIMATOLOGICA PRINCIPAL
 FONTE DE DADOS : BPAGRI-DNMET
 LATITUDE : -28.31
 LONGITUDE : -49.19
 ALTITUDE : 48.2 m
 ALT ANEMOMETRO : 10.0 m
 PSICROMETRO : COMUM (1)

| DIA | TEMPERATURA | | | PRECI PLUV [mm] | UMID RBLAT [%] | HORAS INSOL [h] | VELOC | | PRESS ATM [mmhg] | RADI SOLAR | TANQUE CLAS A [mm] | EVAP PICHE [mm] |
|-----|-------------|------------|------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------|-----------------|------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
| | MED [C] | MAX [C] | MIN [C] | | | | VENTO [m/s] | CORRIG [m/s] | | | | |
| 1 | 20.9 | 24.0 | 18.4 | 3.8 | 94.2 | 0.4 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.7 |
| 2 | 21.4 | 26.8 | 17.8 | 7.8 | 94.5 | 2.4 | 0.7 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 3.1 | 1.0 |
| 3 | 20.4 | 24.0 | 18.8 | 5.2 | 92.2 | 0.8 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 1.0 |
| 4 | 21.9 | 26.6 | 17.0 | 2.2 | 89.2 | 5.0 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.1 | 0.9 |
| 5 | 21.8 | 23.6 | 20.8 | 7.0 | 94.2 | 0.0 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 0.7 |
| 6 | 23.8 | 30.4 | 20.0 | 2.9 | 83.0 | 8.6 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 2.0 |
| 7 | 23.2 | 30.1 | 18.0 | 0.0 | 76.0 | 9.8 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 6.2 | 3.1 |
| 8 | 23.0 | 30.8 | 16.8 | 0.0 | 78.5 | 10.4 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 6.0 | 3.1 |
| 9 | 23.5 | 29.8 | 19.0 | 0.0 | 89.2 | 3.8 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 1.5 |
| 10 | 25.6 | 33.0 | 18.5 | 0.0 | 75.7 | 9.3 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 6.5 | 3.3 |
| 11 | 26.0 | 34.4 | 18.5 | 0.0 | 75.0 | 10.0 | 2.3 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 4.0 |
| 12 | 24.0 | 29.1 | 22.6 | 0.0 | 92.0 | 2.3 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.6 | 1.1 |
| 13 | 23.1 | 29.0 | 19.4 | 5.4 | 88.5 | 5.5 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 1.5 |
| 14 | 20.8 | 23.4 | 19.5 | 1.1 | 90.5 | 0.0 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.5 |
| 15 | 20.5 | 24.0 | 18.8 | 0.9 | 88.0 | 0.4 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.2 | 1.2 |
| 16 | 22.1 | 24.6 | 14.5 | 0.0 | 85.7 | 3.1 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.5 | 1.4 |
| 17 | 20.8 | 26.8 | 17.0 | 0.0 | 87.5 | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 1.5 |
| 18 | 23.9 | 27.6 | 16.1 | 0.6 | 81.5 | 8.6 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 4.5 | 2.3 |
| 19 | 22.3 | 28.8 | 18.0 | 0.0 | 77.5 | 8.0 | 2.7 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 3.9 | 2.8 |
| 20 | 21.5 | 28.5 | 15.5 | 0.0 | 64.2 | 9.2 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 4.2 | 2.1 |
| 21 | 22.3 | 30.0 | 16.5 | 0.0 | 83.7 | 9.2 | 2.7 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 4.4 | 2.0 |
| 22 | 23.2 | 31.4 | 16.5 | 0.0 | 78.2 | 10.4 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 5.1 | 3.1 |
| 23 | 22.9 | 28.8 | 17.5 | 0.0 | 80.5 | 0.9 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 1.8 |
| 24 | 20.2 | 23.5 | 17.5 | 2.4 | 84.7 | 0.2 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 1.7 |
| 25 | 18.3 | 25.4 | 15.5 | 0.0 | 78.2 | 8.8 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 4.1 | 2.7 |
| 26 | 18.6 | 27.8 | 10.5 | 0.0 | 80.2 | 9.9 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 3.8 | 2.8 |
| 27 | 21.0 | 28.0 | 13.4 | 0.0 | 83.5 | 10.0 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 4.4 | 2.8 |
| 28 | 19.5 | 27.0 | 11.5 | 0.0 | 78.7 | 9.9 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 3.7 | 2.5 |
| 29 | 21.9 | 27.0 | 17.0 | 0.0 | 75.5 | ---- | 2.3 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 4.2 | 3.0 |
| 30 | 21.1 | 29.8 | 14.0 | 0.0 | 78.2 | 9.9 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 4.2 | 3.1 |
| 31 | 22.0 | 30.8 | 16.5 | 0.0 | 75.5 | 10.0 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 3.7 |
| So | ---- | ---- | ---- | 39.3 | ---- | 6.0 | ---- | ---- | ---- | ---- | 109.5 | 2.1 |
| Me | 22.0 | 27.9 | 17.1 | ---- | 83.0 | ---- | 1.6 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 3.5 | ---- |

