

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
DOUTORADO

Adriano Lima Troleis

**METRÓPOLE DE RISCO:  
O CASO DA VILA DIQUE E DO ATERRO SANITÁRIO DA ZONA  
NORTE NA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E  
SUBTERRÂNEAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ARROIO DA  
AREIA E PASSO DAS PEDRAS/PORTO ALEGRE-RS**

Porto Alegre, Junho de 2009

ADRIANO LIMA TROLEIS

**METRÓPOLE DE RISCO:  
O CASO DA VILA DIQUE E DO ATERRO SANITÁRIO DA ZONA  
NORTE NA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E  
SUBTERRÂNEAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ARROIO DA  
AREIA E PASSO DAS PEDRAS/PORTO ALEGRE-RS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luis Alberto Basso

Porto Alegre, Junho de 2009

Troleis, Adriano Lima

Metrópole de risco: o caso da vila Dique e do aterro sanitário da zona norte na poluição das águas superficiais e subterrâneas das bacias hidrográficas do Arroio da Areia e Passo das Pedras/Porto Alegre-RS./ Adriano Lima Troleis. – Porto Alegre : UFRGS/PPGEA, 2009.

2v. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS - BR, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Luis Alberto Basso

1. Geografia. 2. Urbanização. 3. Aterro Sanitário. 4. Qualidade das Águas. 5. Geofísica. I. Título.

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca do Instituto de Geociências - UFRGS  
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

ADRIANO LIMA TROLEIS

**METRÓPOLE DE RISCO:  
O CASO DA VILA DIQUE E DO ATERRO SANITÁRIO DA ZONA  
NORTE NA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E  
SUBTERRÂNEAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ARROIO DA  
AREIA E PASSO DAS PEDRAS/PORTO ALEGRE-RS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Basso

Aprovado em Agosto de 2009

**BANCA EXAMINADORA**

Profa. Dra. Luiza Chomenko(Museu de Ciências Naturais/Fundação Zoobotânica/FZB)

---

**Componente da Banca Examinadora – Instituição a que pertence**

Prof. Dr. José Borzacchiello da Silva (Universidade Federal do Ceará/UFC)

---

**Componente da Banca Examinadora – Instituição a que pertence**

Prof. Dr. Paulo Roberto Rodrigues Soares (POSGea/IG/UFRGS)

---

**Componente da Banca Examinadora – Instituição a que pertence**

Prof. Dr. Roberto Verdum (POSGea/IG/UFRGS)

---

**Componente da Banca Examinadora – Instituição a que pertence**

Dedico o presente estudo a todas as pessoas que convivem comigo e acreditam que a Educação é a grande solução desse país.

## AGRADECIMENTOS

Ao final do presente estudo, quero expressar meus agradecimentos a todas as pessoas e instituições que contribuíram para que esse desafio se concretizasse. Na vida, toda conquista atinge seu maior valor, quando compartilhada com pessoas amigas e que valorizam a pesquisa, como forma de crescimento pessoal, profissional e social. Agradeço, então...

- à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, através do seu Programa de Pós-Graduação em Geografia, pela oportunidade da realização desse trabalho, que muito contribuiu para minha vida pessoal e profissional, e ao Departamento de Geografia, pela formação acadêmica de qualidade;
- ao meu orientador e amigo, professor Dr Luis Alberto Basso, pela oportunidade, tempo dedicado ao meu trabalho, paciência e capacidade profissional;
- aos professores do curso de Pós-Graduação em Geografia, especialmente ao professor Dr Roberto Verdum, pela amizade, disponibilidade em diferentes momentos da pesquisa e orientação profissional;
- aos professores Dr Nelson Gruber e Dr Paulo Roberto, pelas orientações e sugestões, dadas na fase da qualificação da presente Tese e pela orientação profissional, realizada em todos os momentos solicitados;
- ao 8º Distrito de Meteorologia, por ter cedido os dados pluviométricos e de temperatura, necessários e de grande importância para a pesquisa;
- à Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, principalmente na pessoa do Geólogo Norberto Lessa Dias, gerente de recursos minerais, e do Técnico em Mineração Odilon Corrêa, pelo apoio incondicional, nos trabalhos de campo, no empréstimo dos equipamentos de Geofísica, do laboratório de informática e pelo grande

apoio do Geólogo Tiago Vargas, na elaboração dos produtos cartográficos;

- à Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV) e à Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional, por terem cedido dados da evolução da estrutura urbana de Porto Alegre, que auxiliaram na elaboração do presente estudo;
- ao Departamento Municipal de Habitação (DEM HAB), através da coordenação técnica e social e sua coordenadora, socióloga Denise de Menezes, por terem cedido os dados do levantamento socioeconômico da vila Dique, que auxiliaram na elaboração do presente estudo;
- ao sociólogo Aldovan de Oliveira Moraes, coordenador da Equipe de Estudos Urbanos da SMOV, pela paciência e disponibilidade, em relatar sua pesquisa e disponibilizar todo o seu arquivo de dados, sobre as vilas de Porto Alegre;
- ao Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU), na pessoa do Diretor da Divisão de Destino Final, engenheiro Arceu Bandeira Rodrigues e sua equipe composta pelos engenheiros: Adriane Alves, Evandro Rodigheri e José Barbosa, pela autorização de acesso à área do Aterro Sanitário da Zona Norte, para realização da pesquisa. Igualmente, por terem cedido os laudos das coletas das águas superficiais e subterrâneas, realizados pela equipe da DDF, ao longo de 18 anos de monitoramento, e que foram fundamentais para este estudo;
- aos técnicos Paulo Ricardo e Paulo Pacheco, do DMLU, responsáveis pela coleta de água e monitoramento da área, ao longo dos últimos 20 anos;
- ao amigo e chefe responsável pelo Aterro Sanitário da Zona Norte, Lauro Fernando;
- em especial, ao amigo e companheiro engenheiro químico Ms Eduardo Fleck, membro da Divisão de Destino Final do DMLU, pelo apoio, dedicação, capacidade profissional, orientação e incentivo, na realização das coletas a campo;

- à senhora Enedina, líder comunitária da vila Dique, pelas entrevistas dadas e paciência demonstrada, ao percorrer a vila, passando sua experiência de vida e lutas travadas, no sentido de melhorar a qualidade de vida da população que ali vive;
- à coordenadora do Centro Administrativo Regional (CAR), região nordeste, senhora Eva Inês, representante da prefeitura e responsável pela intermediação entre os líderes comunitários das vilas Dique e Nazaré junto ao poder público;
- à minha colega Vera Sieben, pelo companheirismo, disponibilidade e ensinamentos, na elaboração de alguns produtos gráficos do presente estudo;
- à minha amiga Maria Luiza Cardinale Baptista, a Malu, da Pazza Comunicazione, pela amizade, paciência, ajuda e orientação, na fase de escrita e correção da presente Tese;
- à minha grande companheira, Karen Czamanski, que me apoiou, estando sempre disponível, em todos os momentos do presente estudo, um agradecimento especial.



A vantagem é recíproca,  
pois os homens,  
enquanto ensinam, aprendem.

Sêneca

## RESUMO

O presente estudo investigou a influência da vila Dique o do Aterro Sanitário da Zona Norte, na qualidade das águas superficiais e subterrâneas, das bacias hidrográficas do arroio da Areia e Passo das Pedras, no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. A metodologia deste estudo envolveu duas estratégias de abordagem: teórico-conceitual e operacional. A teórica orientou-se pelos eixos de abordagem: qualidade das águas; processo de urbanização mundial, brasileiro e da cidade de Porto Alegre; problemas ambientais, espaço urbano; legislação e instrumentos de políticas públicas; e caracterização da área de estudo. Do ponto de vista operacional, foram analisados dados mensais de qualidade das águas superficiais, subterrâneas e do líquido percolado de parâmetros químicos, bacteriológicos e metais pesados coletados pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana, do período de 1991 a 2008. Os resultados revelaram uma grande contribuição da malha urbana, na concentração de poluentes de origem orgânica no arroio da Areia, principalmente no segmento da vila Dique, visto que a mesma não apresenta saneamento básico. O monitoramento nas células e no entorno do aterro apresentou, tanto nos pontos de água superficial quanto nos poços de água subterrânea e do líquido percolado, elevados índices de poluição, evidenciando uma ineficácia no sistema de controle de suas lixívias. A etapa final dessa análise resultou na elaboração da cartografia de qualidade das águas, cujo objetivo foi proporcionar uma série de dados espacializados, úteis à realização da classificação das águas, quanto ao grau de poluição, utilizando, para isso, as Resoluções nº 357/2005 e 396/2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente e Resolução nº 128/2006 do Conselho Estadual de Meio Ambiente. Realizou-se, também, um monitoramento geofísico, dentro dos limites do aterro e nas suas áreas adjacentes, com o objetivo de identificar as alterações nos corpos de água subterrânea, em função das lixívias produzidas pelo aterro. Foram elaborados mapas de condutividade elétrica do aterro e de suas áreas adjacentes, em três profundidades 7,5, 15 e 30m, que permitiram identificar a presença e mapear o fluxo da pluma, destacando seus principais pontos de poluição, revelados pelos elevados picos de condutividade. Em síntese, a vila Dique apresentou, no que diz respeito à ocupação, as seguintes irregularidades, que contrariam o planejamento urbanístico: o acesso às redes de água e energia elétrica é feito, quase exclusivamente, através de ligações clandestinas; não possui uma rede de esgoto; e muitas unidades habitacionais sofrem frequentes inundações. Já a área onde se situa o ASZN também apresenta irregularidades, quanto ao uso da terra. Essas contrariam as legislações ambientais atuais, no que se refere a poluição dos recursos hídricos e à deposição e ao gerenciamento dos resíduos sólidos. A área de estudo, portanto, é classificada como de risco, pois apresenta forte presença de poluição, em virtude da vila Dique não possuir saneamento básico e do aterro sanitário não apresentar um sistema de lixívias controlado. Conclui-se que é necessária a remoção da vila e o contínuo monitoramento das águas, por 20 anos, tempo necessário para a estabilização da matéria orgânica ali depositada.

Palavras-chave: urbanização, vila Dique, aterro sanitário, qualidade das águas e geofísica

## **ABSTRACT**

This study investigated the influence of the Dique shantytown and the Northern Landfill on the quality of surface and underground waters of the Areia and Passo das Pedras water stream basins, in Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. Its methodology involved two approaching strategies: a theoretical-conceptual one and an operational one. The former was based on the following axis: water quality; urbanization process in the world, in Brazil, and in Porto Alegre; environmental problems, urban space; legislation and public policy tools; and characterization of the area under study. From the operational point of view, monthly data on the quality of surface and underground water were examined as well as that of percolated liquid by chemical and bacteriological parameters as well as heavy metals, collected by the Urban Cleaning Municipal Department from 1991 to 2008. The results revealed a major contribution of the urban network to the concentration of organic pollution agents in the Areia stream, specially its segment at the Dique shantytown, since it has no basic sanitation. Monitoring on cells and the area around the landfill presented – both in surface water points and in underground water wells and percolated liquid – high pollution levels, showing the ineffectiveness of the system of control of leach. The final stage in the analysis resulted in the cartography of water quality, whose aim was to provide a series of space-based data useful to classify waters according to their pollution level by using Resolutions 357/2005 and 396/2008 of the National Environmental Council and Resolution 128/2006 of the State Environmental Council. Geophysical monitoring has also been conducted within the limits of the landfill and its adjacent areas in order to identify changes in underground water bodies because of leach generated by the landfill. Maps were made on the landfill's electrical conductivity and its adjacent areas at three depth levels: 7.5 m, 15 m, and 30 m, which allowed to identify the presence and map the plume flow, showing its main pollution points revealed by high conductivity peaks. In sum, regarding occupation, the Dique shantytown presented the following irregularities, which violate urban planning: water and electricity networks are accessed almost exclusively by clandestine connections; there is no sewerage network; several housing units suffer frequent floods. The area where the landfill is located, in turn, also presents irregularities regarding land use. They violate today's environmental legislation in terms of pollution of water resources and deposition and management of solid residues. Therefore, the area under study is classified as an area of risk for its high pollution because the Dique shantytown has no basic sanitation and the landfill does not have a leach control system. It is found that removal of the shantytown and permanent monitoring of waters for 20 years are necessary – until organic matter deposit in the place stabilizes.

Key words: urbanization, Dique shantytown, landfill, water quality, geophysics.

## LISTA DE ABREVIATURAS

A - área do aterro (m<sup>2</sup>);  
ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas  
AEIS- Área Especial de Interesse Social  
AL- Alumínio  
ASST- Aterro Sanitário Santa Tecla  
ASZN- Aterro Sanitário da Zona Norte  
CAR- Centro Administrativo da Região Nordeste  
Cd- Cádmiio  
CEEE- Companhia Estadual de Energia Elétrica  
CF- Coliforme Fecal  
Cl- Cloreto  
CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CONSEMA- Conselho Estadual de Meio Ambiente.  
CPRM- Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais  
Cr-Cromo  
CT- Coliforme Total  
DBO- Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DDF- Divisão de Destino Final  
DEM HAB- Departamento Municipal de Habitação  
DH- Déficit Hídrico  
DMAE- Departamento Municipal de Água e Esgoto  
DMLU- Departamento Municipal de Limpeza Urbana  
DNAEE- Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica  
DPSRR- Divisão de Projetos Sociais e Reaproveitamento e Reciclagem  
DQO- Demanda Química de Oxigênio  
EAA- Agência Ambiental Européia  
EIA- Estudo de Impacto Ambiental  
Ete- Evapotranspiração efetiva  
Etp - Evapotranspiração potencial  
Fe- Ferro  
FEE- Fundação de Economia e Estatística  
FEPAM- Fundação Estadual de Proteção Ambiental

GPS- Global Position Satélite  
Hg- Mercúrio  
IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IPTU- Imposto Predial e Territorial Urbano  
K - coeficiente em função do grau de compactação do aterro  
LABORQUÍMICA- Laboratório de Análises Químicas Ltda  
MERCOSUL- Mercado Comum do Sul  
METROPLAN- Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional  
mS/m- milisiemens por metro  
NA- Nitrogênio Amoniacal  
NBR- Norma Brasileira de Resíduos  
Ni-Níquel  
NO<sub>3</sub>- Nitrato  
OD- Oxigênio Dissolvido  
OECD- Organization for Economic Corporation and Development  
OIT- Organização Internacional do Trabalho  
OMS- Organização Mundial da Saúde  
ONG`s - Organizações não governamentais  
P - Precipitação média anual (mm);  
P- Fósforo  
PAC- Plano de Aceleração do Crescimento  
Pb- Chumbo  
PDDU- Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano  
PDDUA- Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental  
PEAD- Polietileno de Alta Densidade  
PME- Ponto de Monitoramento de Efluente  
PMPA- Prefeitura Municipal de Porto Alegre  
PPGea- Programa de Pós-Graduação em Geografia  
P-Precipitação  
Q - Vazão média anual (l/s);  
RIMA- Relatório de Impacto Ambiental  
RMPA- Região Metropolitana de Porto Alegre  
SEHADUR- Secretaria Especial de Habitação e Desenvolvimento Urbano do  
Governo do Estado do Rio Grande do Sul

SH- Superávit Hídrico

SIL- Soluções Ambientais LTDA

SMOV- Secretaria Municipal de Obras e Viação

SPA- Sistema de Proteção Ambiental

SPM- Secretaria de Planejamento Municipal

SUDAM- Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia

SUDENE- Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

UFRGS- Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNESCO- Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

UTC- Unidade de Triagem e Compostagem

UTI - Unidade Territorial Industrial

UTM- Universal Transversa Mercator

VMP- Valor máximo permitido

Zn- Zinco

$\Delta$ SSO- Quantidade de água cedida ou absorvida do solo.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - As dez maiores cidades do mundo, em 1920, 1970 e 2000. ....	58
Tabela 2 - Evolução da população de Porto Alegre e do Rio Grande do Sul, a partir da década de 1900 até 2007.....	81
Tabela 3 - Evolução da população dos núcleos sub-habitacionais de Porto Alegre, com quantidade de núcleos, unidades sub-habitacionais, famílias e habitantes, de acordo com os levantamentos de 1950 a 2007.....	85
Tabela 4 - Composição do lixo de Porto Alegre .....	113
Tabela 5 - Distribuição da população, por faixa etária, na vila Dique .....	151
Tabela 6 - Distribuição dos rendimentos familiares dos moradores da vila Dique...	153
Tabela 7 – Limites estabelecidos pela Resolução 357/05 do Conama, para os constituintes químicos, bacteriológicos e metais.....	177
Tabela 8 – Limites estabelecidos pela Resolução 396/08 do Conama, para consumo humano dos constituintes químicos, bacteriológicos e metais .....	180
Tabela 9 – Limites estabelecidos pela Resolução Consema 128/06 dos constituintes químicos, bacteriológicos e metais para fontes poluidoras .....	182
Tabela 10 – Limites máximos tolerados de DBO <sub>5</sub> e DQO por faixa de vazão .....	183
Tabela 11 – Limites máximos tolerados de Fósforo, Nitrogênio Total de Kjeldahl e Nitrogênio Amoniacal por faixa de vazão .....	184

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Levantamentos socioeconômicos, realizados entre 1950 e 2007, nos núcleos sub-habitacionais de Porto Alegre. ....	82
Quadro 2 : Superávit e déficit hídrico mensal na área de estudo.....	131
Quadro 3: Fontes de contaminação de água subterrânea .....	171
Quadro 4: Resultados obtidos dos parâmetros Pb, Cr, Ni e Zn, no ponto A7, do ASZN e seus limites estabelecidos, para a classe 2, segundo a Resolução 357/05 do Conama.....	237
Quadro 5: Resultados dos parâmetros Cr, Al, Ni, Fe, Pb e Cd, no ponto DJ, e seus limites estabelecidos, para a classe 2, segundo a Resolução 357/05 do Conama. ....	240
Quadro 6: Resultados dos parâmetros Ni, Cd e Hg, no ponto PME7, e seu Valor Máximo Permitido (VMP), para lançamento de efluentes líquidos, segundo a Resolução 128/06 do Conama. ....	256
Quadro 7: Resultados dos parâmetros Pb, Cr, Ni, Cd e Zn, no ponto PJ1, e seus limites, estabelecidos para o consumo humano, segundo a Resolução 396/2008 do Conama.....	273



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Percentual de crescimento da população de Porto Alegre e da população dos núcleos sub-habitacionais (1950-2007). .....	86
Gráfico 2: Evolução da população urbana e rural do Rio Grande do Sul, de 1940 a 2000. ....	93
Gráfico 3: Evolução da média anual da coleta de resíduos sólidos domiciliares, em Porto Alegre, pelo DMLU (ton/lixo/dia) .....	114
Gráfico 4: Evolução Temporal do Parâmetro Oxigênio Dissolvido, no Ponto A1, das águas superficiais.....	222
Gráfico 5: Evolução Temporal do Parâmetro Oxigênio Dissolvido, no Ponto A7, das águas superficiais.....	223
Gráfico 6: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto A1, das águas superficiais .....	224
Gráfico 7: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto A5, das águas superficiais. ....	225
Gráfico 8: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto A7, das águas superficiais. ....	226
Gráfico 9: Evolução Temporal do Parâmetro Coliforme Fecal, no Ponto A1, das águas superficiais.....	228
Gráfico 10: Evolução Temporal do Parâmetro Coliforme Fecal, no Ponto A7, das águas superficiais.....	229
Gráfico 11: Evolução Temporal do Parâmetro Alumínio, no Ponto A1, das águas superficiais. ....	230

Gráfico 12: Evolução Temporal do Parâmetro Alumínio, no Ponto A5, das águas superficiais. ....	231
Gráfico 13: Evolução Temporal do Parâmetro Cádmio, no Ponto A9, das águas superficiais. ....	232
Gráfico 14: Evolução Temporal do Parâmetro Ferro, no Ponto A1, das águas superficiais. ....	234
Gráfico 15: Evolução Temporal do Parâmetro Ferro, no Ponto A7, das águas superficiais. ....	235
Gráfico 16: Evolução Temporal do Parâmetro Mercúrio, no Ponto A7, das águas superficiais. ....	236
Gráfico 17: Evolução Temporal do Parâmetro Oxigênio Dissolvido, no Ponto DM, do arroio da Areia.....	238
Gráfico 18: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto DM, do arroio da Areia.....	239
Gráfico 19: Evolução Temporal do Parâmetro Mercúrio, no Ponto DJ, do arroio da Areia. ....	241
Gráfico 20: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto PME1, do líquido percolado. ....	245
Gráfico 21: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto PME7, do líquido percolado. ....	246
Gráfico 22: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto PME9, do líquido percolado. ....	247
Gráfico 23: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Química de Oxigênio, no Ponto PME2, do líquido percolado. ....	248

Gráfico 24: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Química de Oxigênio, no Ponto PME6, do líquido percolado. ....	249
Gráfico 25: Evolução Temporal do Parâmetro Fósforo Total, no Ponto PME2, do líquido percolado. ....	251
Gráfico 26: Evolução Temporal do Parâmetro Fósforo Total, no Ponto PME7, do líquido percolado. ....	252
Gráfico 27: Evolução Temporal do Parâmetro Nitrogênio Amoniacal, no Ponto PME1, do líquido percolado. ....	253
Gráfico 28: Evolução Temporal do Parâmetro Nitrogênio Amoniacal, no Ponto PME6, do líquido percolado. ....	254
Gráfico 29: Evolução Temporal do Parâmetro Ferro Total, no ponto PME1, do líquido percolado.....	257
Gráfico 30: Evolução Temporal do Parâmetro Ferro Total, no ponto PME9, do líquido percolado.....	258
Gráfico 31: Evolução Temporal do Parâmetro Cromo Total, no ponto PME1, do líquido percolado. ....	259
Gráfico 32: Evolução Temporal do Parâmetro Cromo Total, no ponto PME7, do líquido percolado. ....	260
Gráfico 33: Evolução Temporal do Parâmetro Alumínio, no ponto PME1, do líquido percolado.....	261
Gráfico 34: Evolução Temporal do Parâmetro Alumínio, no ponto PME7, do líquido percolado.....	262
Gráfico 35: Evolução Temporal do Parâmetro Chumbo, no ponto PME1, do líquido percolado.....	264

Gráfico 36: Evolução Temporal do Parâmetro Chumbo, no ponto PME7, do líquido percolado.....	265
Gráfico 37: Evolução Temporal do Parâmetro Cloreto, no Ponto PJ1, das águas subterrâneas. ....	268
Gráfico 38: Evolução Temporal do Parâmetro Nitrato, no Ponto PJ1, das águas subterrâneas. ....	269
Gráfico 39: Evolução Temporal do Parâmetro Nitrato, no Ponto PJ2, das águas subterrâneas. ....	270
Gráfico 40: Evolução Temporal do Parâmetro Coliforme Fecal no Ponto PJ1 das águas subterrâneas.....	271
Gráfico 41: Evolução Temporal do Parâmetro Alumínio, no Ponto PJ1, das águas subterrâneas. ....	272

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A cidade de Porto Alegre e suas regiões .....	89
Figura 2: Mapa de localização dos Depósitos Tecnogênicos de Porto Alegre .....	112
Figura 3: Situação geográfica da área de estudo.....	122
Figura 4: Mapa de localização da área de estudo.....	124
Figura 5: Projeto de recuperação: A transformação do lixão da zona norte em Aterro Sanitário .....	138
Figura 6: Mapa de uso e ocupação da terra.....	159
Figura 7: Mapa com a rede de linhas e pontos de Geofísica no Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes .....	200
Figura 8: Aterro Sanitário da Zona Norte e suas células de resíduos sólidos .....	205
Figura 9: Mapa de Condutividade Elétrica Aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 7,5m de profundidade.....	207
Figura 10: Mapa de Condutividade Elétrica Aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 15m de profundidade.....	208
Figura 11: Mapa de Condutividade Elétrica Aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 30m de profundidade.....	209
Figura 12: Imagem em 3D de Condutividade Elétrica Aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 7,5m de profundidade .....	213
Figura 13: Imagem em 3D de Condutividade Elétrica Aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 15m de profundidade .....	214
Figura 14: Imagem em 3D de Condutividade Elétrica Aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 30m de profundidade .....	215

Figura 15: Mapa de pontos de coleta de água superficial, subterrânea e líquido percolado no Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes.....	220
Figura 16: Cartografia de qualidade das águas do ano de 1993.....	278
Figura 17: Cartografia de qualidade das águas do ano de 2000.....	279

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1: Vila Dique .....	94
Foto 2: Lixão da Zona Norte .....	105
Foto 3: Captação de resíduos sólidos no lixão da Zona Norte .....	105
Foto 4: Unidade de reciclagem aterro da Zona Norte .....	106
Foto 5: Associação de catadoras de materiais recicláveis Santíssima Trindade ...	106
Foto 6: Aterro sanitário da extrema .....	107
Foto 7: Lixo domiciliar no arroio da Areia .....	115
Foto 8: Morrete artificial .....	127
Foto 9: Área sujeita à inundação .....	128
Foto 10: Vazio urbano com presença de aterro sanitário .....	133
Foto 11: Aterro sanitário em área de inundação .....	135
Foto 12: Barracos construídos nas margens do arroio da Areia .....	139
Foto 13: Creche Galpãozinho .....	141
Foto 14: Competição no lixão da Zona Norte .....	142
Foto 15: Lixo acumulado pelos moradores da vila Dique, no entorno da caixa d'água. ....	143
Foto 16: Lixo acumulado às margens do arroio da Areia .....	146
Foto 17: Uma das palafitas construídas às margens do dique na área de inundação.....	150
Foto 18: Frascos e reagentes utilizados para análise dos parâmetros químicos e metais pesados de qualidade de água.....	192
Foto 19: Frascos e reagentes utilizados para análise dos parâmetros bacteriológicos de qualidade de água.....	192
Foto 20: Eletromagnético transmissor e receptor EM 34-3, da Geonics.....	198

Foto 21: Cabos de 10, 20 e 40m de espaçamento e bobinas transmissora e receptora.....199



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>28</b>
1.1 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS.....	31
<b>1.1.1 Estratégia Teórico-Conceitual.....</b>	<b>33</b>
<b>1.1.2 Estratégia Operacional .....</b>	<b>45</b>
1.2 ESTRUTURA DA TESE .....	50
<b>2 URBANIZAÇÃO E PROBLEMAS AMBIENTAIS .....</b>	<b>53</b>
2.1 O ESPAÇO URBANO .....	53
2.2 PROCESSOS E FORMAS ESPACIAIS .....	55
2.3 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO .....	58
<b>2.3.1 O Processo de urbanização no Brasil .....</b>	<b>62</b>
2.4 INSTRUMENTOS LEGAIS E MOVIMENTOS AMBIENTAIS .....	66
<b>2.4.1 Instrumentos de Políticas Públicas .....</b>	<b>69</b>
2.5 PROBLEMAS AMBIENTAIS URBANOS.....	73
<b>2.5.1 Problemas Ambientais Brasileiros .....</b>	<b>77</b>
<b>3 PORTO ALEGRE: URBANIZAÇÃO E PROBLEMAS AMBIENTAIS .....</b>	<b>81</b>
3.1 PORTO ALEGRE E A EVOLUÇÃO DAS SUB-HABITAÇÕES.....	81
3.2 A CIDADE DE PORTO ALEGRE E SUAS REGIÕES.....	89
3.3 PORTO ALEGRE: PLANEJAMENTO URBANO E PROBLEMAS AMBIENTAIS	93
3.4 A EVOLUÇÃO DOS PLANOS DIRETORES DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE PORTO ALEGRE NAS ÚLTIMAS DÉCADAS .....	98
3.5 A EVOLUÇÃO DA DISPOSIÇÃO DE LIXO EM PORTO ALEGRE .....	103
3.6 A COLETA SELETIVA E AS UNIDADES DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM.....	116
<b>4 ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>122</b>
4.1 SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO .....	122
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO .....	126
<b>4.2.1 Aspectos geológicos, pedológicos e geomorfológicos .....</b>	<b>126</b>
<b>4.2.2 Aspectos climáticos e hidrológicos .....</b>	<b>129</b>

4.3 OS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS .....	133
4.4 O ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE .....	135
4.5 A VILA DIQUE.....	140
<b>4.5.1 Levantamento socioeconômico da Vila Dique .....</b>	<b>149</b>
<b>4.5.2 Análise do uso e ocupação da terra .....</b>	<b>156</b>
<b>5 A DEGRADAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS .....</b>	<b>161</b>
5.1 ASPECTOS HISTÓRICOS.....	161
5.2 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS.....	163
5.3 A POLUIÇÃO DAS ÁGUAS.....	167
5.4 ASPECTOS LEGAIS .....	173
<b>5.4.1 A Política Nacional dos Recursos Hídricos .....</b>	<b>173</b>
<b>5.4.2 Resolução Conama nº 357/2005 - Águas superficiais.....</b>	<b>176</b>
<b>5.4.3 Resolução Conama nº 396/2008 – Águas subterrâneas .....</b>	<b>180</b>
<b>5.4.4 Resolução Conama nº 128/2006 - Padrões de emissão de efluentes líquidos.....</b>	<b>182</b>
5.5 OS CONSTITUINTES IÔNICOS NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS .....	185
<b>5.5.1 Parâmetros Químicos .....</b>	<b>186</b>
<b>5.5.2 Parâmetros Bacteriológicos.....</b>	<b>188</b>
<b>5.5.3 Metais Pesados .....</b>	<b>189</b>
5.6 ANÁLISE LABORATORIAL DAS AMOSTRAS DE ÁGUA .....	191
5.7 TÉCNICAS ANALÍTICAS DE DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	194
<b>5.7.1 Parâmetros Químicos .....</b>	<b>194</b>
<b>5.7.2 Parâmetros Bacteriológicos.....</b>	<b>195</b>
<b>5.7.3 Metais pesados.....</b>	<b>195</b>
<b>6 GEOFÍSICA E A CONTAMINAÇÃO SUBTERRÂNEA .....</b>	<b>196</b>
6.1 A GEOFÍSICA E O EM 34.....	196
6.2 APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE GEOFÍSICA.....	198
6.3 ELABORAÇÃO DA CARTOGRAFIA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE .....	203
6.4 ANÁLISE DA CARTOGRAFIA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE.....	204

<b>6.4.1 Resultados dos Mapas de Condutividade Elétrica Aparente a 7,5m, 15m e 30m de profundidade .....</b>	<b>207</b>
<b>6.4.2 Resultados da Imagem em 3D da Condutividade Elétrica Aparente a 7,5m, 15m e 30m de profundidade .....</b>	<b>213</b>
<b>7 EVOLUÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS.....</b>	<b>218</b>
7.1 PONTOS DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS, SUBTERRÂNEAS E DO LÍQUIDO PERCOLADO NO ASZN E ÁREAS ADJACENTES.....	218
7.2 ELABORAÇÃO DO MAPA DE PONTOS DE COLETA DAS ÁGUAS .....	219
7.3 EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS .....	222
<b>7.3.1 Comportamento dos parâmetros químicos, bacteriológicos e de metais no ASZN .....</b>	<b>222</b>
<b>7.3.2 Comportamento dos parâmetros químicos e de metais, no arroio da Areia .....</b>	<b>239</b>
7.4 EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DO LÍQUIDO PERCOLADO.....	244
<b>7.4.1 Comportamento dos parâmetros químicos e de metais, nos poços de coleta do líquido percolado.....</b>	<b>246</b>
7.5 EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	267
<b>7.5.1 Comportamento dos parâmetros químicos, bacteriológicos e de metais, nos poços de coleta das águas subterrâneas .....</b>	<b>268</b>
7.6 ELABORAÇÃO DA CARTOGRAFIA DE QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	275
7.7 EVOLUÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	277
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>286</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>296</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A presente tese foi elaborada a partir do seguinte objeto de estudo: a qualidade das águas decorrente do processo de urbanização, nas bacias hidrográficas do Arroio da Areia e Passo das Pedras, de Porto Alegre/RS, onde se localizam a área de ocupação irregular, denominada vila Dique, e a área de disposição de resíduos sólidos, o Aterro Sanitário da Zona Norte (ASZN).

O objetivo deste estudo se concentrou na análise da qualidade das águas superficiais e subterrâneas da área, como resultado das transformações urbanas, ocorridas na cidade de Porto Alegre, decorrente do processo de urbanização brasileira das últimas décadas. Pretendeu-se, ainda, compreender o processo de formação das vilas, como a Dique, e sua ocupação, como a consequente criação e instalação das áreas de lixões e aterros sanitários como o ASZN.

Para atingir esses objetivos principais, foi necessário alcançar alguns objetivos específicos, que orientaram, posteriormente, a própria execução do trabalho:

- caracterizar o processo de urbanização brasileira e seus instrumentos de políticas públicas;
- contextualizar, sócio-historicamente, o processo de urbanização regional (Porto Alegre) e local (Aterro Sanitário da Zona Norte e Vila Dique) e sua dinâmica populacional;
- caracterizar a área de estudo, em termos geológicos, pedológicos, geomorfológicos, climatológicos e hidrológicos;
- compreender a dinâmica das águas superficiais e subterrâneas e seus constituintes iônicos;
- avaliar a influência da vila Dique e do Aterro Sanitário da Zona Norte, sob a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, a partir da análise dos dados de qualidade de água, fornecidos pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU);
- elaborar a cartografia de qualidade das águas superficiais, subterrâneas e do líquido percolado;

- verificar a abrangência da contaminação das águas subterrâneas, dentro dos limites da área de estudo, através do levantamento de Geofísica;
- elaborar a cartografia, através dos resultados da Geofísica aplicada;
- avaliar a organização do espaço em estudo, a partir da análise dos processos físicos e ambientais;
- propor mudanças para a melhoria da qualidade ambiental da área.

Com base nesses objetivos, podem ser feitas algumas considerações iniciais, que serão mais detalhadas na apresentação da estratégia teórico-conceitual e, posteriormente, ao longo dos capítulos da tese.

No início da história da humanidade, havia a natureza selvagem, formada por objetos naturais, que, ao longo dos tempos, foram sendo substituídos por objetos fabricados – técnicos e, depois, cibernéticos -, fazendo com que a natureza artificial passasse a funcionar como se fosse uma máquina (SANTOS, 1997). Nas últimas décadas, o espaço habitado tem sido modificado de forma rápida, tanto pela apropriação do homem, que vem transformando intensamente o meio natural, através do colapso dos grandes centros urbanos, quanto pela sua própria forma social de viver e se relacionar nele.

Evidencia-se, então, a necessidade de planejar os espaços urbanizados, como é o caso das regiões metropolitanas, devendo, segundo Castello (1993), extrapolar visões localizadas e setoriais, procurando articular espaços, tempos, setores e atores do processo, em busca do “desenvolvimento sustentável” e “sustentado”, legitimado pelas sociedades locais.

Para realizar a gestão adequada do espaço urbano, em cidades como Porto Alegre, Curitiba, Rio de Janeiro e São Paulo, é necessário levar em conta que essas possuem pontos de irradiação e de descentralização do crescimento urbano. Por isso, a gestão deve ser realizada de forma integrada, extrapolando os limites administrativos municipais e as visões setorizadas, articulando os agentes do processo de produção do espaço.

Segundo Ferreira (1998), a compreensão das relações entre a sociedade e a natureza, desenvolvidas até o final do século XIX, vinculadas ao processo de produção capitalista, tinha como pressuposto o homem e a natureza, como pólos

excludentes, tendo subjacente uma natureza objeto, fonte ilimitada de recursos à disposição do homem.

Já o processo de urbanização, ocorrido no último século, caracterizado pela aglomeração de pessoas em determinadas cidades eleitas como “centrais”, voltado para a produção em grande escala com o uso intensivo dos recursos naturais, têm gerado impactos relevantes e grandes transformações ao ambiente urbano.

Em virtude do exposto, nas últimas décadas, em que o mundo vem passando por um importante processo de reorganização social, surgiu a necessidade de resgate da questão ambiental, frente às relações sociedade/natureza.

Portanto propõe-se, neste trabalho, a partir de uma concepção geográfica, identificar, avaliar e relacionar as consequências ambientais, que dizem respeito à qualidade das águas e ao uso e ocupação da terra, a partir do processo de urbanização, ocorrido na área de estudo, no município de Porto Alegre.

Destaca-se, então, que o foco ambiental, deste estudo, está relacionado com a contribuição da poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, resultante do mau condicionamento dos resíduos sólidos superficiais no solo do aterro, e da falta de saneamento básico da vila, gerando, com isso, grandes problemas à qualidade de vida e à saúde dos ecossistemas locais e das populações afetadas.

É importante destacar que em estudo realizado por Troleis (2003), as águas superficiais que chegam as bacias hidrográficas do arroio da Areia e Passo das Pedras já estão contaminadas e se agravam à medida que recebem os dejetos do aterro e da vila.

Esta temática é de grande relevância, já que a água é um recurso natural indispensável para a vida humana e de milhares de espécies, sendo cada vez maior a necessidade do uso das águas subterrâneas, em virtude da grande deterioração que as águas superficiais apresentam. Por isso, esse assunto é atualmente considerado de grande importância para as administrações municipais, estaduais e federal, no que diz respeito às formas de uso e à ocupação das áreas de sua responsabilidade.

Diante dessas considerações iniciais, destaca-se que a proposta, aqui, é a de realizar uma análise da qualidade das águas, em uma área da cidade de Porto Alegre, que envolve os seguintes agentes:

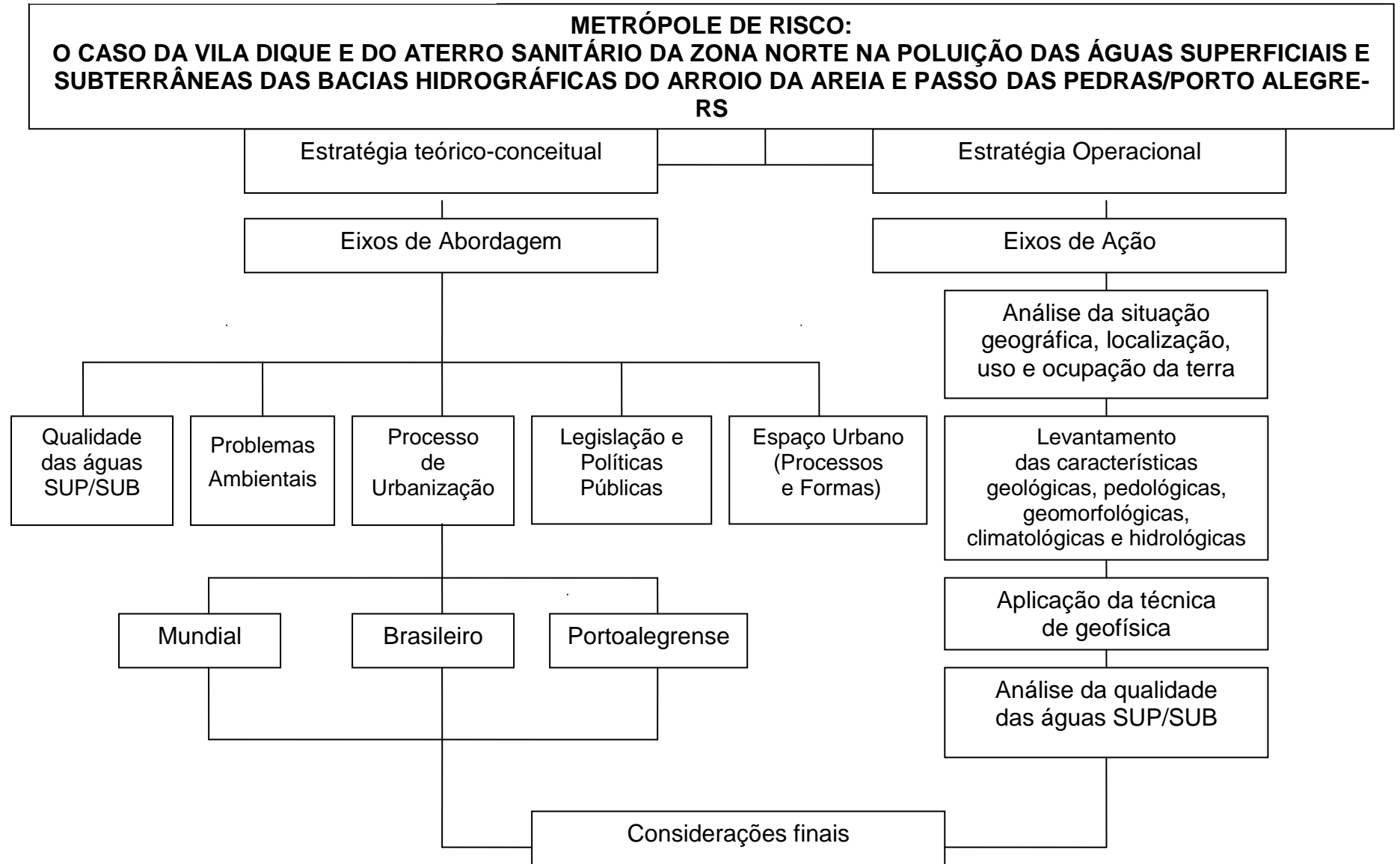
- duas bacias hidrográficas;
- uma área de campos inundáveis;
- um lixão que foi transformado em aterro sanitário; e
- uma vila.

Nesse sentido, empreendeu-se uma investigação de profundidade, em que se trabalhou, concomitantemente, em duas frentes, explicitadas a seguir, na apresentação dos pressupostos metodológicos, com as duas grandes estratégias, desenvolvidas para a efetivação da pesquisa.

## **1.1 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS**

Esta tese apresenta uma pesquisa qualitativa, que compreende caracterizar a qualidade das águas, na área de estudo, decorrente do processo de urbanização, através das relações estabelecidas entre o homem e a natureza, buscando identificar os principais impactos, relacionados ao uso e ocupação da terra. A metodologia deste estudo está baseada em duas estratégias de abordagem: teórico-conceitual e operacional. Trata-se de conjuntos de ações que foram empreendidas, simultaneamente, na busca de englobar a complexidade do fenômeno que está sendo aqui estudado, em suas diversas implicações. No mesmo sentido, a estratégia teórico-conceitual foi dividida em eixos de abordagem e a operacional, em eixos de ação.

Apresenta-se, a seguir, o fluxograma da tese, com a descrição das duas grandes estratégias metodológicas adotadas.





### 1.1.1 Estratégia Teórico-Conceitual

O campo teórico de reflexão deste trabalho busca identificar, através de uma análise espacial e temporal, as principais transformações ambientais, relacionadas à qualidade das águas e ao uso e ocupação da terra, na área de estudo. A construção teórica desta tese, em síntese, foi feita a partir dos seguintes eixos de abordagem: qualidade das águas superficiais e subterrâneas; processo de urbanização mundial, brasileiro e da cidade de Porto Alegre; problemas ambientais, espaço urbano (processos e formas espaciais); legislação e instrumentos de políticas públicas; e caracterização da área de estudo. O resultado dessas abordagens é apresentado, extensivamente, ao longo da tese. Neste primeiro momento, além da apresentação dos eixos, procura-se detalhar, um pouco, o aporte teórico-conceitual, visando facilitar a compreensão da fundamentação geral desta tese.

Nas últimas décadas, a sociedade em geral vem se preocupando com as questões relacionadas à degradação do ambiente, em particular no que se refere à contaminação e a degradação dos recursos hídricos. Segundo Rodrigues (1998), em âmbito local, utiliza-se, como categoria de análise e planejamento, a bacia hidrográfica, destacando seus principais impactos ambientais associados ao processo de ocupação e uso da terra.

A partir dessa preocupação, muitas pesquisas vêm sendo realizadas e importantes resultados têm provocado mudanças, na forma de o homem gerenciar esses recursos. Sendo assim, à bacia, pressupõe um entendimento de diferentes processos que atuam no ambiente, numa relação mútua, contraditória e conflituosa.

Segundo Velasques (1993), a ocupação desordenada, geralmente acaba provocando comprometimentos ambientais, devido aos processos que se estabelecem, tais como: ocupação em áreas de risco de movimento de massa ou inundação; poluição dos mananciais superficiais e subterrâneos, decorrente do lançamento de esgoto doméstico ou industrial, sem tratamento; e deposição de resíduos sólidos domiciliares a céu aberto. Segundo Smith (1988), este processo é um reflexo da exclusão social e do desenvolvimento desigual, que acaba marginalizando parte da população, obrigando-a a procurar locais sujeitos a algum tipo de risco para morar.