EMPASC - EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUARIA
 SISTEMA DE CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACAO POTENCIAL

MAPA DE OBSERVACOES METEOROLOGICAS NO MES ABRIL/97

LOCAL : URUSSANGA
 CLASSE ESTACAO : CLIMATOLOGICA PRINCIPAL
 FONTE DE DADOS : BPAGRI-DNMET
 LATITUDE : -28.31
 LONGITUDE : -49.19
 ALTITUDE : 48.2 m
 ALT ANEMOMETRO : 10.0 m
 PSICROMETRO : COMUM (1)

| DIA | TEMPERATURA | | | PRECI PLUV [mm] | UMID RBLAT [%] | HORAS INSOL [h] | VELOC VENTO [m/s] | VELOC CORRIG [m/s] | PRESS ATM [mmhg] | RADI SOLAR | TANQUE CLAS A [mm] | EVAP PICHE [mm] |
|-----|-------------|------------|------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
| | MED [C] | MAX [C] | MIN [C] | | | | | | | | | |
| 1 | 22.4 | 30.8 | 14.8 | 0.0 | 81.2 | 9.0 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 2.4 |
| 2 | 23.8 | 31.4 | 20.8 | 0.0 | 85.0 | 6.2 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 4.6 | 1.8 |
| 3 | 23.6 | 31.6 | 19.5 | 26.5 | 82.8 | 7.5 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 4.8 | 3.1 |
| 4 | 15.7 | 22.4 | 12.0 | 0.3 | 74.5 | 3.7 | 2.7 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 2.6 | 2.2 |
| 5 | 13.6 | 24.0 | 6.0 | 0.0 | 79.2 | 10.1 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 3.7 | 2.9 |
| 6 | 15.5 | 24.5 | 8.4 | 0.0 | 75.5 | 10.0 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 4.5 | 3.1 |
| 7 | 17.7 | 24.6 | 10.1 | 0.0 | 81.5 | 7.3 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 3.6 | 2.6 |
| 8 | 23.1 | 25.6 | 13.9 | 0.0 | 77.5 | 7.5 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 2.7 |
| 9 | 19.0 | 27.5 | 12.3 | 0.0 | 77.0 | 9.4 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 2.9 |
| 10 | 20.2 | 29.6 | 12.8 | 0.0 | 80.5 | 9.9 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 3.5 | 2.7 |
| 11 | 21.0 | 29.8 | 15.5 | 0.0 | 81.8 | 6.5 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 4.6 | 2.6 |
| 12 | 20.3 | 26.0 | 16.8 | 30.8 | 83.2 | 7.6 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 2.1 |
| 13 | 19.9 | 29.4 | 12.5 | 0.0 | 79.0 | 9.1 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 3.8 | 2.7 |
| 14 | 20.9 | 30.3 | 14.4 | 0.0 | 77.0 | 9.4 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 3.8 | 3.1 |
| 15 | 21.6 | 30.8 | 14.0 | 0.0 | 81.0 | 8.7 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 3.5 | 2.7 |
| 16 | 21.9 | 31.1 | 15.0 | 0.0 | 81.5 | 7.6 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 2.5 |
| 17 | 21.4 | 23.5 | 18.5 | 0.0 | 93.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.4 |
| 18 | 23.1 | 29.5 | 19.8 | 6.2 | 87.2 | 5.1 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | 1.5 |
| 19 | 23.9 | 32.5 | 18.4 | 0.8 | 79.5 | 7.5 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 3.9 | 3.3 |
| 20 | 21.1 | 25.5 | 19.0 | 7.4 | 87.7 | 1.1 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 1.1 |
| 21 | 19.1 | 21.0 | 16.4 | 0.0 | 94.0 | 0.5 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.6 |
| 22 | 20.4 | 25.6 | 13.0 | 6.4 | 90.0 | 6.3 | 1.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 1.5 |
| 23 | 20.0 | 28.0 | 14.5 | 0.0 | 85.2 | 8.7 | 1.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 1.7 |
| 24 | 21.3 | 31.0 | 15.5 | 0.0 | 76.7 | 9.2 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 3.5 | 2.3 |
| 25 | 20.2 | 25.8 | 18.0 | 0.0 | 74.2 | 8.3 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 3.7 | 3.0 |
| 26 | 14.2 | 24.8 | 8.2 | 0.0 | 74.5 | 9.3 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 4.1 | 3.6 |
| 27 | 15.6 | 25.5 | 7.5 | 0.0 | 78.5 | 9.3 | 1.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 2.6 |
| 28 | 17.5 | 27.0 | 13.0 | 0.0 | 83.2 | 7.1 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 3.1 |
| 29 | 15.4 | 23.7 | 10.5 | 0.0 | 81.5 | 9.5 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 3.2 |
| 30 | 16.5 | 27.2 | 10.0 | 0.0 | 77.5 | 9.3 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 3.0 |
| So | ---- | ---- | ---- | 78.4 | ---- | 7.4 | ---- | ---- | ---- | ---- | 100.4 | 2.4 |
| Me | 19.7 | 27.3 | 14.0 | ---- | 81.4 | ---- | 1.5 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 3.3 | ---- |