Já para Adas (1979), a reflexão sobre o ambiente exige a ruptura de certos paradigmas, como o da dominação da sociedade, em relação ao meio natural. Assim, procura-se estabelecer, coletivamente, uma análise das transformações realizadas pela sociedade, como ação histórica sobre a natureza, dentro desse espaço de intervenção. Nesse sentido, Moisés (2005, p. 30) afirma: “[...] uma sociedade faz mais do que simplesmente ocupar seu território; na verdade ela o produz e reproduz, na medida em que projeta sobre eles significados que são, necessariamente, resultantes de processos complexos”.

No desenvolvimento da abordagem teórica, foram identificados alguns conceitos fundamentais, como eixos de construção do arcabouço teórico. Eles se constituíram em orientadores teórico-conceituais, para o levantamento bibliográfico. Por isso, a seguir, são explicitadas as definições dos conceitos: espaço geográfico, ambiente, urbano, uso e ocupação da terra, qualidade das águas, contaminação e poluição.

A Geografia, como área do conhecimento, sempre buscou estabelecer as relações existentes entre o homem e o meio em que ele vive, entendido como o meio natural. Esse homem e esse meio estão inseridos em um contexto espacial, que pode ser classificado como espaço geográfico. Segundo Santos (1997), o espaço geográfico é formado por um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como um quadro único, no qual a história se dá.

Segundo Suertegaray (2000), o espaço geográfico pode ser lido através do conceito de paisagem, território, lugar ou ambiente, sem desconhecer que cada uma dessas dimensões está contida em todas as demais. Paisagens contêm territórios, que contêm lugares, que contêm ambientes, valendo, para cada uma das divisões, todas as conexões possíveis.

Segundo o Dicionário Aurélio (FERREIRA, 2004, p. 116), “[...] ambiente diz respeito a tudo o que cerca ou envolve os seres vivos e ou as coisas”. Já para o urbanista Gottdiener (1993, p. 36), a noção de ambiente refere-se “[...] as disposições espaciais dos assentamentos urbanos representam a acomodação da organização social a seu meio ambiente físico”. Para o paisagista Magnoli (1986, p. 49), “[...] o ambiente é o resultado das interações entre a sociedade humana e a base física e biológica que a envolve”. Para o biólogo Branco (1987, p. 44), o ambiente, que inclui organismos em interação com o meio físico, é o ecossistema,

um “[...] sistema resultante da interação de todos os fatores vivos e não vivos do ambiente”.

A palavra ambiente tem sua origem no verbo latino “ambio”, que significa dar voltas, ir de uma parte a outra. Quando o conceito envolve o ser humano, no entanto, há algo mais que ir e vir, respirar ou comer. Na prática, somos levados à reflexão das ações humanas, de sua inserção no meio físico existente e as conseqüências que elas geram. Dessa forma, ao longo do presente estudo, o uso da palavra ambiental refere-se ao espaço urbanizado, construído, modificado e organizado pelo processo social, cujo ambiente se caracteriza pelo conjunto de relações dos homens com esse espaço e com os remanescentes da natureza que convivem mutuamente.

Coelho (2001) define o conceito de “ambiente”, como sendo estruturado por um sistema composto de relações sociais e naturais articuladas, historicamente construído. Quando o ambiente é modificado, torna-se condição para novas mudanças, sendo passivo e ativo.

Assim, segundo Santos (1994), o “urbano” compreende a aglomeração humana, localizada numa área delimitada cuja dimensão é a cidade. Segundo Bernardes et. al. (1997), essa abordagem conceitual nos remete à busca da especificidade do meio urbano, como instrumento para definição de um conceito de ambiente urbano. Assim, este passa a ser visto como a aglomeração de população e de atividades humanas, o espaço construído e a natureza profunda modificada pela aglomeração.

Já o “uso e ocupação da terra”, segundo Preteceille (1999), compreendem toda e qualquer ação de apropriação ou uso, que o homem, como ser transformador, faz da terra, utilizando-a para morar, plantar, criar, depositar e outros. Segundo o (art. 50, p. 92) do capítulo I, do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre de 2000, o uso e ocupação do solo “[...] é definido através das normas relativas a densificação, do regime de atividades, do controle das edificações e do parcelamento do solo”. Ele define o que pode ou não ser construído, o tamanho das construções, as atividades que serão desenvolvidas e o tamanho dos lotes.

No caso do conceito de “qualidade das águas”, Branco (1991), diz que não se refere a um grau de pureza absoluto ou mesmo próximo do absoluto, refere-se sim, a um padrão tão próximo quanto possível do natural, isto é, da água tal como se

encontra nos rios e nascentes, antes do contato com o homem. Segundo o (art. 2º, p. 2) da Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, “qualidade das águas”, refere-se a um “[...] conjunto de condições e padrões de qualidade necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros”. Marques (1993), explica que “qualidade das águas”, pode ser definido através das condições ambientais, onde os corpos hídricos se localizam, podendo esses corpos estar: contaminados ou poluídos.

Segundo Pádua (2006), a “contaminação” é causada por elementos que lançados na água, a tornam nociva, oferecendo riscos à vida e à saúde da comunidade aquática. A contaminação de um corpo hídrico pode ser medida através da análise dos constituintes físicos, químicos, bacteriológicos e de metais na água. Já “poluição” é considerada quando qualquer alteração ocorrer nas características da água, mesmo que essas possam não causar riscos à vida aquática. Segundo Sperling (1997), a poluição hídrica, caracteriza-se pela ocorrência de fenômenos que provocam alterações ao meio, modificando direta ou indiretamente as propriedades do corpo receptor. Podem ocorrer mediante a introdução de substâncias naturais estranhas ao meio ou ainda, mediante a introdução de substâncias artificiais estranhas ao meio.

Cristofolletti (1995), afirma que as transformações ocorrem nas escalas locais e regionais, e atualmente há tomada de consciência dessas transformações na escala global. Destaca ainda que é fundamental levar em consideração o parâmetro espacial, pois ele identifica as transformações territoriais na área de estudo, e o parâmetro temporal, que caracteriza a noção da dinâmica e evolução.

Em virtude do exposto, Pires (2000, p. 4), conclui que

[...] a história da natureza e a história do homem relacionam-se em diferentes escalas de análise, em diferentes tempos. Embora o homem seja um pequeno referencial dentro da escala da natureza, a história do homem e a sua busca pelo desenvolvimento provocaram profundas mudanças na ordem das relações que se estabeleceram entre ele e a natureza.

A história do homem é construída pela ruptura sociedade-natureza. A partir do momento que o homem conscientiza-se de que pode alterar o seu espaço, tende a

diferenciar-se dos outros animais. Quebra-se, pois, a harmonia: homem e natureza distanciam-se, ou seja, de fora da natureza o homem, através das técnicas, passa a agir sobre ela. Esse distanciamento provoca uma ação e reação complexa sobre o ambiente, tendo efeitos múltiplos: autoproduz o seu ecossistema, e concomitantemente, degrada-o. Com isso, o desenvolvimento ambiental urbano baseia-se na formação socioespacial.

Nesse processo de formação socioespacial, a aceleração contemporânea vem sendo possibilitada pela ciência, pela técnica e pela informação. Para o entendimento desta contemporaneidade, pressupõe-se a compreensão da evolução do meio geográfico na relação espaço-tempo (PIRES, 2000).

Segundo Santos (1996), o meio geográfico evolui em três etapas: meio natural, meio técnico e meio técnico científico-informacional. Quanto ao meio natural, o homem mudou a natureza, impondo-lhe leis, criando técnicas que comandam os tempos sociais e os limites de sua utilização. Quanto ao meio técnico, o espaço mecanizado superpõe-se e contrapõe-se aos tempos naturais. A natureza passa a ser controlada pela sociedade. O espaço e o tempo da natureza foram alterados pelo espaço e pelo tempo da produção social. Por fim, quanto ao meio técnico científico-informacional, a ciência, a tecnologia e a informação estão na base das formas de utilização e funcionamento do espaço.

Na construção teórica desta tese, algumas perspectivas teóricas foram se tornando importantes, como referencial. Nesse sentido, alguns estudos se destacam. É o caso, por exemplo, dos estudos sobre o papel desempenhado pelo homem, na transformação da natureza, através do emprego da técnica e na (re) construção de novos espaços. Aqui se destacam os trabalhos de Gonçalves, Christofolletti e Santos.

Segundo Gonçalves (1989), a partir do momento em que os homens se organizam socialmente, não é mais possível fazer uma rígida separação entre a história da natureza e a história da sociedade. A própria natureza passa a ser produzida socialmente, constituindo-se em uma “segunda natureza”.

Segundo Christofolletti (1995), o surgimento do homem no planeta propiciou a inserção de uma nova força modificadora da natureza. O homem com sua técnica, tornou-se poderoso agente transformador da superfície, interferindo, por intermédio de suas atividades, nos circuitos de matéria e energia e na composição dos elementos integrantes dos geossistemas.

Para Santos (1997), a principal forma de relação homem e natureza é dada pela técnica. A técnica permite ao homem realizar a sua vida, produzir e criar o seu espaço vital. O mesmo autor destaca que essa relação se intensificou de forma significativa no meio urbano.

Pode-se destacar, ainda, as abordagens sobre as relações de uso e ocupação e suas conseqüentes transformações, ocorridas de forma ordenada e desordenada, dentro de uma organização territorial. Autores como Panizzi, Rovatti e Velasques têm realizado importantes estudos, nas últimas décadas, relativos ao processo de urbanização, nesse sentido.

Existem ainda alguns estudos que partem do conceito de organização territorial, utilizando-o para discutir as transformações ambientais. É o caso de Vainer (1991), Ross (1995) e Tricart (1977).

Segundo Vainer (1991, p. 30), a organização territorial de uma sociedade pode ser definida pelas relações sociais apenas, ou pelas relações da sociedade com o espaço natural. Ele destaca que “[...] as relações sociais reagem não apenas entre os diferentes grupos e indivíduos de uma sociedade, mas também as relações que estes estabelecem com a natureza”, gerando, muitas vezes, impactos no ambiente, relacionados à ordenação territorial.

Segundo Ross (1995), estudos relacionados à questão ambiental, envolvendo a natureza e a sociedade, sempre foram objeto de pesquisa dentro da Geografia. Portanto a ordenação ou as transformações do território resultante da ação do homem, repercutem no espaço físico natural.

Tricart (1977, p. 32), salienta a importância de estudos relacionados com a ordenação territorial para a utilização dos recursos naturais, visto que a importância de uma análise integrada é permitir “[...] identificar rapidamente quais vão ser as modificações indiretas desencadeadas por uma intervenção que afeta um elemento do sistema [...]”. Geralmente essas modificações provocam impactos no ambiente, devendo ser analisadas em diferentes escalas, identificando potencialidades e fragilidades.

Segundo Rodrigues (1998, p. 13), “[...] a questão ambiental deve ser compreendida como um produto da intervenção da sociedade sobre a natureza, portanto diz respeito não apenas a problemas relacionados à natureza, mas às problemáticas decorrentes da ação social”.

Segundo Christofolletti (1995), o surgimento e a evolução do homem, como agente modelador que intervém no meio em que se insere, em função da sua organização social, tornou-o um poderoso agente transformador da superfície terrestre. As transformações ocorrem por intermédio de suas atividades, em escalas locais e regionais repercutindo na escala global.

Assim, neste contexto geográfico, as análises e as relações, que se manifestam entre as coletividades humanas e os espaços construídos ou transformados retratam a sua evolução.

Segundo Silva (1993), depois da condição humana e da história, a cidade passa a ser o tema mais fecundo para abordagem filosófica, mesmo porque o estudo do fenômeno se insere, de modo penetrante, na história que, sem a cidade, é apenas pré-história.

A cidade é a obra arquitetônica que integra o sistema da cultura e retrata uma época específica, mas que, ao mesmo tempo, é dinâmica, mutável, transformadora e acolhedora de diferentes gerações “[...] tempos diferentes em um mesmo espaço onde habitam o passado e o presente cultural e retratam as diferentes formas de apropriação do espaço, por isso a paisagem urbana é uma terra que transcende a mera análise visual, e se torna objeto de uma abordagem multidisciplinar” (SILVA, 1993, p. 218).

Uma sociedade além de ocupar o seu território; transforma-o, na medida em que projeta sobre ele significados que são, necessariamente, resultantes dos processos vividos por ela.

Para Vainer (1991), entender o sentido e a natureza da organização territorial das sociedades pressupõe desvendar os modos historicamente determinados, através dos quais esta sociedade produz e se reproduz.

Segundo Panizzi (1993), a transformação do espaço urbano é processo que envolve a ação de múltiplos atores sociais. A cidade modifica-se continuamente, sendo que algumas de suas partes se renovam ou são substituídas, e outras lhe são agregadas. É importante destacar que essa evolução não ocorre sem conflitos entre a sociedade humana e suas desigualdades sociais com a natureza. Esse conflito se verifica de forma mais intensa no espaço urbano, através das transformações das cidades.

Essas transformações, através de políticas urbanas, relacionam-se a processos de renovação, com a urbanização de áreas, regularização de terrenos e

habitações, remoções de populações e outras. Toda a estrutura urbana, que recebe infra-estrutura, tende a se valorizar. Já as áreas da periferia das cidades, que geralmente são desprovidas de rede de água, esgoto, iluminação e pavimentação, sofrem uma desvalorização imobiliária e acabam sendo ocupadas pela população, que foi excluída dos locais que sofreram reconstrução.

Em virtude desse quadro, há uma crescente preocupação com a esfera municipal, tanto no que diz respeito aos problemas ambientais urbanos aparentes, quanto na prática dos agentes que interferem na produção da cidade.

Segundo Lefebvre (1974), a produção do espaço se amplia à medida que se considera, como fator fundamental, a sua interação dinâmica com a prática social e a ação política dos agentes.

O estudo dos espaços da cidade se desenvolve através de uma análise processual e deve compreender dois momentos: o histórico, que reflete o processo atual; e as interferências atuais, que irão gerar conseqüências e ações futuras. Coelho (2001) afirma que o impacto ambiental hoje não é só resultado de uma determinada ação realizada sobre o ambiente, mas decorre, também, de um processo das relações e mudanças ambientais.

Torna-se necessária a elaboração de programas ajustados entre si e favoráveis à eliminação desses impactos para uma completa e adequada apropriação do espaço urbano. Nos últimos anos, o planejamento urbano no Brasil tem demonstrado uma tendência de acenar com a participação popular, como forma de atingir objetivos sociais amplos. Essa tônica, presente nas últimas elaborações das políticas públicas, responde pela idéia de que a população deve ser consultada, na medida em que é a fonte, por excelência, dos dados necessários para a melhoria da qualidade de vida. Na prática, no entanto, observa-se não apenas a ausência dessa participação, mas, igualmente, o estreitamento dos canais que poderiam influir nas decisões de políticas econômicas, em geral, e na urbana, em particular.

Cabe destacar que, na atual concepção, adotada a partir de 1980, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre (PDDU) deve ser compreendido como mais um instrumento potencializador do desenvolvimento local, aplicado à cidade real. Esse instrumento traz consigo uma história de construção secular e somatiza os problemas locais, ao longo das décadas passadas, fruto de administrações diferenciadas, com diferentes problemas, leis e necessidades. Ele pode criar mecanismos básicos à superação de barreiras pré-mercado moderno



imobiliário, especialmente no que diz respeito à legalização de loteamentos irregulares e à urbanização de núcleos informais.

O PDDU de uma cidade é apenas mais um mecanismo, a incidir sobre a apropriação do espaço urbano. Conjuga-se, assim, a outros projetos de reforma urbana, que, nas últimas décadas, têm introduzido significativas mudanças na distribuição da população, principalmente da área central e adjacências da cidade.

Segundo Ferretti (1993), Porto Alegre apresenta características específicas e presta-se bem ao processo de segregação espacial, pois apresenta vasta região de domicílios operários e possui uma área urbanizável restrita.

Por volta dos anos de 1970 e 1980, ao contrário do que ocorre com a região metropolitana hoje, o uso do solo urbano da cidade estava definido. Se a função da região metropolitana era basicamente habitação para a força de trabalho, a função de Porto Alegre era a de prestação de serviços e moradia, apenas para camadas de alta e média renda. Em virtude disso, a distribuição da população excluída, caracterizada pela falta de emprego e moradia, acabou sendo feita nas adjacências da cidade. Isso ocasionou o surgimento de loteamentos irregulares, sem infraestrutura de urbanização, gerando sérios impactos ao ambiente habitado.

É importante destacar que um plano diretor deve ter seus objetivos e ações, definido pelo poder público municipal, com a perspectiva de busca da garantia da função social da cidade e da propriedade. Dessa forma, o plano deve ser concebido, como resultante de um processo negociado, envolvendo o poder público e os diversos setores sociais. Assim, tende a possibilitar um desenvolvimento das cidades e uma melhoria da qualidade de vida e ambiental.

Os testemunhos da ação do homem sobre a superfície e sua capacidade de interferir sobre o meio natural, através de suas ações técnicas e dos efeitos que se acumulam e se diversificam por todo o planeta, têm provocado sérias mudanças. Segundo Peloggia (1997), essa ação tem consequências geológico-geomorfológicas, passíveis de serem referidas a três níveis de abordagem: na modificação do relevo e alterações fisiográficas; em alterações da fisiologia das paisagens, através da modificação do comportamento dos processos da dinâmica externa; e na criação de depósitos superficiais, constituindo-se em marcos estratigráficos.

Os testemunhos materiais, que caracterizariam esse novo período, seriam os depósitos tecnogênicos, sendo correlativos aos processos decorrentes das formas

humanas de apropriação do relevo. Correspondem a seqüências sedimentares, resultantes dos processos de agradação, ocorrendo simultaneamente com fenômenos de degradação na área fonte. Nesse sentido, podem comprometer não somente a qualidade dos solos, mas também dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos inseridos nesse contexto (BIGARELLA; MOUSINHO In: PELOGGIA, 1998).

Esses depósitos têm sido intensificados, nas últimas décadas, em decorrência do processo acelerado de urbanização mundial. Depósitos tecnogênicos, construídos no município de Porto Alegre, na forma de aterros urbanos, lixões e aterros sanitários, são mais comumente encontrados no município, geralmente nas áreas desabitadas, (vazios urbanos), reconstruídas (recomposição de morros decorrente da extração de solo), ou nas franjas periféricas de baixo valor imobiliário do mesmo. São consideradas áreas problemáticas, do ponto de vista de uso e ocupação, onde geralmente acabam se instalando vilas ou pequenos aglomerados urbanos, sem infra-estrutura básica.

Na década de 1970, em todo o Brasil, a política de gerenciamento dos resíduos sólidos, produzidos nos principais centros urbanos - como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Porto Alegre - não passava pelo interesse ambiental ou por sua fiscalização. Eram processos administrados sem nenhum critério ou preocupação com as suas conseqüências. Como resultados desses atos, surgiram inúmeras áreas de depósito de lixo a céu aberto, muitas delas em terrenos de fácil inundação ou áreas de banhados. Essas áreas ocasionaram mau cheiro, proliferação de insetos, roedores e aves, sendo esses perfeitos vetores de proliferação de doença, além de contaminarem os solos e os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

A partir do surgimento de uma nova proposta de estudo, nas áreas de Geologia e Geomorfologia, sobre os depósitos tecnogênicos, o Curso de Geografia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), através do seu Programa de Pós-Graduação, iniciou uma linha de pesquisa nesta área de conhecimento. Nessa perspectiva, o homem é compreendido como agente geológico-geomorfológico, devido sua capacidade de interferir e modificar o meio natural. Para o desenvolvimento desses estudos, foi necessário estabelecer relações de cooperação, junto aos órgãos de gerenciamento de resíduos sólidos.

Foram estabelecidas parcerias entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA), através do órgão responsável pelo gerenciamento dos resíduos sólidos, gerados em Porto Alegre: o Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU), mais especificamente, através da Divisão de Destino Final (DDF). Essa parceria iniciou em 1998, tendo sido possível, assim, estabelecer um elo entre a produção acadêmica e a prática de gerenciamento de resíduos sólidos da cidade de Porto Alegre. A prática resultou na disponibilidade de fontes bibliográficas, na realização de experimentos e coletas, além do custeio das análises laboratoriais realizadas na área de estudo, assim como no empréstimo de máquinas e equipamentos para a realização de tais experimentos.

O foco do estudo realizado em 1998 foi o depósito de resíduos sólidos, chamado Aterro Sanitário da Zona Norte (ASZN), sendo realizado um monitoramento da área, em relação à poluição hídrica superficial, decorrente da presença do aterro e da vila Dique. Também foi de grande importância, nesse estudo, a análise da adequação do aterro e da vila, em relação às características próprias da área, através da legislação vigente.

Passados alguns anos das primeiras pesquisas realizadas, foram restabelecidas as parcerias, em 2006, tendo a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) e a Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), como representantes desse novo projeto.

A área de interesse dessa nova pesquisa engloba: o ASZN e suas adjacências, a vila Dique e o arroio da Areia, que estão inseridos nas bacias hidrográficas do arroio da Areia e Passo das Pedras.

O projeto atual, que iniciou em 2006, objetivou monitorar a qualidade das águas superficiais, subterrâneas e do líquido percolado na área do ASZN e a qualidade das águas superficiais, no arroio da Areia, ao longo da vila Dique. Além disso, foi realizado um levantamento geofísico na área do ASZN e adjacências, com o objetivo de monitorar o comportamento das águas subterrâneas, decorrente da poluição das mesmas, devido ao extravasamento do chorume (líquido formado a partir da decomposição da matéria orgânica, depositada nas células do aterro).

A parceria firmada entre UFRGS, DMLU e CPRM ocorreu com a definição das atribuições de cada um dos participantes. O Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGea), nível Doutorado, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,

desenvolve pesquisa na área ambiental, que engloba a evolução das cidades, a formação das vilas e dos depósitos de lixo e suas conseqüências ambientais. Portanto, o PPGea tem interesse em realizar o monitoramento da qualidade das águas e o levantamento da Geofísica, na área do aterro sanitário da zona norte e adjacências.

Foram fornecidos, pelo DMLU, para análise da qualidade das águas, dados de coletas de águas superficiais, subterrâneas e do líquido percolado, realizados em cada célula do aterro. A coleta compreendeu desde o ano de 1991, que marcou a transformação de lixão para aterro sanitário, a 2008, período que representa 18 anos de monitoramento. O DMLU também colocou à disposição a área do aterro e suas adjacências, juntamente com a equipe composta por seus engenheiros e técnicos da Divisão de Destino Final (DDF), responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos sólidos, produzidos em Porto Alegre.

A participação da CPRM consistiu em disponibilizar um técnico em mineração e um geólogo, para acompanhar o levantamento da geofísica, nos trabalhos de campo. Foi possível, também, a utilização de todos os equipamentos disponíveis para a realização de medições, como o Sensor Eletromagnético, modelo EM 34, no sentido de detectar, delimitar e conhecer o fluxo da pluma subterrânea existente, que é formada pelo extravasamento do chorume do ASZN.

Em virtude do ASZN e da vila Dique serem consideradas áreas problemáticas, sob o ponto de vista de uso e ocupação, pois estão localizadas na planície de inundação, ficou evidente a necessidade de um monitoramento efetivo, que relacione a dinâmica ambiental própria dessas áreas. Isso se fez necessário, a fim de poder avaliar as modificações ambientais e sugerir novas formas de gerenciamento na apropriação desses espaços.

O processo de urbanização das principais cidades brasileiras se desenvolveu de forma desordenada, sem um planejamento efetivo. Áreas foram ocupadas de forma irregular ou o seu uso se deu de forma inadequada. Foi o que ocorreu com a área do presente estudo, onde milhares de toneladas de lixo foram depositadas numa várzea (considerada como uma área que sofre inundação em eventos chuvosos), sem o uso de nenhuma técnica de Engenharia, que pudesse impedir a contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

### 1.1.2 Estratégia Operacional

A metodologia proposta procura contemplar a influência na qualidade das águas, contextualizando a área de estudo, onde estão inseridos o Aterro Sanitário da Zona Norte e a vila Dique. Foi, então, realizado o estudo das dinâmicas local, física e ambiental, que envolvem as bacias hidrográficas do arroio da Areia e Passo das Pedras, inseridas na cidade de Porto Alegre.

Foram utilizadas técnicas de pesquisa, análise e interpretação, baseadas no levantamento e mapeamento da área de estudo, no comportamento das características do meio físico, na coleta de águas superficiais e subterrâneas, e na aplicação da técnica de Geofísica, com a finalidade de atingir o objetivo geral e os específicos da referida tese.

As ações operacionais iniciaram com o levantamento e a caracterização do meio físico, sendo que esses procedimentos foram subdivididos em vários eixos de ação. O primeiro eixo de ação caracteriza-se pela situação geográfica, localização e uso e ocupação da terra, da área de estudo.

O levantamento, a identificação e o mapeamento da situação geográfica, em escala 1:75.000; da localização e do uso e ocupação da terra, da área de estudo, em escala 1:16.000 permitiram diagnosticar os eixos preferenciais de ocupação e prever as tendências de crescimento urbano, assim como localizar e identificar as características e as fragilidades da área de estudo, quanto ao uso e ocupação.

Cada eixo de ação foi desenvolvido, a partir de uma sequência de atividades, que, neste caso, desencadeou-se pela preparação da base cartográfica. Esta se iniciou pela digitalização dos mapas cadastrais, cedidos pela Prefeitura de Porto Alegre, através da Metroplan, em escala 1: 1000, dos anos de 1982 e 1987. Dessa base, foi possível extrair as informações do sistema viário e a hidrografia da área de estudo, gerando um mapa digital em Idrisi 32, com os dois planos de informação. Após a digitalização, foram convertidos por reamostragem para a projeção UTM (*Universal Transversa Mercator*). Com o objetivo de elaborar um croqui detalhado da área de estudo, foi realizado um levantamento de campo, com o uso do GPS (*Global Position System*) Etrix VISTA, em todos os pontos de interesse, utilizadas fotos aéreas cedidas pela Metroplan, com datas de 1982 e 1990, em escalas 1:5000 e 1:8000, respectivamente; e analisada a imagem de satélite Landsat TM 5, de 1999

para, após sua interpretação e georreferenciamento, criar mais dois planos de informação: o das áreas urbanizadas chamadas de edificações e o do aterro sanitário.

A delimitação das áreas das bacias hidrográficas do arroio da Areia e Passo das Pedras foi possível, a partir do Mapa Potencial de Poluição por Efluentes das sub-bacias de Porto Alegre (MENEGAT et al, 1998), através da digitalização das mesmas.

A geração dos diversos planos de informação da área de estudo permitiu a elaboração dos seguintes mapas: mapa de situação geográfica da área de estudo; o mapa de localização e o mapa de uso e ocupação da terra, figuras 3, 4 e 6 respectivamente.

No mapa de situação geográfica da área de estudo, foram delimitadas a área de estudo e as áreas das bacias hidrográficas do arroio da Areia e Passo das Pedras, com seus arroios principais. Foram também identificados, nessas áreas, o Aterro Sanitário da Zona Norte e a vila Dique, como áreas construídas.

O mapa de localização possui os seguintes planos de informação: o Aterro Sanitário da Zona Norte; a sede do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU); o galpão de reciclagem, que funciona próximo da sede do DMLU; o sistema de drenagem das lixívias produzidas no interior das células de depósito de lixo; a empresa Sultepa; o sistema viário municipal; o sistema viário federal (BR-290); a vila Dique; e o curso de água que está no interior da bacia do arroio da Areia, e mais ao norte, o rio Gravataí.

Já o mapa de uso e ocupação da terra foi construído com todos os planos de informação, utilizados no mapa de localização, acrescidos das áreas sujeitas a inundação: campo, campo alagado permanentemente e arroz irrigado.

A partir da análise dos mapas elaborados, foi produzido o texto interpretativo, com base em fontes de dados primários e secundários, indicando os eixos preferenciais de expansão urbana, identificando as características e as fragilidades da área de estudo, quanto a uso e ocupação da terra.

O segundo eixo de ação, na estratégia operacional, diz respeito ao levantamento das características geológicas, pedológicas, geomorfológicas, climatológicas e hidrológicas, da área de estudo.

As características geológicas e pedológicas buscam identificar as características litológicas e estruturais da área de estudo, em relação ao contexto

local. A abordagem do presente estudo voltou-se às informações sobre a constituição, textura e estrutura dos principais tipos de rochas identificadas, pois esses dados subsidiam a caracterização geomorfológica e morfogenética da área.

As características geomorfológicas tratam da compreensão da compartimentação e da topografia do relevo, e de suas caracterizações. Com isso, foi possível estabelecer relações entre a estrutura superficial das paisagens atuais com os processos que interagem na modelagem do relevo. O levantamento e a análise das formas e da dinâmica do relevo subsidiam a avaliação da fragilidade do ambiente e do potencial do uso da terra. Desse modo, as formas de relevo possuem intrínsecas relações com o processo dinâmico de transformação da natureza e da sociedade, influenciando o modo como esta se apropria do ambiente.

O conhecimento das características climatológicas e hidrológicas permite através de sua correlação, identificar eventos de escassez hídrica, assim como, de *superavit* hídrico sendo fundamentais para indicar os períodos mais críticos, no que se refere aos riscos instalados na área, entre eles o de inundação.

O produto gerado envolve uma produção textual, que permite a caracterização do meio físico da área de estudo, baseado em pesquisa bibliográfica, observação, levantamento de dados e análise de campo.

O terceiro eixo de ação envolveu a aplicação da técnica de geofísica, na área de estudo, considerando diversos aspectos. A geofísica é uma técnica analítica que utiliza um sensor eletromagnético, modelo EM-34, e compõe-se de duas bobinas (transmissora e receptora), conectadas por cabos de diferentes comprimentos (10, 20 e 40m). A bobina transmissora emite um campo magnético (sondagem elétrica vertical) em subsuperfície, e sua resposta ocorre através da intensidade da condutividade elétrica da água, que é recebida pela bobina receptora. Sabe-se que a condutividade elétrica da água está diretamente ligada com o teor de sais dissolvidos, sob a forma de íons. Por isso, utiliza-se o levantamento geofísico, para identificar e monitorar a contaminação das águas subterrâneas, provocada por depósitos de lixo industrial e doméstico. Sua metodologia foi desenvolvida por Neill, em 1980, sendo que, no Brasil, foi bastante utilizada por Ellert et al (1988) e Ellert et al (1990), nos aterros sanitários de Santo André, São José dos Campos e São Carlos, no Estado de São Paulo.

A aplicação da geofísica, na área de estudo, foi realizada através de trabalhos de campo, no período de 26 de setembro de 2006 até o dia 07 de dezembro de

2006. Foram coletados em 18 linhas monitoradas: 427 pontos e 1281 medidas de condutividade elétrica, nas diferentes profundidades 7,5m, 15m e 30m.

Os produtos gerados foram: mapas e texto interpretativo, com base nos resultados das medidas de condutividade elétrica, através da aplicação da Geofísica. Através dos dados coletados e dos resultados da Geofísica, foi possível elaborar três produtos cartográficos.

O primeiro produto cartográfico foi produzido através do mapeamento da rede de linhas e pontos do levantamento de geofísica, no Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes, figura 7. O *software* utilizado para a elaboração dos planos de informação, editoração e acabamento foi o ARC VIEW GIS 3.2.

O segundo produto cartográfico foi o mapa de Condutividade Elétrica Aparente. A preparação da base cartográfica iniciou pela utilização dos resultados das 1281 medidas de geofísica. Estas foram inseridas no *software Excel*, com o objetivo de criar 18 planilhas, contendo o número de cada estação, as coordenadas geográficas com Datum horizontal WGS 84, como referência, e os respectivos valores de condutividade elétrica em cada ponto, com as medidas de 7,5m, 15m, e 30m de profundidade.

Após, foram criadas as planilhas de X e Y, no Excel. A rede de pontos foi importada para o *software Surfer*, Versão 8.0, para o georreferenciamento dos mesmos, sendo gerado um *grid* de pontos e medidas. Utilizando o recurso mapas de contornos foi inserido o *grid*, tendo sido criados três arquivos (LZN - 10 - T*grid*), (LZN - 20 - T *grid*) e (LZN - 40 - T *grid*), que são os mapas de Condutividade Elétrica Aparente, figuras 9, 10 e 11.

O trabalho de editoração final e acabamento foi realizado no próprio Surfer, assim como a calibração das cores e sua projeção foi convertida para UTM (*Universal Transversa Mercator*), fuso 22.

O terceiro produto cartográfico foi a Imagem em 3D de Condutividade Elétrica Aparente, nas três profundidades 7,5m, 15m e 30m, figuras 12, 13 e 14.

Para a elaboração do mapa, foram seguidos os mesmos passos da elaboração do mapa de Condutividade Elétrica Aparente, acrescidos da utilização do recurso Surface do Software Surfer, Versão 8.0 e da realização da interpolação, utilizando o método Kriging, para gerar a imagem em 3D. Esse mapa revela as diferentes intensidades de concentração de condutividade elétrica, podendo, assim, identificar, delimitar e mapear o fluxo da pluma poluidora.



O software utilizado para a elaboração, editoração e acabamento foi o Software Surfer, Versão 8.0.

O quarto eixo de ação caracteriza-se pela análise das águas superficiais e subterrâneas, considerando, inicialmente:

- o histórico, as características, o comportamento e a poluição das águas superficiais e subterrâneas;
- os aspectos legais;
- as características dos constituintes iônicos das águas superficiais e subterrâneas;
- as técnicas analíticas de determinação dos parâmetros de qualidade das águas.

Os produtos gerados foram: tabelas, quadros e texto interpretativo, com base em pesquisa bibliográfica e em fontes de dados fornecidos pelo DMLU.

Após, foram realizados o levantamento, a identificação e o mapeamento dos pontos de coleta das águas superficiais, subterrâneas e do líquido percolado, a fim de visualizar a distribuição espacial dos pontos de monitoramento. Neste caso, o produto gerado foi o mapa de pontos de coleta de água superficial, subterrânea e do líquido percolado no aterro sanitário e áreas adjacentes, em escala 1:10.000, figura 15. Para sua elaboração, utilizou-se a base cartográfica, descrita anteriormente, acrescentando-se a localização de cada ponto de coleta de água, através de um levantamento de campo, utilizando-se GPS.

Nos pontos de coleta de água superficial, subterrânea e do líquido percolado, foram monitorados os seguintes parâmetros:

- Parâmetros Químicos: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, nitrato, fosfato total, cloreto e nitrogênio amoniacal.
- Bacteriológico: coliformes fecais.
- Metais Pesados: ferro, níquel, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio, alumínio e cromo.

Para classificar a qualidade das águas em cada ponto de coleta e parâmetro descrito anteriormente, foi utilizada uma legislação específica, para cada tipo de amostra de água coletada.

- Para as águas superficiais, foi utilizada a Resolução do Conama nº357, de 17 de março de 2005.
- Para as águas subterrâneas, foi utilizada a Resolução do Conama nº396, de 03 de abril de 2008.
- Para o líquido percolado, foi utilizada a Resolução Consema nº 128, de 24 de novembro de 2006.

É importante destacar que a análise laboratorial das amostras de água, foi realizada pelo Laboratório Laborquímica LTDA, que utilizou a metodologia “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (APHA – AWWA – WPCF-1995).

Os produtos gerados foram: tabelas, mapas, gráficos e texto interpretativo, a partir dos resultados das análises laboratoriais, através dos dados fornecidos pelo DMLU, para determinar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

O produto final foi a elaboração de uma cartografia de qualidade das águas superficiais, subterrâneas e do líquido percolado em todos os pontos de coleta, monitorados pelo DMLU, na área de estudo, dos anos de 1993 e 2000, figuras 16 e 17.

## **1.2 ESTRUTURA DA TESE**

O presente estudo está estruturado em oito capítulos. O primeiro capítulo foi construído a partir dos objetivos da pesquisa, das parcerias estabelecidas e da relevância da presente temática, e apresenta as considerações iniciais de problematização da tese. Também são abordadas as duas grandes estratégias, que constituem a metodologia – a teórico-conceitual e a operacional -, assim como os seus respectivos eixos: de abordagem e de ação.

O segundo capítulo se desenvolveu através do estudo do espaço urbano, dos processos e formas espaciais e dos consequentes problemas ambientais urbanos. Tal abordagem está fundamentada no processo de urbanização e tem como suporte os instrumentos de Políticas Públicas. Apresenta-se, ainda, a análise do processo de urbanização no Brasil, tendo como destaque um desordenado desenvolvimento das cidades e sua forte desigualdade social. Em decorrência desse quadro, foram criados instrumentos de planejamento urbano e de estruturação de políticas públicas. Destacam-se, também, os principais problemas ambientais relacionados ao desenvolvimento das cidades brasileiras, desde o aumento das crises de recessão sobre o ambiente construído, envolvendo as cidades e sua infraestrutura até os problemas relacionados com o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos.

A cidade de Porto Alegre e o desenvolvimento de sua estrutura urbana, a partir da década de 1970, são os aspectos abordados no terceiro capítulo. Essa parte do texto classifica a cidade e suas regiões, marcando o seu planejamento, através do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. Destaca alguns problemas ambientais, decorrentes da acelerada urbanização, como a evolução da disposição de lixo, em função do aumento da produção e consumo, e do precário gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos. Caracteriza a coleta seletiva e as Unidades de Reciclagem e Compostagem, como um projeto desenvolvido pela cidade, com o objetivo de minimizar tal problemática.

O quarto capítulo refere-se à área de estudo e a sua localização geográfica, assim como caracteriza a geologia, pedologia, geomorfologia, climatologia e hidrologia local. Aborda os depósitos tecnogênicos como os últimos testemunhos da ação do homem sobre a superfície, destacando a presença do Aterro Sanitário da Zona Norte, sua constituição, operação, transformação e monitoramento, e da vila Dique, com sua dinâmica populacional de uso e ocupação. Essa abordagem é feita para caracterizar situações de risco ou o surgimento de espaços, com elevado comprometimento da qualidade ambiental, nas bacias hidrográficas do arroio da Areia e Passo das Pedras.

O quinto capítulo trata da importância e do histórico das águas superficiais e subterrâneas e caracteriza a poluição dos recursos hídricos, em virtude do mau gerenciamento dos recursos naturais, seus constituintes iônicos e as técnicas analíticas de determinação dos parâmetros de qualidade das águas. Aborda a legislação vigente e a metodologia das análises laboratoriais das amostras de água.

No sexto capítulo, há o relato da aplicação da técnica de Geofísica e o comportamento da condutividade elétrica. Apresenta a elaboração da cartografia de contaminação subterrânea e a análise dos resultados, identificando, delimitando e mapeando o fluxo das lixívias (pluma poluidora), em toda a área de estudo.

O sétimo capítulo descreve os procedimentos metodológicos: da escolha dos pontos de coleta e das amostragens das águas superficiais, subterrâneas e do líquido percolado, definidos pelo DMLU no entorno do aterro. Enquadra, classifica e estabelece relações entre as amostras coletadas, na área de estudo, e os resultados. Além disso, detalha a elaboração e analisa os resultados da cartografia da rede de pontos de monitoramento das águas superficiais, subterrâneas e do líquido percolado, de forma espacial e temporal. Também estabelece uma relação entre a influência da precipitação sobre a qualidade das águas e os eventos de inundação.

Por fim, o oitavo capítulo traz as considerações finais, buscando sintetizar os conteúdos aprofundados, ao longo da tese, contrapondo-os aos objetivos, de tal forma a respondê-los. São indicadas possibilidades de futuras pesquisas, em relação ao objeto desta tese, assim como sugeridas medidas mitigadoras em relação aos problemas evidenciados, na área de estudo.

## **2 URBANIZAÇÃO E PROBLEMAS AMBIENTAIS**

O presente capítulo parte do estudo do espaço urbano, seus processos e formas espaciais, para fazer uma discussão sobre o processo de urbanização e seu regramento, através da constituição de políticas públicas. No que diz respeito à urbanização, instrumentos legais de políticas públicas e problemas ambientais, o texto, depois de uma discussão geral, apresenta as características do caso brasileiro. A proposta, então, aqui, é compreender de que forma, a partir desse processo, instaura-se uma série de problemas ambientais, como os decorrentes da grave condição das cidades, relacionada à crescente e descontrolada presença do lixo urbano. Intenciona-se, assim, trazer a discussão para o modo como esse fenômeno ocorre, no Brasil.

### **2.1 O ESPAÇO URBANO**

O homem apropria-se do espaço, através de suas relações de produção e exploração dos recursos naturais, provocando modificações geológicas e geomorfológicas em áreas expressivas da superfície terrestre. Isso ocorre principalmente onde se concentra, atualmente, a maior parte da população mundial - o meio urbano (PELOGGIA, 1998).

Segundo Corrêa (1989), o espaço urbano pode ser explicado como o conjunto de diferentes usos da terra, justapostos entre si. Tais usos definem áreas, como o centro da cidade, local de concentrações de atividades comerciais, de serviços e de gestão, áreas industriais e residenciais, distintas em termos de forma e conteúdo social, da cidade ou do espaço urbano, que aparece como espaço fragmentado. Fragmentado e articulado, sendo que cada uma de suas partes mantém relações espaciais com as demais, através dos fluxos comerciais, de pessoas e mercadorias. Ao longo da história, o desenvolvimento das hoje grandes cidades teve como principal característica a constituição de um núcleo de articulação, chamado geralmente de "centro", para onde as relações espaciais convergiam, tanto na circulação de decisões e investimentos de capital, quanto de crescimento

populacional. Há décadas, esse núcleo representava o lugar de oportunidade de emprego e moradia, fatores essenciais para satisfazer às necessidades básicas da população.

É importante destacar que, além de o espaço urbano ser entendido como fragmentado e articulado, deve ser considerada sua dinâmica, ao longo das décadas. Esse espaço é um reflexo das ações que se realizam no presente, bem como daquelas que se realizaram no passado e que deixaram suas marcas impressas para as gerações futuras.

Corrêa (1989) destaca dois pontos em relação ao “espaço urbano”. Primeiro, o fato de ele ser reflexo social e fragmentado, o que ocorre especialmente com a cidade capitalista. Ela é profundamente desigual, em sua própria espacialização, pois agrega ou exclui a sua vontade, de acordo com seus interesses e diferenças existentes. Em segundo lugar, por ser dinâmico, o espaço é mutável e complexo, com ritmos e natureza diferenciados.

Esse espaço sociável, excludente e mutável, é regido pelas condições de produção e pelas relações de produção que se estabeleceram. Dentro dele, existem as cidades e os bairros, lugar onde as diversas classes sociais vivem e se reproduzem, com crenças, valores, interesses e mitos diferenciados. Sendo assim, ele assume uma dimensão simbólica e variável, sob o olhar de cada grupo que o integra e o transforma.

Com o passar dos anos, os espaços sociais construídos dentro das cidades centrais acham-se enquadrados num contexto de fragmentação desigual do espaço, desenvolvendo-se, assim, conflitos sociais, movimentos urbanos, na busca de alguns ideais, onde se resume o direito à cidade e à cidadania plena igual para todos, o que é contraditório à forma de organização proposta pelo sistema econômico vigente, capitalista.

O espaço urbano capitalista desenvolve, através dos seus agentes sociais (os proprietários dos meios de produção, os proprietários fundiários, os promotores imobiliários, o Estado e os grupos excluídos), ações que levam a um constante processo de reorganização espacial.

Por isso, Rodrigues (1998) destaca que, para compreender a complexidade da dinâmica da produção social do espaço, não se pode esquecer do tempo histórico e das transformações na natureza. Segundo Boaventura Souza Santos

(1991, p. 66), “[...] trata-se de investigar o que das relações sociais resulta especificamente nas transformações do espaço”.

## **2.2 PROCESSOS E FORMAS ESPACIAIS**

A cidade capitalista é um lugar de forte ocorrência de processos sociais - como a acumulação de capital e a reprodução social - que alteram o espaço urbano e as relações sociais. Isso significa uma influência mútua e processual. As relações sociais alteram o espaço que, transformado, promove mudanças nas relações sociais. Isso modifica, a cada momento, a forma e as relações locais transformadas. Desse modo o homem está em contínuo processo de organização do espaço em que vive ou produz.

Segundo Corrêa (1989), é ele que, ao mesmo tempo em que se transforma em função dela, define a organização desigual e mutável da cidade capitalista, cunhado nos interesses sociais fragmentados, explicado pela ação humana – tempo – espaço – mudança.

A essa organização desigual, são incorporadas novas áreas ao espaço urbano. Ocorre a densificação da ocupação e uso da terra, a deterioração e a renovação urbana, e a relação diferenciada da infraestrutura social e ou econômica de determinadas áreas da cidade, movidas pelos grandes capitais.

Lefévre (1976) destaca que os grandes capitais - industrial, financeiro e imobiliário - podem estar integrados, indireta e diretamente, comprando, vendendo, financiando, administrando e produzindo o espaço urbano. É importante destacar que as estratégias adotadas por eles variam no tempo e no espaço, vinculadas à acumulação capitalista e aos possíveis conflitos de classes e a seus interesses econômicos.

Segundo George (1983), os processos espaciais e suas formas podem ser classificados pela: centralização e a área central; descentralização e os núcleos secundários; segregação e as áreas sociais; inércia e as áreas cristalizadas.

A centralização foi responsável pelo surgimento dos grandes espaços urbanos, decorrente da atração dos principais investimentos industrial e imobiliário, juntamente com a inserção dos serviços, necessários ao seu funcionamento. Esse

período foi marcado por uma forte mudança, na forma de viver das pessoas, passando de uma situação rural para urbana, gerando grandes transformações no espaço natural. Além do desenvolvimento urbano, que possibilitou crescimento econômico, para as grandes cidades, surgiram também os graves problemas relacionados à falta de moradia, à falta de emprego e aos impactos ao ambiente.

Com o passar dos anos, os núcleos secundários comandados pela descentralização dos núcleos centrais, começaram a surgir, juntamente com toda a estrutura necessária para seu funcionamento. Tal período marcou o surgimento dos principais bairros que circundam os grandes centros urbanos.

Segundo George (1983), durante o desenvolvimento, tanto da área central quanto, posteriormente, dos núcleos secundários, algumas áreas passaram a definir a organização social de classes, através da diferença de infraestrutura, que era instalada em determinados locais e em outros, não. O divisor desse processo é o valor imobiliário de cada local.

Uma pequena parcela da população, que possuía condições de pagar por essa infraestrutura instalada, de elevado custo financeiro, passou a viver nessas áreas. A outra parte, composta pelos grupos sociais segregados, passou a viver nas periferias, tanto das áreas centrais, quanto dos núcleos secundários.

É importante destacar que os grupos sociais, excluídos desses processos e formas, no que diz respeito ao acesso a bens e serviços produzidos, são bastante significativos. A habitação é um desses bens, cujo acesso é seletivo, na organização do espaço urbano. Isso decorre do fato de que milhares de pessoas possuem uma renda baixa e não conseguem pagar aluguel e, muito menos, comprar um imóvel. Em paralelo a esse aspecto social, pode-se mencionar o baixo grau de escolaridade, a subnutrição, as doenças, o desemprego e o subemprego. Pequena parte desses grupos tem, como possibilidades de moradia, os densamente ocupados cortiços, localizados próximos a algumas áreas centrais desvalorizadas (prédios velhos e ou residências), e a maioria acaba se localizando em áreas da periferia das cidades.

As áreas de periferia da cidade são, geralmente, inaptas para uso e ocupação, por serem consideradas áreas de risco, sem as condições adequadas, sob o ponto de vista técnico habitacional. As habitações, nessas áreas, geralmente são construídas nos morros, sujeitos a desmoronamento, em áreas de inundação ou sem infraestrutura de esgoto e água, e com ligações elétricas clandestinas. Desse



modo, põem em risco a vida das famílias que ali vivem e ficam sujeitas a incêndios ou outro evento dessa ordem.

É na produção da favela, em terrenos públicos ou privados, invadidos ou cedidos, que os grupos sociais excluídos tornam-se, efetivamente, agentes modeladores. Ali, eles produzem seu próprio espaço, na maioria dos casos, independentemente e a despeito dos outros agentes. A produção desse espaço é, antes de qualquer coisa, uma forma de resistência e, ao mesmo tempo, uma forma de sobrevivência às adversidades, impostas aos grupos sociais recém-expulsos ou migratórios, por opção do campo ou provenientes de áreas urbanas, submetidas às operações de renovação, que transformam a cidade conforme destacado anteriormente.

Valadares (1980) afirma que o processo de evolução da favela ocorre de forma gradual, e que sua progressiva urbanização (infraestrutura) desenvolve-se à medida que, por ação dos próprios moradores, pouco a pouco, durante um longo período de tempo, vão melhorando suas residências. O estado, município, enfim, o poder público, representado por seus diferentes serviços, acaba implantando uma estrutura básica de coleta de lixo, instalação de água e luz, sistema de transporte, instalação de postos de saúde e outros, nessas áreas.

Cabe ressaltar que, durante todo esse processo de centralização e descentralização, ocorrido nos grandes centros urbanos, sempre existiram áreas próximas ou no entorno, que não sofreram influência alguma de ocupação, nem de infraestrutura instalada, gerando o que, segundo Corrêa, pode ser denominado de áreas cristalizadas.

Segundo Rolnik (1997), os processos espaciais e suas formas, quando em transformação, não são apenas excludentes. Podem estar ocorrendo concomitantes e originando novos subcentros comerciais, desencadeando, assim, o surgimento ou a reestruturação funcional de um novo bairro, descentralizado, que pode deixar de ser eminentemente residencial e passa a ser residencial e comercial.

Tal descentralização está pautada nos atrativos que as áreas periféricas podem oferecer: terras com preços baixos e isenção de impostos; infraestrutura implantada e facilidade de transporte. Isso se verifica, desde que o poder público aplique as políticas públicas necessárias e realize tais investimentos. Esse processo faz com que novos bairros industriais e ou residenciais e comerciais sejam criados e desenvolvidos, fazendo surgir uma rede de serviços, que atenda às necessidades,

dessa nova realidade. Assim, não há necessidade de a população deslocar-se para as áreas centrais, o que torna o espaço urbano mais complexo, com vários núcleos secundários.

Castells (1983) lembra que, apesar de ocorrer a descentralização dos espaços e serviços, há um desaparecimento de firmas pequenas, sem grande economia de escala. Essas se mostram incapazes de concorrer com as grandes, que, nessa nova ordem organizacional, estão fragmentadas fisicamente, dispostas em cada núcleo. As grandes empresas representam novos investimentos e a reprodução do capital, sendo que isto se explicita nitidamente, no caso dos *Shopping Centers*.

### **2.3 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO**

Segundo Guillen (2004), depois de um crescimento muito lento, que levou a humanidade a ter, aproximadamente, um bilhão de habitantes, até o final do século XVIII, a população, nos últimos dois séculos, cresceu rapidamente, até alcançar, no início do século XXI, os seis bilhões de habitantes.

Trata-se de um marco notável, para o crescimento da população e sua conseqüente urbanização, além da melhoria das condições de vida, com o desenvolvimento de vacinas, para combater as principais epidemias da época, que ocorreram com o desenvolvimento da revolução industrial.

O mesmo autor destaca que esse crescimento populacional ocorreu de forma desigual, onde o meio urbano apresentou um aumento muito maior que o rural, destacando, ainda, um crescimento desenfreado à população urbana “terceiro-mundista”, nos últimos 40 anos, de acordo com a Tabela 1:

**Tabela 1 - As dez maiores cidades<sup>1</sup> do mundo, em 1920, 1970 e 2000.**

1920	Cidade	Habitantes (milhões)	1970	Cidade	Habitantes (milhões)	2000	Cidade	Habitantes (milhões)
1	Nova Iorque	5.5	1	Tóquio	15.5	1	Tóquio	28.8
2	Londres	4.5	2	Nova Iorque	15	2	México	26.6
3	Paris	3.0	3	Shangai	10.1	3	São Paulo	23.3
4	Chicago	2.5	4	México	7.8	4	Shangai	18.3
5	Tóquio	2.0	5	São Paulo	6.8	5	Nova Iorque	18.2
6	Berlim	2.0	6	Los Angeles	6.2	6	Calcutá	15.8
7	Viena	1.8	7	Buenos Aires	6.2	7	Bombaim	15.7
8	Filadélfia	1.8	8	Pequim	5.9	8	Pequim	15
9	Buenos Aires	1.5	9	Calcutá	5.6	9	Jacarta	14.6
10	Shangai	1.3	10	Rio de Janeiro	5.4	10	Seul	14.2

Fonte: ONU (apud FOLCH I GUILLEN, 2004).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, é possível descrever um perfil de crescimento urbano, destacando as dez maiores aglomerações do mundo, nos últimos 80 anos:

- as dez maiores aglomerações do mundo, em 1920, pertenciam, quase todas, às potências desenvolvidas, sendo que três eram norte-americanas, quatro europeias, duas asiáticas e uma sul-americana;
- as dez maiores aglomerações do mundo, em 1970, pertenciam à potências desenvolvidas e a países subdesenvolvidos, sendo que duas eram norte-americanas, três asiáticas e quatro sul-americanas;
- as dez maiores aglomerações do mundo, em 2000, eram, em sua maioria, grandes cidades de países em desenvolvimento, exceto Tóquio e Nova Iorque.

Segundo Lefebvre (2004), o fenômeno urbano apresenta-se em curso como uma realidade global, onde o processo de urbanização, ao longo dos últimos séculos, em diferentes cidades do mundo, tem sido construído de forma

<sup>1</sup> Apesar dos autores Folch e Guillen utilizarem o termo "cidades" para referenciar as maiores aglomerações, no corpo do texto será utilizado a palavra "aglomerações".

heterogênea, implicando em um conjunto de ações da prática social de diferentes sociedades. A política do espaço urbano o concebe como meio homogêneo e vazio, no qual se estabelecem objetos, pessoas, máquinas, locais industriais, redes e fluxos.

O mesmo autor destaca que a problemática urbana impõe-se à escala mundial e afirma que, apesar dos esforços da homogeneização, pela técnica e pelas medidas legais integradas, as segregações ocorrem de forma diferente, em cada lugar do mundo.

Segundo Assis (2001), o fenômeno de crescimento urbano e suas consequências não devem ser analisados como um problema isolado, demográfico ou ambiental. Altas taxas de crescimento populacional são causadas em decorrência, de uma concentração de capital investido nas grandes cidades.

É importante destacar que essas taxas de explosão urbana se devem, também, a outros fatores como:

- o intenso movimento migratório de outras regiões, para as mais desenvolvidas;
- uma baixa sensível, nas últimas quatro décadas, da mortalidade em geral e da mortalidade infantil;
- uma redução da natalidade, na maioria dos países em desenvolvimento, mas com uma taxa considerada elevada, para os padrões europeus: acima dos 2% ao ano.

Segundo Santos (1989), vivemos uma época de um novo tipo de migração, só que estrangeira. São as migrações que chamamos de “descendentes”, isto é, a chegada de técnicos, enviados pelas transnacionais e grandes firmas de países industrializados, para assegurar a implantação e o funcionamento de indústrias, criadas com capital estrangeiro, já que os países onde se instalaram as indústrias não possuem uma mão-de-obra qualificada para atender tal demanda. Esses técnicos tomam decisões, nos campos da pesquisa industrial, à medida que os profissionais dos países subdesenvolvidos não dominam essas novas tecnologias.

É importante destacar que essas migrações tendem a contribuir para o aumento gradativo dos problemas sociais descritos: falta de emprego, moradia,

condições adequadas de vida, surgimento das periferias, aumento da criminalidade, falta de segurança pública e a conseqüente degradação ambiental.

Quanto ao movimento migratório, Santos (1989) afirma que esse processo é resultante da atração que a cidade exerce, através do novo, da oferta de emprego, de uma mudança de vida e da repulsão do campo. Isso decorre das várias dificuldades enfrentadas com estiagens, do baixo valor dos produtos produzidos, do pouco investimento ou incentivo, por parte do governo, nas atividades agrícolas e do processo de mecanização que ocorreu no campo.

Esse crescimento populacional, rápido, concentrado e desordenado, na maioria das grandes cidades, aliado a sua falta de planejamento, desencadeia problemas ambientais, como poluição dos recursos hídricos (pela falta de gerenciamento dos dejetos orgânicos domiciliares, e dos efluentes industriais não tratados); ocupações inadequadas da terra (através das invasões e construções em áreas de risco); e a poluição atmosférica (através do uso intensivo de fontes de energia, derivadas dos combustíveis fósseis). Esses são efeitos de um desenvolvimento capitalista, baseado na industrialização, sem grandes interesses ambientais e sociais.

Segundo Emelianoff (1997), existem duas representações de espaço-tempo urbano: o modelo da “Cidade Global” e o da “Cidade Durável”. No caso da Cidade Global, há o privilégio da dimensão econômica, em curto prazo, e a integração de fluxos econômicos desterritorializados. Isso se verifica, já que as atividades econômicas que coesionam a rede urbana mundial tendem à desvinculação das economias regionais e nacionais. A “Cidade Global” ambiciona economizar tempo, gerando uma urgência: de cultura econômica, do excesso de trabalho, da urgência social, da precariedade, etc.

Rolnik (2004) classifica esse processo de “urbanização de risco”, sendo marcado pela falta de segurança, desemprego, falta de moradia, ou, ainda, da condição jurídica da posse daquele território.

Já o modelo de “Cidade Durável” prioriza as dimensões ecológica e cultural, o longo prazo e a articulação de escalas espaciais – o desenvolvimento local e global – e temporais – os ritmos naturais e urbanos. Isso retrata uma tomada de decisão política, que condiciona a durabilidade do desenvolvimento urbano, privilegiando a manutenção da existência da natureza, das culturas etc. Os problemas ambientais urbanos dificilmente reagem a soluções tecnológicas rápidas, mas seus estudos de

riscos, associados às tecnologias e a como monitorá-los de maneira eficiente, sim. Para minimizar tais problemas, são necessárias:

- a disseminação das informações sobre os problemas;
- a otimização de parcerias, entre o poder privado e os gestores públicos, no sentido de identificarem, monitorarem e intervirem juntos, para minimizar tais problemas;
- a inclusão dos riscos nas políticas públicas, com o objetivo de viabilizar, de forma econômica, social e ambiental, as intervenções humanas, dentro do espaço urbano.

### **2.3.1 O Processo de urbanização no Brasil**

O processo de urbanização brasileiro apresenta características expansionistas, tendo sido marcado pela “indústria” como modelo capitalista, que serve como motor da economia nacional. A chamada “modernização conservadora” é definida por Santos (1994, p. 37), como período técnico-científico informacional, que se refere ao “[...] momento de construção ou reconstrução do espaço com incremento considerável de ciência, de técnica e de informação”.

O Brasil possui uma extensão territorial bastante significativa e extremamente complexa e heterogênea. Nesse sentido, a partir de década de 1960, desenvolveu um conjunto de estratégias, evidenciadas em parcerias dos governos estaduais e federal, voltadas ao desenvolvimento de regiões pouco desenvolvidas, com políticas de urbanização (DAVIDOVICH, 1984). Tais medidas objetivavam a descentralização das principais migrações a uma única região, a Sudeste, para outras regiões, como a Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Essas parcerias foram firmadas, à medida que os governos atendessem aos interesses do desenvolvimento do capitalismo e aos interesses geopolíticos regionais. Foram desenvolvidos vários projetos. Entre eles, está a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), em 1960, para a agricultura nordestina, com os programas: produção de alimentos, na zona úmida do nordeste, desenvolvimento no semiárido de uma agricultura resistente aos efeitos da

seca, colonização do Maranhão e desenvolvimento da irrigação do rio São Francisco. Outro projeto foi o da criação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), em 1966, quando o governo concedeu incentivos fiscais e financeiros especiais, para atrair investidores privados nacionais e internacionais. Também pode ser ressaltada a criação da zona franca de Manaus, em 1969, com o objetivo de construir, através de incentivos fiscais governamentais, um modelo de desenvolvimento regional, que utiliza de forma sustentável os recursos naturais, assegurando viabilidade econômica e melhoria da qualidade de vida das populações locais e outros.

Segundo Davidovich (1984), esses esforços produziram, até 1980, um aumento significativo do Produto Interno Bruto Brasileiro (PIB), sendo que o incremento da indústria, no período de 1960 a 1980, chegou a atingir 9% ao ano, tendo sido classificado como desenvolvimento de base urbano industrial. Em relação à urbanização, essas regiões, que receberam fortes investimentos, caracterizaram-se, nesse período, por dois terços das migrações da população brasileira. Seu crescimento anual urbano foi de 4,4%, enquanto a média da população total foi de 2,5%, segundo dados do IBGE (2000).

Davidovich (1995) destaca que, a partir da década de 1980, o Brasil, com seu modelo de acelerada urbanização, sofreu os efeitos de uma recessão, decorrente do processo de globalização do mercado, da conseqüente pauperização das metrópoles e de políticas públicas internacionais. Essas políticas privilegiaram a exportação, resultando em redução salarial e aumento da produtividade, a fim de ter um produto com um valor competitivo, no mercado mundial. Esse período foi marcado pela organização de blocos econômicos, onde, tardiamente, alguns países da América do Sul se organizaram. Entre eles, pode-se destacar o estabelecimento de um mercado comum do sul, chamado de MERCOSUL, que passou a vigorar em 1991. Deste, participam Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai e Venezuela, como membros principais, e Bolívia, Chile, Colômbia, Equador e Peru, como estados associados ao Mercosul. Sua criação objetiva fortalecer a aliança comercial, visando dinamizar a economia regional, movimentando, entre si, mercadorias, pessoas, força de trabalho e capitais.

Com o passar dos anos, entre 1991 e 2007, a economia das principais metrópoles brasileiras, caracterizadas pelo capitalismo, empobreceu e hoje se constituem focos de conflitos crescentes, de necessidade de trabalho, moradia,

educação, saúde e segurança. Segundo Lefebvre (2004), isso pode ser explicado, porque o fenômeno urbano surpreende por sua enormidade, sua complexidade e ultrapassa os meios do conhecimento e os instrumentos de ação prática.

De um lado, prevalecem relações de assalariamento formal e informal, e, de outro, há o trabalho de forma autônoma, entendido como sendo o setor da estrutura produtiva, composto por empreendimentos individuais. Neste caso, o produto se destina, principalmente, ao mercado interno, é composto por explorações camponesas, unidades de comércio varejistas, unidades de prestação de serviços (bares, oficinas, costureiras, padeiros, pedreiros, etc), os chamados profissionais liberais e os de ocupações irregulares, ilegais e transitórias, que integram o que tem sido denominado como “desemprego disfarçado” (JORGE, 2001).

Com isso, nas últimas décadas, cada vez mais as relações de assalariamento informal e desemprego disfarçado atingem uma fatia maior da população. As consequências são as baixas remunerações, ausência de um plano de saúde adequado, falta de condições adequadas de moradia e, conseqüentemente, de vida. Isso dá origem aos principais problemas urbanos, vividos pela população contemporânea.

Segundo dados do IBGE (2008), a população urbana brasileira, em 1945, era de 25% e, em 2007, chegou a 82%, ocasionando, em um curto espaço de tempo uma mudança brusca, na forma de uso e ocupação da terra, sem planejamento adequado para receber tal demanda. Isso ocorreu, principalmente, nas grandes capitais do país, provocando, assim, uma mudança de hábitos e culturas.

Assim, na atual conjuntura estabelecida, torna-se necessário suprir as áreas metropolitanas de: sistemas adequados de transportes públicos, infraestrutura básica, que comporte a demanda para a educação, saúde, habitação, saneamento básico, segurança pública e geração de empregos. Todas essas medidas são fundamentais diante dos problemas que se evidenciam.

Uma das grandes problemáticas está relacionada ao fenômeno que se observa a partir da década de 1970, com o surgimento de grandes áreas de periferia, nas franjas das grandes cidades brasileiras, em decorrência, principalmente, das migrações do rural para o urbano. Com elas, verificou-se a extrema pobreza, a falta de saneamento e infraestrutura adequada, como distribuição de água, luz, recolhimento do lixo, pavimentação, postos de saúde,



escola e outros, que se tornaram demandas não atendidas pelos gestores do poder público municipal, estadual e federal.

Outro dado significativo é a falta de mão-de-obra qualificada, para determinados serviços, ao mesmo tempo, em que há uma considerável parcela de desempregados, nas grandes cidades. Segundo dados do IBGE, de junho de 2008, 8,3% da população urbana brasileira está desempregada. Se formos levar em consideração o trabalho informal e o desemprego disfarçado, esse número deve ser acrescido de 35%, de acordo com os dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2008).

Conforme os dados do IBGE (2008), outro aspecto merece destaque. É o aumento de 12% do número de pessoas desempregadas, que migraram para o trabalho informal, no período de 1990 a 2007, obtendo, na maioria das vezes, baixas remunerações, perda dos direitos trabalhistas e uma jornada de trabalho maior do que a prevista em lei.

Todas essas demandas sociais não atendidas geraram grandes impactos ambientais, nesses 38 anos de intensa urbanização (1970-2008). Entre os principais impactos, destacam-se:

- a degradação dos recursos hídricos superficiais, em função da falta de saneamento básico, nessas áreas de periferia; e
- a degradação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas, em consequência da indiscriminada deposição das milhares de toneladas de resíduos sólidos, produzidos nas cidades.

No que diz respeito às áreas de periferia, muitas delas estão recebendo, do poder público, a instalação da infraestrutura básica necessária; outras, que se situam em áreas de risco, estão sendo reassentadas, mas esse processo é lento e não acompanha o seu crescimento.

Atualmente, em razão do contínuo desenvolvimento tecnológico e da crescente preocupação dos cidadãos com o meio ambiente, há maior planejamento na disposição dos resíduos sólidos produzidos nas cidades. As áreas de deposição são escolhidas tecnicamente. A operação, o monitoramento e o planejamento, para o fechamento desses locais, também são processos acompanhados, reduzindo, assim, os impactos causados.

## 2.4 INSTRUMENTOS LEGAIS E MOVIMENTOS AMBIENTAIS

As políticas públicas são instrumentos legais de planejamento urbano, elaborados pelo poder público, para facilitar a administração dos gestores das grandes cidades. Elas podem modificar a estrutura da paisagem urbana, desde a retenção do processo de expansão das periferias, até o ordenamento da conurbação das cidades. As políticas ainda podem viabilizar a ocupação de áreas vazias ou remodelar as áreas subutilizadas, contidas no interior do perímetro urbano, assim como devem traçar metas, para gerenciar áreas com elevado grau de risco populacional ou ambiental.

Uma das principais ferramentas, para os gestores, são os planos diretores de desenvolvimento urbano, que regulamentam o planejamento e o desenvolvimento da cidade. Eles geralmente são elaborados de forma integrada entre gestores e população. Segundo Marques (1986), um plano diretor como instrumento de política pública deve: conter diretrizes; adequar conceitos; estabelecer padrões e estruturas adotados às condições da cidade e contribuir com as mudanças de natureza socioeconômica ou de valores urbanísticos culturais e ambientais.

Ao Estado, cabem as tarefas de produzir espaço tecnicamente possível de ocupação, desenvolvendo obras de drenagem, vias de acesso, fornecimento de água, luz e saneamento. Enfim, ele é responsável por toda infraestrutura básica, necessária ao desenvolvimento urbano social (habitacional), bem como por tornar viável a atividade econômica para empresas, dentro do seu espaço gerenciado e de áreas de seu interesse.

Segundo Rattner (2001), as decisões sobre a organização do espaço e da vida social e cultural ultrapassam a problemática e a competência técnico-instrumental dos planejadores e tecnocratas. Elas configuram uma situação que exige um diálogo, comunicação e a interação consciente de toda a sociedade.

Cria-se, assim, um grande desafio para os gestores públicos da nossa civilização urbano-industrial: desenvolver estratégias de crescimento econômico, também para a maioria pobre da população, com um modelo de sustentabilidade e bem-estar humano. Nesse sentido, cabe destacar um questionamento: como é possível substituir o princípio da competição por empregos, mercados, riquezas e

impostos, como condição de sobrevivência, pela cooperação, como principal pilar de sustentação?

Rattner (2001) destaca que uma melhor distribuição de renda, a transformação do modelo privatizante da ocupação do território urbano e a reversão dos padrões hegemônicos de uso da terra não vão se transformar em mudanças significativas, mas, sim, por impulsos e movimentos de mudanças que surgem e se expandem, a partir da própria sociedade. Por isso, o “plano diretor” torna-se essencial, como um conjunto de regras que estruturam a participação de todos os atores sociais, mobilizados e motivados para a tarefa de reabilitação de suas cidades.

Com a crescente urbanização e utilização dos recursos naturais, para garantir o aumento da produção industrial, os impactos sobre o ambiente são cada vez maiores. Em virtude do exposto, cabe traçar um paralelo e destacar, como ponto positivo, a chamada “revolução ambiental”. Esta marcou, no mundo, um importante movimento social e tem contribuído, nas últimas décadas, com significantes transformações no comportamento da sociedade e na sua organização social, política e econômica.

Segundo Ferreira (1998), até a década de 1960, o meio natural era visto como mecânico e, sobre ele, predominava o pensamento determinista, sendo a natureza colocada como condição ou obstáculo para o desenvolvimento de uma sociedade.

Castells (1999) destaca o surgimento, a partir dos anos 1970, de ONG`s (Organizações não governamentais) cujos interesses e ações estavam inteiramente voltados para as questões ambientais do mundo. É o caso do Greenpeace, que possuía, já em 1994, seis milhões de membros.

Em 1972, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente em Estocolmo – Suécia. Seu eixo principal de discussão foi buscar soluções técnicas para as desigualdades sociais e econômicas entre os povos do primeiro e terceiro mundo, a crise dos combustíveis fósseis e os elevados índices de poluição, fatores que acabam afetando, diretamente, os gestores dos principais centros urbanos do mundo, causando uma necessidade de retomada nas propostas das políticas públicas. Dessa conferência, saíram duas propostas contraditórias. Uma delas é que o crescimento econômico deve ser realizado a qualquer custo. Só assim as diferenças sociais e econômicas iriam ser reduzidas. Em outro sentido, foram

sugeridas medidas de restrições demográficas, como se o problema ambiental mundial fosse ocasionado pelo aumento da população.

Cabe destacar que os países desenvolvidos culpavam os países subdesenvolvidos, por estes causarem problemas ambientais, em virtude do seu subdesenvolvimento. Já os países desenvolvidos eram acusados de causarem enormes impactos ambientais, decorrentes dos acelerados processos de industrialização e do desenvolvimento tecnológico.

A partir daí, foram desencadeadas diversas conferências, em diferentes continentes, com o objetivo de compor alternativas e soluções para minimizar os principais problemas sociais e ambientais do mundo, como: em 1978, na Alemanha, criou-se primeiro selo ecológico, que rotulava os produtos considerados ambientalmente corretos; na década de 1980 surgiram as primeiras empresas de consultorias especializadas em EIA e RIMA; em 1987, foi criada uma assembléia geral da ONU, para tratar sobre a questão ambiental e o desenvolvimento; em 1989, com o Protocolo de Montreal, foram banidos todos os compostos de CFC's, estabelecendo prazos para a sua substituição; em 1989, houve a Convenção de Basiléia, que coíbe o comércio de resíduos tóxicos e seu descarte, em países menos desenvolvidos; e, depois, a RIO-92, que marcou a segunda Conferência das Nações Unidas para o meio ambiente e o desenvolvimento, entre outras.

Tais conferências mobilizaram a população mundial, assim como os gestores das cidades, na busca de solucionar tais problemas, através de políticas públicas de urbanização, onde esses principalmente se intensificam. Toda a discussão produzida nesses encontros e movimentos de conscientização sinaliza para a necessidade de uma abordagem mais ampla, também no sentido de prevenir e não só de tratar o problema, depois de sua consolidação.

Nesse sentido, um exemplo da urgente atuação do Estado diz respeito à cultura do consumo desenfreado e à racionalização dos processos industriais, que têm provocado uma grande armadilha para a civilização. Ao mesmo tempo em que ocorre a expansão urbana, vinculada ao crescimento industrial, evidencia-se, também, o crescimento de núcleos carentes, nas margens das regiões metropolitanas, onde as ofertas de trabalho e os recursos naturais estão em constante transformação, criando sérias dificuldades para o poder público administrar.

As medidas que vêm sendo tomadas objetivam aparelhar as grandes cidades, através de elevados investimentos públicos, de interesse político, econômico e social, em alguns pontos críticos. Nos países em desenvolvimento, essas medidas iniciam com a retirada de milhares de pessoas, que vivem nas franjas das cidades, em lugares classificados, pelo próprio poder público, como “de risco”. Em alguns casos, essas áreas passam por investimentos, em saneamento básico, através de tratamento de água e esgoto, o que viabiliza a ordenação do espaço urbano habitado. Nos países desenvolvidos, as políticas públicas visam à adequação de certas indústrias, na redução da emissão de poluentes, tanto nas águas como na atmosfera, assim como estão relacionadas à tentativa de redução dos resíduos sólidos, provenientes do processo de produção industrial.

Birkholz (1983) destaca que, para os países em desenvolvimento, é fundamental a atuação do Estado. Essas ações visam à elevação do nível de qualidade de vida das populações menos favorecidas, com a adoção de metas sociais e econômicas.

Já Santos (1991) salienta que o próprio poder público torna-se criador privilegiado de escassez. Assim, estimula a especulação e fomenta a produção de espaços vazios nas cidades. É incapaz de resolver o problema da habitação, empurra a maioria da população para as periferias e empobrece, ainda mais, os pobres, que são forçados a pagar caro pelos precários transportes coletivos e a comprar caro, bens de um consumo indispensáveis e serviços essenciais, que o poder público não é capaz de oferecer.

#### **2.4.1 Instrumentos de Políticas Públicas**

A partir da década de 1960, as principais cidades brasileiras, passaram por um processo de transição, onde as relações de trabalho e de produção encontravam-se flexíveis. Em virtude disso, cada vez mais, foram evidenciadas grandes mudanças. Como exemplo, ocorreu a acelerada e desordenada urbanização, sendo que a forte desigualdade social, dela decorrente, tem reforçado a necessidade da criação de instrumentos de planejamento urbano e de estruturação de políticas públicas urbanas.

Marques (1986) destaca que o planejamento para as principais capitais do Brasil, na década de 1960, era elaborado através de zoneamento das áreas comercial, industrial e residencial. Cada zoneamento era planejado para atender às demandas locais, com base na população que ali se estabelecia e que poderia se estabelecer. Tal planejamento procurava, também, dar condições à criação de centros de bairros, tendência essa que já se manifestava em alguns bairros de algumas cidades do país. No estudo de Marques (1986), eram definidas regras de zoneamento de uso do solo, de aproveitamento e percentagem de ocupação de terrenos e de altura de edificações.

A partir da segunda metade da década de 1970, os técnicos da municipalidade – assim eram chamados os planejadores da época – aprofundaram estudos sobre os procedimentos e os instrumentos de planejamento urbano. Seu principal objetivo era o de planejar a cidade, através da compreensão das relações entre a sociedade e a cidade.

Na década de 1980, os planejamentos urbanos, para as grandes cidades, seguiam, no Brasil, os seguintes fundamentos e pressupostos:

- ter natureza interdisciplinar e multissetorial;
- ter caráter de renovação permanente;
- ter sua base jurídica consolidada;
- ter mecanismos de consulta e participação da comunidade, no processo de planejamento;
- seguir um modelo urbanístico contextualizado no município e na região, baseado em critérios de densidade populacional, zoneamento de uso do solo, multipolarização de serviços e equipamentos, funcionalidade e hierarquização das vias.

Somente em 2001, através da Lei nº 10.257, surgiu o Estatuto da Cidade. Com esse documento, o Plano Diretor tornou-se obrigatório, aos municípios com população urbana acima dos 20 mil habitantes, aos integrantes de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas de áreas de especial interesse turístico; municípios inseridos em áreas sob influência de empreendimentos ou com significativo impacto ambiental. Todos eles passaram a ser obrigados a instituírem o

plano diretor, como um instrumento que objetive a função social da cidade e da propriedade urbana.

O Estatuto da Cidade delega, a cada município, a competência como gestor do planejamento, estruturação e desenvolvimento das cidades, através de suas necessidades, norteadas pela expansão urbana ordenada ou desordenada. Segundo Brasil (2001), o estatuto estabelece, como instrumento legal, os planos nacionais, regionais e estaduais de ordenação territorial e de desenvolvimento econômico e social. O mesmo ocorre com o planejamento das regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões.

O planejamento municipal tem por obrigação legal, através do parcelamento do uso e ocupação da terra, zoneamento ambiental e gestão orçamentária participativa, desenvolver planos e programas de desenvolvimento econômico e social.

O Estatuto de uma cidade prevê instrumentos tributários e financeiros, através do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU); incentivo e benefícios fiscais e financeiros; e os institutos jurídicos e políticos. Estes possuem poder legal de realizar desapropriações, tombamento de imóveis, concessão de uso para fins de moradia, parcelamento, edificação, outorga onerosa do direito de construir ou alterar o uso, transferir o direito de regularização fundiária, assistência técnica e jurídica gratuita, para as comunidades e grupos sociais menos favorecidos.

Um exemplo a ser destacado, através da Lei complementar nº 434, de Março de 2000, é o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA), da Secretaria do Planejamento Municipal da cidade de Porto Alegre. Em seu artigo 1º, prevê a promoção do desenvolvimento do município, tendo, como princípio, o cumprimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, nos termos da lei orgânica. Garante a gestão democrática, participativa e descentralizada; a promoção da qualidade de vida e do ambiente, reduzindo as desigualdades e a exclusão social; e o fortalecimento da regulação pública sobre o solo urbano, mediante a utilização de instrumentos redistributivos da renda urbana e da terra, e o controle sobre o uso e ocupação do espaço da cidade.

Dentre as estratégias previstas, no artigo 3º do PDDUA, estão: a Estratégia de Estruturação Urbana da cidade, a Estratégia de Qualificação Ambiental, a Estratégia de Mobilidade Urbana, a Estratégia de Uso do Solo Privado, a Estratégia

de Promoção Econômica, a Estratégia de Produção da cidade e a Estratégia do Sistema de Planejamento.

Cabe destacar que a Estratégia da Estruturação Urbana, através do Programa de Integração Metropolitana, viabiliza ações na área de transporte, uso do solo e saneamento. Já a Estratégia do Sistema de Qualificação Ambiental tem o objetivo de promover as potencialidades do território municipal, superando os conflitos referentes à poluição e degradação do meio ambiente e seus elementos naturais: ar, água, solo e subsolo, fauna e flora.

Essas estratégias são entendidas como os caminhos que se deve percorrer, para que a cidade atinja seus objetivos de desenvolvimento. Indicam políticas urbanas, programas e projetos, públicos e privados, para que se construa uma cidade de todos para todos.

Segundo Panizzi (1993), política urbana pode ser definida como a ação do governo, baseada em um conjunto de instrumentos urbanísticos, tributários e jurídicos. Tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, nos parâmetros de justiça social e de equilíbrio ambiental.

O que se observa, então, é a existência de um conjunto de programas e normas jurídicas, com o objetivo de qualificar as relações sociais, entre os diversos agentes urbanos, e orientar suas ações. Esses programas e normas caracterizam a rede de instrumentos legais, que se complementam e se inter-relacionam, com o intuito de normatizar e balizar o desenvolvimento presente e futuro das cidades.

No caso brasileiro, todos esses instrumentos legais, contudo, não estão sendo eficazes, para sanar as necessidades da população, que hoje se encontra concentrada, nos grandes centros urbanos, como Rio de Janeiro, São Paulo e Porto Alegre. A consequência da ineficácia desses instrumentos é o surgimento e o adensamento desordenado e acelerado de vilas, geralmente em áreas sem estrutura urbana adequada, sob o ponto de vista de uso e ocupação da terra, tornando-se áreas irregulares e sujeitas a riscos ambientais e a riscos à saúde das pessoas que ali vivem.



## 2.5 PROBLEMAS AMBIENTAIS URBANOS

Nas últimas décadas, a preocupação com a melhoria da qualidade de vida tem ocupado, cada vez mais, a atenção dos governantes e da sociedade civil em todo o mundo. Segundo Frank (2000), a cada dia visualiza-se, mais claramente, a necessidade de um drástico redirecionamento das ações do homem, no planeta, que é atualmente predatório, em relação aos diferentes usos dos recursos naturais. Cabe destacar, assim, que a qualidade de vida torna-se o conceito central da problemática ambiental e o homem, através de seus costumes e forma de organizar-se socialmente, tem contribuído, tanto para o surgimento dos principais problemas ambientais, quanto para a solução de alguns deles.

A forma de viver do “homem”, a partir do século XX, tem sido rapidamente modificada, pela sua capacidade de inovação, frente aos desafios que ele mesmo produz e reproduz, nas sociedades em que vive. Um exemplo a ser citado, como responsável por essas mudanças, é a Globalização.

Nesse sentido, podem ser destacados os modelos de crescimento econômico, voltados para o desenvolvimento de tecnologias, onde muitos produtos lançados no mercado, em um prazo de seis meses a dois anos, tornam-se obsoletos, sendo substituídos de forma rápida. Dessa forma, as inovações tecnológicas permitiram que a influência dos meios de produção e consumo global chegassem a diversos lugares, de forma simultânea e instantânea.

Segundo Preteceille (1999), esses modelos de crescimento, de gestão econômica e social são gerados pelos fluxos financeiros, que constituem os mercados abertos e interdependentes; pela difusão de tecnologias; pelas migrações; e pela mão-de-obra. Apresentam, nas grandes cidades do Brasil e em muitos centros urbanos do mundo, um crescimento de desigualdades sociais e um significativo aumento da pobreza.

Grimberg (1993) afirma que as cidades são a principal base de sustentação do estilo predatório do desenvolvimento. Isto decorre do fato de que a exploração predatória dos recursos naturais é feita, no sentido de atender ao modo de vida eminentemente urbano.

Falar sobre os principais problemas urbanos é algo que remete a dialogar com os diferentes espaços sociais, construídos e ocupados pela sociedade, nos

últimos 50 anos. Hoje, quase todas as sociedades enfrentam a desanimadora perspectiva de uma infundável crise urbana, consequência de um modelo obsoleto e irracional da ocupação do espaço (RATTNER, 2001).

A acumulação de riquezas, sem distribuição equitativa de benefícios sociais, exacerbou contradições e conflitos, particularmente nas grandes aglomerações urbanas. A urbanização rápida e a intensa concentração de indústrias, serviços e, portanto, de seres humanos têm transformado as cidades no oposto de sua razão de ser, ou seja, um lugar para se viver bem.

Segundo Amaral (1992, p. 68),

[...] essa íntima relação da questão urbana com a qualidade de vida não é uma peculiaridade regional, mas estende-se a todas as cidades do planeta, estejam elas em países desenvolvidos ou subdesenvolvidos. Assim, também a degradação ambiental em grandes cidades como o México, Lima, Nova Iorque, São Paulo e Rio de Janeiro apresentam semelhanças.

Essa degradação ambiental pode ser explicada pelo avanço industrial, ligado ao desenvolvimento das cidades, que não acompanha o crescimento do processo de suburbanização, ou seja, a expansão das áreas de periferias é muito mais rápida e, com ela, surgem os problemas ambientais. É importante destacar que as cidades, através de suas políticas públicas, podem amenizar ou até resolver as questões ambientais, relacionadas à gestão do espaço urbano, desde que este seja transformado, de forma planejada, e que haja interesses, tanto do poder público como do privado.

Santos (1990) ressalta que o plano diretor de uma cidade não pode se contentar em responder apenas aos interesses do crescimento industrial ou da dotação de seus serviços. Deve incluir uma clara preocupação com a dinâmica global da cidade, sendo um equívoco pensar que os problemas urbanos podem ser resolvidos sem solução da problemática social.

Nesse sentido, a urbanização apresenta-se como um desafio, para muitos pesquisadores, pois a concentração humana e as atividades a ela relacionadas provocam uma ruptura do funcionamento do ambiente. Para melhor avaliar a qualidade ambiental urbana e controlar suas degradações, é preciso que se

compreendam suas dinâmicas de funcionamento. Isso é necessário, para que, a partir desta compreensão, sejam identificados os principais problemas urbanos, de tal forma que possam ser tomadas decisões, a fim de saná-los.

Para Frank (2000), as principais consequências diretas da urbanização são as poluições: atmosférica, hídrica, dos solos, sonora, visual e psicossocial. Autores como Marques (1993) e Sperling (1997) apontam o crescimento da população e sua concentração, no meio urbano, juntamente com a intensificação das atividades industriais e agrícolas, como principais causas da degradação dos solos e dos recursos hídricos, nestas últimas décadas.

Segundo Rodrigues (1998), um dos maiores problemas urbanos modernos é, sem dúvida, a geração crescente de resíduos sólidos, seu tratamento e destinação final. Entre os vários tipos de resíduos sólidos urbanos, destacam-se os industriais, os sólidos domiciliares, os da construção civil, os de serviço de saúde e os rejeitos de tratamento de água e de esgoto.

Os resíduos sólidos domiciliares urbanos são compostos por materiais putrescíveis (resíduos alimentares e demais materiais que apodrecem), papéis e papelões, plásticos, madeiras, metais, vidros e outros.

De acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004, p. 2), os resíduos sólidos podem ser classificados em duas classes:

Classe I – Perigosos: são aqueles que, em função das suas propriedades, podem apresentar risco à saúde pública, quando manuseados ou destinados de forma inadequada;

Classe II – Não perigosos: são aqueles que, em função das suas propriedades, não apresentam risco à saúde pública quando manuseados.

Segundo o Ministério das Cidades (2006), a geração média diária de resíduos sólidos urbanos no Brasil é de 780 gramas por habitante. Esse dado varia entre 470 e 700 gramas, por dia, por habitante, nas cidades com até 200 mil habitantes, e entre 800 a 1200 gramas por dia, por habitante, nas cidades com mais de 200 mil habitantes.

O surgimento de grandes áreas de depósito de lixo, como os lixões e aterros sanitários, no Brasil e no mundo, nas últimas décadas, em decorrência do acelerado processo de urbanização, é considerado um dos principais causadores da poluição das águas superficiais e subterrâneas e da poluição dos solos onde esses resíduos são depositados.

A partir da década de 1970, no mundo, e da década de 1980, no Brasil, empresas privadas e o poder público começaram a investir na reciclagem dos resíduos sólidos, gerados pelas cidades.

John e Agopyan (2000) afirmam que as possibilidades de reciclagem dos resíduos sólidos são inúmeras e variam de acordo com a sua composição. O investimento em desenvolvimento de tecnologia e em programas ambientais governamentais ou de ONG's, para realizar o reaproveitamento de diversos tipos de resíduos sólidos tem sido considerado uma das ações de caráter social e ambiental mais importantes dessas últimas décadas. Além de reaproveitar matéria-prima já extraída dos recursos naturais causando menor impacto ao ambiente, gera renda para milhares de pessoas desempregadas que vivem da coleta no mundo.

Segundo a Agência Ambiental Européia (EAA, 2006), em 2005, 16 países da União Européia destinavam, junto ao solo, 66% do total dos resíduos gerados, enquanto que a incineração, a compostagem e a reciclagem correspondiam respectivamente apenas a 8%, 11% e 15%. Esse grupo de países era composto por: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido, Noruega e Suécia, representando 390 milhões de habitantes e uma geração per capita de 760 gramas, por dia, de resíduos.

Dados do IBGE (2007) indicam que, no Brasil, as 13 maiores cidades (São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Fortaleza, Belo Horizonte, Brasília, Curitiba, Manaus, Recife, Porto Alegre, Belém, Guarulhos e Goiânia), geram 32% de todo o lixo urbano do país. Embora a porcentagem de materiais recicláveis no lixo seja de 35%, somente 3%, em média, são reaproveitados nas unidades de reciclagem das cidades citadas.

Conclui-se, então, que a sociedade mundial, nas últimas três décadas, tem produzido lixo demais e ainda não encontrou uma solução capaz de fazer frente ao tamanho do problema. Apesar do avanço, nos últimos anos, a preservação ambiental esbarra na ineficácia, que pode ser minimizada com a mudança do modelo de desenvolvimento. Enquanto os termos da equação custo-benefício forem definidos apenas pela produtividade e rentabilidade do mercado, e pelas facilidades do cotidiano, a geração de lixo continuará incontrolável e os processos de reciclagem de resíduos serão insuficientes, para o volume de lixo gerado no mundo.

### 2.5.1 Problemas Ambientais Brasileiros

A partir da década de 1960, no Brasil, o processo de centralização das principais cidades passou a ser construído de uma forma que, nelas, estivessem concentradas as principais atividades comerciais, de serviços, da gestão pública e privada, e seus terminais de transporte (ônibus e trem) inter-regionais e intraurbanos. A acessibilidade, para essas áreas, atraiu praticamente todos os investimentos industriais, sendo que começou a ocorrer uma migração de grande parte da população, visando a se instalar próximo a áreas onde os serviços, o comércio e os empregos se concentravam. Criou-se, com isso, uma necessidade de construções verticalizadas, decorrente da alta concentração de pessoas e serviços, que necessitavam de um espaço cada vez mais raro e caro.

Segundo dados do IBGE (2007), em 1960, o Brasil contava com 60 milhões de habitantes urbanos; em 1990, a população urbana brasileira atingia cerca de 115 milhões e, no ano de 2002, atingiu, aproximadamente 140 milhões de habitantes. Isto representava em torno de 80% da população vivendo nas cidades. Os dados do IBGE, do ano de 2007, revelam que 153.152.497 habitantes vivem, atualmente, nas áreas urbanas do Brasil, o que representa 82% da população do país.

Verificou-se, assim, certa sincronia entre a emergência do capitalismo, em sua fase plenamente industrial, e o aparecimento das áreas centrais, nas principais capitais do país, associadas às transformações do espaço urbano e seus impactos no ambiente. Segundo Davidovich (1995), os marcos principais, dessa fase, estão relacionados ao aumento da metropolização e à multiplicação dos centros urbanos, bem como ao aumento das crises de recessão sobre o ambiente construído, envolvendo as cidades e sua infra-estrutura.

A urbanização brasileira, através do seu crescimento rápido, espontâneo e desordenado, provocou o inchaço de muitas cidades. Esse fenômeno pode ser caracterizado pela ocupação de áreas periféricas, que, na maioria são impróprias para edificações, o que tem gerado graves consequências para o ambiente, como:

- ocupação em áreas de grande declividade, suscetíveis a movimento de massa;
- desmatamento de grandes áreas;

- construção de palafitas, em áreas de proteção, como manguezais;
- ocupação de áreas que sofrem inundações ou classificadas como de risco; e conseqüentemente a
- poluição das águas superficiais e subterrâneas, decorrente da falta de saneamento básico, geração de lixo etc.

Essas áreas periféricas geralmente apresentam características próprias, sendo locais desprovidos de condições adequadas de moradia, ocupadas por grande parte da população que possui baixa renda, baixo grau de escolaridade e um grande número de pessoas desempregadas ou que trabalham na informalidade.

Outro problema decorrente da urbanização, no Brasil, é a “[...] ampliação das áreas impermeabilizadas, que repercute na capacidade de infiltração das águas no solo, favorecendo o escoamento superficial, a concentração de enxurradas e a ocorrência de ondas de cheia” (CHRISTOFOLETTI, 1995, p. 131). Vale destacar, neste caso, que as áreas urbanizadas são as mais impermeabilizadas e envolvem as construções regularizadas, pelo município, assim como as que estão em desacordo, pois ambas influenciam o escoamento superficial da cidade.

Esse cenário se torna ainda mais preocupante, diante do que Mendonça (1994) salienta, quando afirma que, no Brasil, cerca de 70% das ocupações das cidades ou periferias estão em desacordo com a normativa urbanística, com o Código de Obras, a Lei de Parcelamento e o Zoneamento. Isso quer dizer que suas habitações foram construídas de maneira irregular e fora das normas vigentes, contribuindo com o surgimento de problemas ambientais das cidades.

Segundo Lombardo (1996), é no espaço metropolitano onde se verifica o equilíbrio ambiental mais profundamente afetado, por cargas de dejetos residenciais e industriais; a concentração de poluentes no ar e na água; a degradação do solo e subsolo, pela atividade industrial; e outros fatores de degradação, em função das atividades humanas. No Brasil, essas atividades têm ocorrido de tal forma que os elementos da poluição já superam a capacidade de autodepuração dos respectivos recursos naturais.

Segundo Panizzi (1993), esse processo de urbanização, centralizado em determinadas regiões, é também marcado pela segregação espacial de determinadas áreas habitacionais. A mesma autora destaca que as áreas de periferias das grandes cidades brasileiras são ocupadas por segmentos sociais de

baixa renda. A forma com que isso se caracteriza, na maioria dos casos, é pela invasão de lotes particulares, geralmente áreas de baixo interesse do mercado imobiliário.

Bonin (1993) afirma que a década de 1980 foi marcada pela má distribuição de renda nacional, agravada pela recessão endêmica dos países subdesenvolvidos e pela falta de uma política agrária adequada. Todos esses fatores geraram um colapso social e ambiental, na maioria dos grandes centros urbanos.

Segundo o Centro de Estudos Políticos e Sociais da Fundação João Pinheiro (1995), o estudo do déficit habitacional no Brasil revelou que, incluindo as áreas urbanas e rurais, o número de famílias correspondente ao conceito de déficit habitacional era de 5.618.536, que se somam ao número de moradias inadequadas de 13.088.914. No total, chega-se a 18.707.477 famílias, ou seja, 46% da população brasileira. Esse estudo serviu de parâmetro para a Secretaria de Política Urbana do Ministério do Planejamento e Orçamento, para, em 1996, publicar a Política Nacional de Habitação.

Esse conceito de déficit habitacional indica a necessidade de moradias, para quem não as possui, e de novas moradias, para substituírem unidades habitacionais precárias, que não contem com os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia elétrica e coleta de lixo.

Outro dado importante refere-se à população brasileira e sua geração de resíduos sólidos, da década de 1989 a 2000. Segundo o IBGE (2000), o país passou de 146 milhões para 170 milhões de habitantes, ou seja, teve um crescimento de 16,43%, sendo que a geração de resíduos sólidos, na mesma época, variou de 100 mil toneladas por dia, para 149 mil toneladas por dia, tendo um aumento de 49% (DMLU, 2002). Esses dados mostram que houve um significativo aumento do consumo da população e da consequente geração dos resíduos sólidos.

Segundo dados do IBGE (1989), 72% dos resíduos gerados no Brasil eram depositados em lixões; 23%, em aterros sanitários; 3% eram levados para a compostagem; e somente 2% eram reciclados. Esse quadro, aos poucos, vem mudando, segundo o IBGE (2000): 59% dos resíduos gerados no Brasil ainda eram depositados em lixões; 16%, em aterros controlados; 13%, em aterros sanitários; 3%, em aterros especiais; 4% eram levados para a compostagem; 3% eram reciclados; e 2%, incinerados.

Segundo Oliveira (1995), no caso dos resíduos sólidos urbanos, uma tradição do poder público brasileiro é a prática dos lixões. Estes locais existem, geralmente, na periferia das cidades, onde se depositam os resíduos sólidos de diferentes origens (domiciliar, hospitalar e industrial), sem tratamento específico algum. Caracterizam-se como um local dispersor de doenças e de poluição. Esse problema se explica em função do intenso processo urbano-industrial, vivido pelas grandes cidades, nas últimas décadas, processo em que nem sempre houve interesse pelo uso racional dos recursos naturais. Pode-se destacar que, geralmente, as áreas destinadas para a prática dessa atividade são de baixo valor ou de pequeno interesse imobiliário e que, na maioria das vezes, não apresentam condições ambientais favoráveis.

Em geral, a localização, o tamanho, o volume e o nível de contaminação dessas áreas são aspectos pouco conhecidos. Os principais impactos da disposição inadequada dos resíduos pode provocar a redução e a alteração da fauna e flora, além da poluição do solo e das águas, tanto superficiais quanto subterrâneas. Esses impactos são provocados pela inserção de produtos não biodegradáveis no ambiente, como exemplo os dejetos industriais não tratados. Já os dejetos orgânicos, produzidos pelas áreas de periferia das grandes cidades, lançados nos rios sem tratamento, são considerados hoje como um dos principais responsáveis pela degradação dos corpos hídricos superficiais.

Outro fator de grande preocupação é que essas áreas de depósito de lixo podem servir de abrigo e disponibilizar alimento, transformando-se em excelente nicho ecológico, contribuindo, assim, com o aumento de animais (roedores, insetos e etc), que podem constituir vetores de doenças, principalmente para a população circunvizinha à área do depósito.



### **3 PORTO ALEGRE: URBANIZAÇÃO E PROBLEMAS AMBIENTAIS**

O presente capítulo foi construído com o objetivo de caracterizar o processo de urbanização de Porto Alegre e suas consequências ambientais, com ênfase para os problemas decorrentes da produção do lixo. Para isso, buscou-se identificar, através de um resgate histórico, a formação e transformação da cidade, aspectos relacionados à ocupação e aos usos da terra, de forma desordenada, além de identificar o atual momento de urbanização e analisar aspectos relativos ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA).

#### **3.1 PORTO ALEGRE E A EVOLUÇÃO DAS SUB-HABITAÇÕES**

Nas últimas décadas, a questão da moradia tem obedecido à lógica capitalista e globalizada. Segundo Brasil (1994, p. 74), através das políticas neoliberais, uma das responsáveis pela atual situação de crise e de miséria no mundo, estão constatados dois fenômenos sociais marcantes, que se consolidam na realidade brasileira e portoalegrense atual: “[...] a exclusão estrutural e o aumento das distâncias entre os diversos segmentos populacionais”, produzindo-se o “[...] aumento das distâncias sociais entre integrados e excluídos”.

Segundo Moraes (2000), a questão da moradia e da estrutura urbana das cidades obedece a uma lógica excludente, resultado de ações públicas e privadas de um sistema concentrador de renda.

A preocupação com a transformação da cidade de Porto Alegre data de 1914, com o “Plano Geral dos Melhoramentos”, de João Moreira Maciel. A partir dessa década, os planos e realizações da cidade passaram por um desenvolvimento de urbanização voltado para a construção de melhorias no sistema viário da cidade, no alargamento de ruas, na ampliação de suas extensões, na sua pavimentação e iluminação.

A tabela 2 mostra uma comparação do crescimento da população de Porto Alegre em relação ao da população do Estado do Rio Grande do Sul, a partir de 1900, segundo dados do IBGE (2000, 2007).

**Tabela 2 - Evolução da população de Porto Alegre e do Rio Grande do Sul, a partir da década de 1900 até 2007.**

Período	Pop. POA	% Crescimento	Pop. RS	% Crescimento
1900	73.000	-	1.149.000	-
1920	179.000	145,2%	2.182.000	89,9%
1940	272.000	52%	3.308.000	51,6%
1960	635.000	133,8%	5.366.000	62,2%
1970	885.000	39,4%	6.670.000	24,3%
1980	1.125.000	27,1%	7.778.000	16,6%
1990	1.247.625	10,9%	9.138.670	17,5%
2000	1.359.911	9,0%	10.181.749	11,5%
2007	1.421.106	4,5%	10.850.214	7,5%

Fonte: Adaptado de IBGE (2000; 2007)

Os dados da Tabela 2 indicam um aumento da população, de forma acelerada, de 1900 até 1960, segundo o qual a população do RS se multiplicou cinco vezes em 40 anos, caracterizando uma tendência de migração para o estado e um elevado grau de natalidade. Já em Porto Alegre, tal crescimento ocorreu de forma ainda mais acelerada, indo de 73 mil habitantes, em 1900, para 635 mil, em 1960. A partir da década de 1960, houve uma tendência de redução do aumento da população, tanto no Estado do Rio Grande do Sul como na cidade de Porto Alegre. É importante destacar que entre 1970 e 2000, a população de Porto Alegre cresceu ainda 86,4%, reflexo da repulsão do campo e da tentativa de melhoria de qualidade de vida na cidade grande por parte da população rural.

Segundo estimativas do IBGE (2000), essa tendência de redução do aumento populacional deverá continuar nas próximas décadas.

O crescimento rápido e desordenado gerou, na cidade de Porto Alegre, o surgimento das primeiras áreas irregulares, sem infra-estrutura básica para habitação, formando-se, assim, as primeiras malocas.

Segundo Moraes (2000), o primeiro estudo sobre as “malocas” de Porto Alegre foi publicado em 1951. Esse termo era de uso comum da população, órgãos governamentais e entidades de pesquisa da época, para se referir às áreas de ocupação irregular. Naquele período, coube à Unidade de Pesquisa Municipal de

Habitação do DEMHAB realizar um estudo minucioso e, a partir de então, os levantamentos continuaram a ser feitos. Mais tarde, entre 1981 e 1989, a SPM realizou um estudo sobre o número de vilas, sub-habitações, população existente e

número de famílias e, em 1991, o IBGE realizou o censo socioeconômico dos aglomerados subnormais. Novamente, após esse período até 2007, o DEMHAB realizou dois censos de núcleos e vilas irregulares, em Porto Alegre, como pode ser visto no quadro 1.

O Quadro 1 destaca os levantamentos socioeconômicos, realizados entre 1950 e 2007, nos núcleos sub-habitacionais de Porto Alegre.

ANO	Órgão	CARACTERIZAÇÃO
1950	DEMHAB	Levantamento econômico-social das malocas existentes em Porto Alegre
1964	DEMHAB	Levantamento socioeconômico nas vilas e agrupamentos marginais de Porto Alegre
1973	DEMHAB	Cadastro socioeconômico e diagnóstico evolutivo das sub-habitações, no município de Porto Alegre – RS
1981/1989	SPM	Contagem do número de vilas, sub-habitações, população existente e número de famílias.
1991	IBGE	Censo socioeconômico dos aglomerados subnormais.
1996/1998	DEMHAB	Censo de núcleos e vilas irregulares de Porto Alegre.
2006/2007	DEMHAB	Censo de núcleos e vilas irregulares de Porto Alegre.

**Quadro 1: Levantamentos socioeconômicos, realizados entre 1950 e 2007, nos núcleos sub-habitacionais de Porto Alegre.**

A pesquisa foi realizada em 1950, pela Secretaria de Educação e Cultura, do município de Porto Alegre, juntamente com a Escola de Serviço Social da Universidade Católica, que colocou à disposição da Comissão suas assistentes sociais, para realizarem o levantamento econômico-social das malocas existentes em Porto Alegre.

Segundo Anton (1999, p. 09), na pesquisa de 1950, encontra-se o seguinte relato das primeiras malocas: “[...] sobraram pela grande extensão da capital, muitos terrenos baldios e começaram a aparecer nesses, pequenos casebres, construídos do dia para noite, sem licença de qualquer espécie, sem forma e arruamento”. Com o passar dos anos, “[...] houve um surto repentino dessas construções e surgiram, de repente, as chamadas vilas de malocas”.

O mesmo autor explica que a maloca era conceitualmente entendida, na época, como o pequeno casebre, geralmente feito de tábuas velhas. Essas construções foram caracterizadas como “[...] um “quisto social”, uma situação anômala, uma vida marginal ao ambiente social de Porto Alegre, sendo urgente que os poderes públicos tomem medidas concretas para o extermínio das mesmas” (ANTON, 1999, p.10). A pesquisa de 1950 concluiu que, nos últimos anos, houve uma multiplicação assustadora dessas habitações, vindo a se tornar um grave problema social.

O segundo estudo foi realizado pelo Departamento Municipal da Casa Popular e pela prefeitura de Porto Alegre, em 1964, tendo sido feito o levantamento socioeconômico, nas vilas e agrupamentos marginais de Porto Alegre. Na análise do relatório de 1964, o termo usado para definir os moradores das malocas passou a ser “marginais”, que são os indivíduos que vivem em sub-habitações, constituindo aglomerados irregulares, sem planos urbanísticos, em terrenos baldios, e situando-se, principalmente, nos grandes centros urbanos.

Segundo Moraes (1999), o relatório de 1964 deixa claro alguns aspectos:

- que existia, na época, uma forte segregação social em relação aos moradores “das vilas chamadas marginais”;
- o esforço despendido, entre 1950 e 1964, no sentido de erradicar as malocas, não surtiu o efeito desejado, pois o percentual da população, nas malocas, passou de 4,1%, em 1950, para 8,92%, em 1964.

O terceiro foi realizado em 1973 pelo DEMHAB, quando foram contratados 120 estudantes, para a pesquisa de campo. A partir dos dados tabulados, foi elaborado o cadastro socioeconômico e o diagnóstico evolutivo das sub-habitações, no município de Porto Alegre – RS.

O cadastro socioeconômico e o diagnóstico evolutivo de 1973 introduzem algumas expressões novas, como: habitação de interesse social, submoradia e núcleos sub-habitacionais. O estudo de 1973 considera o problema social desses núcleos como uma questão nacional, sugerindo compartilhar tal questão com a União. Esse diagnóstico busca assegurar o equilíbrio social e a qualidade de vida das populações que vivem na miséria e em condições longe das ideais.

O quarto estudo foi realizado pela Secretaria de Planejamento Municipal (SPM), fornecendo dados do início e final da década de 1980, representados através da contagem do número de vilas, sub-habitações, população existente e número de famílias.

Segundo o relatório da SPM, nesse período, houve um aumento bastante expressivo no número de pessoas que passaram a morar nos núcleos sub-habitacionais. Esse dado comprova um grave problema social, vivido por Porto Alegre.

O quinto estudo elaborou o censo socioeconômico dos aglomerados subnormais de 1991, realizado pelo IBGE, tendo sido introduzida a categoria “aglomerados subnormais”. Estes aglomerados são explicados como um conjunto constituído por unidades habitacionais (barracos, casas...), ocupando ou tendo ocupado terrenos de propriedade alheia (pública ou particular), dispostos, em geral, de forma desordenada e densa, carente, em sua maioria, de serviços públicos essenciais.

Já o sexto levantamento ocorreu no período entre 1996 e 1998, pelo DEMHAB, e teve como objetivo atualizar os dados do Censo de núcleos e vilas irregulares de Porto Alegre. Os dados revelaram um aumento significativo da população que vive nos núcleos e unidades sub-habitacionais, caracterizando um quadro de aumento da pobreza, forte desigualdade social e de ineficácia das políticas públicas.

O sétimo censo de núcleos e vilas irregulares de Porto Alegre foi definido, através dos últimos levantamentos realizados pelo DEMHAB e pela contagem da população por município, feita pelo IBGE, nos anos de 2006 e 2007.

Segundo Moraes, o resultado do último censo de núcleos e vilas irregulares de Porto Alegre, comparado com o anterior, revelou uma acentuada retração das migrações, nos últimos anos, “[...] decorrente da auto-reprodução da miséria, da baixa qualidade de vida e da falta de oportunidade de emprego” (MORAES, 2007, p. 29).

Anton (1999) afirma que o significativo aumento de moradores na cidade deve ser atribuído à fase de transição de uma sociedade rural para uma sociedade urbana e às demandas gerais decorrentes, como emprego, saúde, habitação, infra-estrutura urbana e serviços.

Esses levantamentos fundamentaram-se na necessidade de atualizar os dados referentes aos núcleos sub-habitacionais, da cidade de Porto Alegre, na tentativa de estabelecer um diagnóstico evolutivo das sub-habitações. São importantes, para uma elaboração posterior de projetos habitacionais adequados, a cargo do DEMHAB, previstos no Plano Diretor, como: estudo de aquisição de áreas para moradias definitivas; loteamentos semi-urbanizados; deslocamento das submoradias, situadas em áreas necessárias a obras públicas de saneamento e urbanismo.

O crescimento da população dos núcleos sub-habitacionais, da cidade de Porto Alegre, está descrito, em síntese, na Tabela 3.

**Tabela 3 - Evolução da população dos núcleos sub-habitacionais de Porto Alegre, com quantidade de núcleos, unidades sub-habitacionais, famílias e habitantes, de acordo com os levantamentos de 1950 a 2007.**

ANO	População total POA	Núcleos sub-habitacionais	Unidades sub-habitacionais	Famílias	Habitantes	População total (%)
1950	394.000	41	3.965	4.636	16.303	4,1
1964	735.000	56	13.588	15.326	65.595	8,92
1973	895.000	124	20.152	22.336	105.833	11,7
1981	1.135.524	145	26.093	28.702	129.200	11,3
1989	1.225.447	212	46.734	51.407	209.711	17,11
1998	1.329.472	422	75.370	82.907	293.946	22,11
2007	1.420.667	479	85.168	93.684	332.158	23,38

Fonte: Elaborado a partir de IBGE (2001), SPM (1989), DEMHAB (2007).

A análise dos dados, apresentados na Tabela 3, permite concluir que houve um aumento significativo do número dos núcleos sub-habitacionais, na cidade de Porto Alegre, o que reflete uma situação indesejável de pobreza e desigualdade social, cada vez maior, ao longo das décadas.

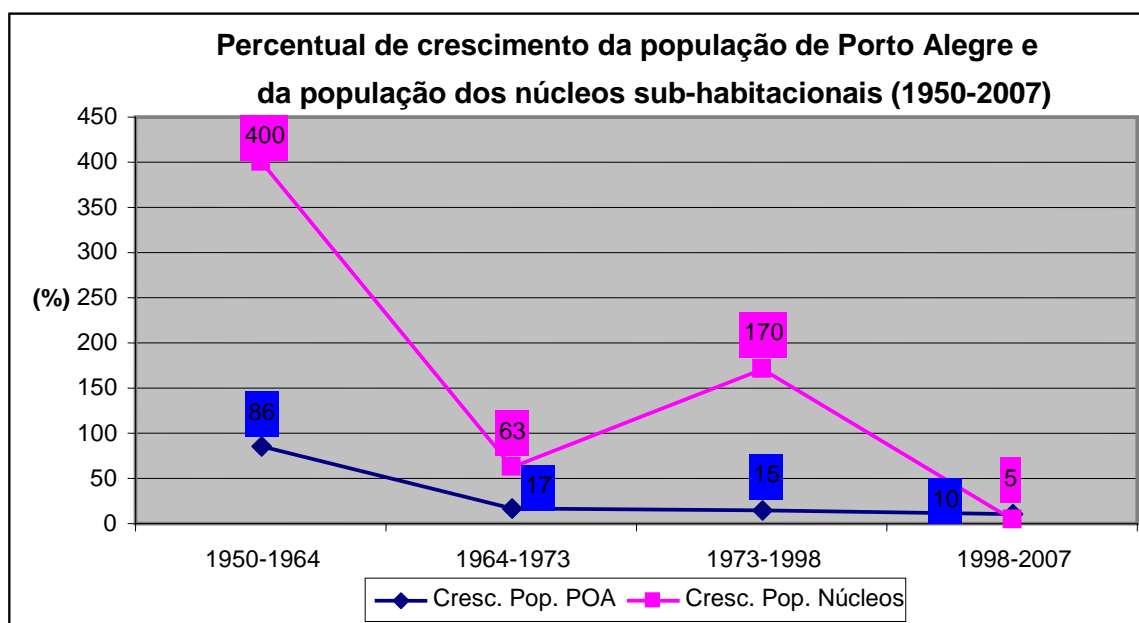
Um dado importante de ser destacado é que a cidade de Porto Alegre teve um incremento de 124 para 479 núcleos sub-habitacionais, nos últimos 35 anos. Segundo estimativas do DEMHAB, essa situação de falta de moradia adequada, precárias condições sanitárias, falta de acesso à saúde e outras necessidades básicas tende a piorar, de forma gradativa, mesmo que sua evolução tenha crescimentos menores, nas próximas décadas.

Destaca-se, para fins de contagem, que o DEMHAB considera núcleo sub-habitacional, locais de irregularidade fundiária e sem infraestrutura adequada de moradia, a partir de 20 unidades sub-habitacionais.

O percentual da população de Porto Alegre, que morava em malocas, era de 4,1%, em 1950. Este índice dobrou para 8,92%, em 1964, sendo que, em 1973, o percentual já era de 11,7%, o que retrata um aumento significativo da pobreza e o aumento de núcleos sub-habitacionais.

Segundo o censo (UPE/DEM HAB) 1996-1998, a contagem dos domicílios, em núcleos e vilas irregulares, em Porto Alegre, aumentou para 22,11% da população residente.

Os levantamentos populacionais realizados, em 1950, 1964, 1973, 1981, 1989, 1998 e 2007, possibilitaram mapear, além do desenvolvimento dos núcleos, a transformação da população de Porto Alegre, em comparação à evolução da população dos núcleos sub-habitacionais, nesse mesmo período de análise. É o que mostra o Gráfico 1.



**Gráfico 1: Percentual de crescimento da população de Porto Alegre e da população dos núcleos sub-habitacionais (1950-2007).**

Fonte: Elaborado a partir de DEMHAB (2007)

A partir da análise do Gráfico 1, pode-se definir quatro momentos bem distintos, em relação ao desenvolvimento da cidade de Porto Alegre, comparado ao dos núcleos :

- 1950 - 1964: houve um aumento significativo das populações de ambas variáveis, destacando o crescimento descontrolado da população dos núcleos sub-habitacionais;
- 1964 - 1973: houve um crescimento ainda acentuado de ambas populações, mas de forma mais moderada, se comparada com o período anterior. Cabe destacar que o crescimento da população dos núcleos sub-habitacionais apresentou valores bem superiores que o da população de Porto Alegre;
- 1973 - 1998: houve uma estabilização do crescimento da população de Porto Alegre, se comparada com o período anterior, mas ocorreu um crescimento muito elevado, novamente, da população dos núcleos;
- 1998 - 2007: novamente houve um crescimento estável da população de Porto Alegre e um crescimento baixo, de 5%, da população dos núcleos sub-habitacionais.

Segundo classificação do DEMHAB (1999), a cidade de Porto Alegre se divide em duas categorias de habitantes: regulares e irregulares. Os habitantes irregulares compõem-se de dois segmentos básicos. Um é constituído por núcleos e vilas irregulares, e o outro, formado pelos loteamentos irregulares.

O segmento dos núcleos e das vilas irregulares é formado por moradias, em área pública ou privada, com problemas de irregularidade fundiária, e com um grau variado de deficiência de infraestrutura urbana e serviços. Já o segmento formado pelos loteamentos irregulares é assim denominado, porque os loteadores, ao implantarem os projetos, infringem regras estabelecidas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) ou desconsideram quaisquer procedimentos legais.



### 3.2 A CIDADE DE PORTO ALEGRE E SUAS REGIÕES

Segundo o Atlas Ambiental de Porto Alegre (1998), a cidade de Porto Alegre está dividida em diferentes regiões.

A Figura 1, elaborada pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental da cidade de Porto Alegre, localiza espacialmente cada região.

A Cidade Radiocêntrica é a região urbana mais consolidada do município. Apresenta um traçado viário estruturado bem definido, com a maioria de seus lotes ocupados. Exibe as mais altas densidades e as melhores condições de infraestrutura, além de compreender o centro histórico da cidade. Nessa parte da cidade, encontra-se a maior diversidade de funções urbanas, através do Corredor de Urbanidade, com importantes áreas comerciais e residenciais.

O Corredor de Desenvolvimento situa-se ao norte de Porto Alegre, fazendo divisa com os municípios de Canoas e Cachoeirinha. Essa área compreende o rio Gravataí, o Guaíba e as avenidas Sertório e Assis Brasil. A denominação de Corredor de Desenvolvimento deve-se à excepcional potencialidade dessa região, para se tornar, graças a sua localização estratégica, um pólo de importância regional. Possui fácil acesso à BR 116 e BR 290, além ser a localização do Aeroporto Internacional Salgado Filho e ponto de passagem do Trensurb. Nessa área, existem grandes vazios urbanos, sendo alguns ocupados ou invadidos por famílias com baixa renda. Isso gera a proliferação de núcleos urbanos irregulares e sem infraestrutura. Muitas vezes, como é o caso da “Vila Dique”, que ali se instalou, esses núcleos encontram-se em uma área de risco frequente de inundação.

Nos últimos anos, tem ocorrido, na região, um adensamento das ocupações habitacionais regulamentadas, assim como da concentração de várias empresas, indústrias e atividades de comércio e serviços.



A Cidade Xadrez tem essa denominação pela tendência ao padrão ortogonal de sua malha viária estruturada. Compreende uma área do município delimitada, a oeste, pela Terceira Avenida Perimetral, e a leste, pelos municípios de Alvorada e Viamão; ao norte, pela avenida Sertório; e ao sul; pela avenida Bento Gonçalves. Apesar de ter apresentado um processo de densificação mais intenso, a partir da década de 1980, sendo desenvolvido o corredor de produção entre as avenidas Manuel Elias e Dante Ângelo Pilla; os corredores de centralidade entre as avenidas Assis Brasil e Sertório; as avenidas: Anita Garibaldi e Nilo Peçanha, e as avenidas: Bento Gonçalves e Ipiranga, ainda apresenta vazios urbanos, que dificultam os acessos e deslocamentos dentro de sua própria área. Um dos eixos mais importantes é a avenida Assis Brasil, que se consolidou como eixo comercial e de serviços. Nas últimas décadas, em decorrência da construção do Shopping Center Iguatemi, verificou-se uma grande transformação na paisagem local, através da densificação, por prédios de habitação coletiva, e da intensificação do comércio e dos serviços.

A Cidade da Transição ocupa o espaço da encosta de Porto Alegre, compreendendo os morros Santana, da Polícia, Pedra Redonda e Teresópolis. Essa macrozona possui predominância residencial, apresentando significativos conjuntos de vilas populares, como a Cruzeiro, Grande Glória e outras. Esses conjuntos de vilas caracterizam áreas de ocupação irregular, sem infraestrutura adequada, marcadas fortemente pela violência, baixa renda e interferência bastante acentuada na paisagem natural. Assim, são provocados impactos ambientais consideráveis, como o desmatamento e a poluição de vários arroios, decorrentes do despejo de lixo e falta de tratamento de esgoto sanitário.

A Cidade Jardim é uma região residencial, com baixas densidades populacionais, englobando o Morro do Osso, Ipanema, a Vila Assunção, Vila Conceição, Pedra Redonda, Espírito Santo, Guarujá, Serraria, Cavalhada, Camaquã e Vila Nova. Nos últimos anos, a região apresentou um aumento da ocupação e da diversificação de atividades. Alguns bairros apresentam características rurais, pois sua principal atividade está ligada à agricultura, através da produção de pêssego e ameixa.

O Eixo Lomba do Pinheiro-Restinga corresponde à região do limite de Porto Alegre com o município de Viamão.

A Lomba do Pinheiro apresenta características de ocupação rural e teve suas glebas, aos poucos, divididas em lotes de menores extensões. A partir da década de 1970, surgiram vários núcleos habitacionais, sendo que a Lomba do Pinheiro é, hoje, o maior aglomerado de vilas populares e loteamentos clandestinos e irregulares do município.

O Núcleo Urbano da Restinga originou-se na década de 1960, decorrente de ações de políticas públicas, no sentido de transferir as populações de baixa renda, que ocupavam áreas do Centro de Porto Alegre, consideradas estratégicas para o desenvolvimento urbano. Com o passar das décadas, surgiram dezenas de núcleos urbanos e, hoje, a Restinga é o maior bairro do centro sul do município.

A Cidade Rural Urbana, também conhecida como “Rururbana”, está localizada predominantemente na região sul do município, correspondendo a cerca de 60% da sua área total, com uma importante produção rural de hortigranjeiros, desenvolvida em áreas intercaladas por núcleos urbanos como o de Belém Velho, Belém Novo e Lami e áreas ainda preservadas. Ela apresenta um importante corredor de escoamento Agroindustrial, capaz de viabilizar a ligação entre seus núcleos e a Restinga. A Cidade Rural, nos últimos anos, tem mudado o seu perfil de adensamento, através do surgimento de diversos núcleos clandestinos e de vilas irregulares. Essa área apresenta duas características básicas: o desenvolvimento de atividades comerciais e de pequenas indústrias e o crescimento de núcleos.

Essa breve caracterização do município de Porto Alegre visa a destacar as condições da estrutura urbana e retratar, de forma resumida, a transformação da ocupação e o uso da terra da cidade, enfocando três aspectos: as áreas urbanizadas e regularizadas, tanto residenciais, quanto industriais e comerciais; áreas em processo de urbanização, com características fortes de meio rural; e áreas que intercalam o meio urbano regular e os lotes irregulares ocupados.

Em virtude do exposto, algumas conclusões podem ser listadas:

- os instrumentos de políticas públicas têm sido ineficazes, no processo de ordenamento da evolução urbana;
- a legislação vigente contém critérios técnicos de qualidade, porém há uma grande defasagem entre a legislação e a realidade;

- a cidade de Porto Alegre – assim como outros grandes centros urbanos - não estava e não está preparada para acompanhar esse crescimento urbano desordenado;
- o surgimento de áreas de periferia, de núcleos , vilas ou invasões irregulares, retrata um quadro de forte desigualdade social;
- e a falta de infraestrutura adequada urbana (tratamento e fornecimento de água, coleta de lixo, fornecimento de luz, rede de esgoto e outros) gera impactos ambientais e caracteriza um grave problema social que assola a cidade.

### **3.3 PORTO ALEGRE: PLANEJAMENTO URBANO E PROBLEMAS AMBIENTAIS**

Segundo Souza (1998), a transformação de uma cidade pode ser entendida a partir da relação existente entre a variação de população e suas funções urbanas. Segundo essa relação, na medida em que aumenta a população de um núcleo urbano, também aumentam e se diversificam as funções desse núcleo, tornando-se possível, assim, determinar os períodos evolutivos da história de uma cidade.

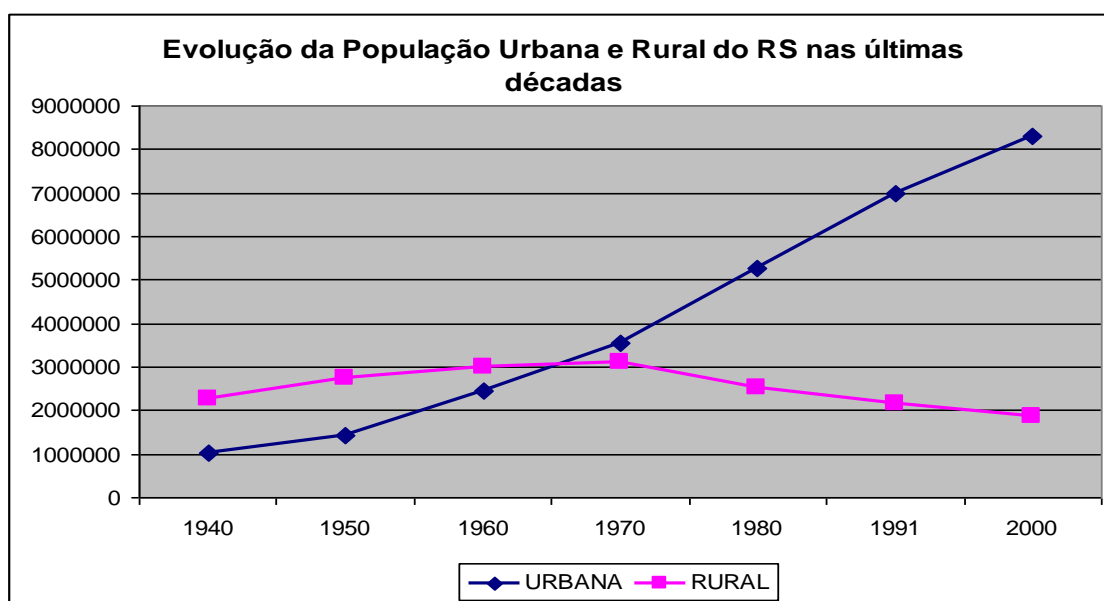
A estrutura morfológica urbana de uma cidade sofre estímulos, a cada momento, tanto de cidades próximas quanto de outras estruturas centrais distantes. Esses estímulos relacionados à evolução urbana podem ser traduzidos pelos fatores socioeconômicos, culturais e naturais locais. A predominância de um ou mais desses fatores permite identificar as funções urbanas, assumidas pelo núcleo em determinado período, criando uma identidade morfoestrutural, que poderá se manter ou não.

Quando se estuda uma cidade e seu comportamento, deve-se levar em consideração, de forma não menos importante, quais são as características populacionais das cidades do seu entorno. Isso é importante, porque existe possibilidade de interferência dessas características nos processos de construção e transformação do espaço urbano de outra cidade. Segundo dados do IBGE (2007), a região metropolitana de Porto Alegre (RMPA) é composta de 26 municípios e possui um total de 3.689.072 habitantes, correspondendo a 32,4% da população total do Rio Grande do Sul. O mesmo levantamento indica a ocupação de uma área não

superior a 3% do território do estado, o que caracteriza uma conurbação, na região metropolitana, e o surgimento de áreas no estado do Rio Grande do Sul com densidade demográfica muito baixas.

A comparação desses dados com o censo do IBGE, realizado em 2001, permite observar que o quadro vem se agravando. Sua tendência atual, apesar de menos intensa, ainda apresenta características de significativa migração para os centros urbanos. Nesse sentido, pode-se destacar o fato de que a taxa de urbanização, na maioria dos municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), encontra-se em torno dos 98%. Isto representa uma média superior à taxa média do Brasil, que é de 82%, segundo o IBGE (2007).

O Gráfico 2 mostra o comportamento da população urbana e rural do Rio Grande do Sul, de 1940 a 2000.



**Gráfico 2: Evolução da população urbana e rural do Rio Grande do Sul, de 1940 a 2000.**

Fonte: Elaborado a partir de IBGE/FEE (2001).

O Gráfico 2 destaca três momentos distintos. O primeiro compreende o período de 1940 a 1960 e revela que a maioria da população vivia no meio rural. O segundo momento diz respeito às décadas de 1960 e 1970, e revela que houve um nivelamento das populações urbana e rural. Já o terceiro envolve o intervalo entre 1970 e 2000, e indica que a maior parte da população passou a viver no meio urbano e que essa tendência só tem aumentado nos últimos anos, tornando-se um grande problema para os gestores das cidades.

Essa acelerada urbanização gerou necessidades de diferentes ordens, que as cidades e seus gestores não conseguiram atender, como: moradia, infraestrutura básica adequada, oferta de emprego e outros. Com isso, os problemas relacionados a essa brusca urbanização foram intensificados, a partir de 1970.

Um exemplo que cabe destaque são os dados do IBGE (2007), onde a região metropolitana de Porto Alegre foi classificada como a penúltima entre as 10 maiores pesquisadas do Brasil, em relação ao tratamento do esgoto. A pesquisa também revela que, em Porto Alegre, apenas 27% do esgoto produzido recebe tratamento.

Assim, além do agravamento de problemas, anteriormente citados, Porto Alegre e sua região metropolitana, nas décadas de 1980 e 1990, sofreram uma diminuição do ritmo de crescimento industrial e um conseqüente aumento da população sem ocupação. Isso gerou o crescimento da população de baixa renda e o surgimento de ocupações sub-habitacionais, em áreas de risco - como é o caso da Vila Dique -, sem estrutura adequada de abastecimento de água, esgoto e demais serviços (FOTO 1).



**Foto 1: Vila Dique**

Fonte: TROLEIS, 2002.

Foi inevitável o surgimento de favelas ou vilas, nas áreas de periferia da cidade, apesar de as administrações municipais, desde 1914, através do Plano Maciel, terem definido as vias que permitiriam a organização do centro urbano e a expansão do traçado viário da cidade de Porto Alegre. Depois disso, nas décadas de 1930, 1940 e 1950, foram realizadas sucessivas intervenções urbanísticas e, em 1959, foi elaborado o primeiro Plano Diretor, que estabelecia as normas para ocupação do espaço urbano. Mais tarde, em 1979, foi aprovado, como lei, o 1º Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre. Essa situação pode ser compreendida, quando se analisam os dados da Fundação de Economia e Estatística (FEE, 1997), que revelam que a população de Porto Alegre, em 1780, era de 17.923 habitantes; em 1900, era de 73.474 habitantes; em 1960, de 635.125 habitantes; e, em 1990, de 1.235.554 habitantes, caracterizando um adensamento urbano acelerado e superior ao planejamento urbano de seus administradores.

Segundo dados do IBGE (1991), no período de 1980 a 1991, a Região Metropolitana de Porto Alegre cresceu 32,4%, e o Rio Grande do Sul ampliou sua população em apenas 17,5%, o que revela um crescimento espacialmente desordenado, em um curto espaço de tempo.

Segundo dados da pesquisa, realizada nas vilas de Porto Alegre pela SPM (1989), o período de 1981 a 1989 é um dos mais significativos, para retratar a evolução do número de vilas e de sub-habitações, na cidade. O aumento de moradores em núcleos sub-habitacionais variou de 129.200, em 1981, para 209.711, em 1989. Isso mostra que foram ineficientes os planejamentos urbanos, realizados através das políticas públicas municipais, efetivadas ao longo desse período (Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano ou políticas de regulamentação de uso e ocupação da terra). É o que se verifica, pois o aumento das áreas de ocupação de baixa renda e com falta de infra-estrutura básica, para seus moradores, é contínuo e acentuado.

De acordo com informações do DEMHAB de setembro de 2008<sup>2</sup>, outro dado preocupante é que, no período de oito anos (1981-1989), houve uma alteração do percentual da população de Porto Alegre que passou a viver em condições precárias, de 11,3% para 17,11%. Isto caracteriza um empobrecimento contínuo da

---

<sup>2</sup> Dados obtidos através de entrevista com o coordenador da equipe de estudos urbanos da Unidade de Pesquisa do DEMHAB, Aldovan de Oliveira Moraes, em Porto Alegre, no dia 13/09/2008.



população, decorrente de diversos fatores, tais como: desemprego, baixa renda, falta de mão-de-obra qualificada e migração desordenada do campo para a cidade. Desse modo, milhares de pessoas passam a viver na linha de pobreza extrema, em áreas de risco, como a do presente estudo, a “Vila Dique”.

Nesse sentido, vale resgatar, aqui, o fato de que as ‘vilas’ têm uma caracterização bastante significativa, no que diz respeito às condições de vida possíveis nesses locais. Trata-se de áreas sem infra-estrutura previamente construída, geralmente classificadas como áreas de risco, onde estão presentes problemas de saneamento básico, ausência de água encanada e tratada. Além disso, caracterizam-se por serem desprovidas de fornecimento de energia elétrica, suscetíveis a alagamento ou a movimentos de massa.

Segundo o levantamento do diagnóstico das áreas de risco no município de Porto Alegre (2007), áreas de risco são regiões onde é recomendada a não construção de casas ou instalações. Isso ocorre, pois essas áreas estão constantemente expostas a desastres naturais, como desabamentos e inundações ou antrópicos, como a poluição hídrica ou do solo. O levantamento informa, ainda, o crescimento constante desses espaços, nos últimos anos, na cidade de Porto Alegre, principalmente devido à própria ação humana, que insiste em habitar esses espaços.

Na contramão de todos esses dados, estão as propostas do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, para a cidade de Porto Alegre. Essas propostas envolvem a qualificação ambiental, a promoção da qualidade de vida, reduzindo as desigualdades e a exclusão social. O Plano busca especificamente: “[...] o reconhecimento da cidade informal, onde as áreas de ocupação irregular, hoje sem perspectiva de adequação a uma proposta integrada, passam a ser objeto de regularização, restrita aos limites atuais, com definição de tecnologias alternativas que garantam sua auto-sustentabilidade”.

O Plano destaca que isso pode ser efetivado, através da disponibilização de novas áreas, em locais adequados e dentro de um projeto de estrutura urbana, vinculado a um cadastramento dos loteadores clandestinos para sua regularização. Para a implementação desse projeto, chamado “Urbanizador Social”, é necessário que se estabeleça uma parceria entre o Município e os proprietários de glebas.

Segundo informações do DEMHAB de setembro de 2008<sup>3</sup>, sua aplicação tem sido eficaz, em função dos inúmeros reassentamentos, realizados nos últimos anos na cidade de Porto Alegre.

### **3.4 A EVOLUÇÃO DOS PLANOS DIRETORES DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE PORTO ALEGRE NAS ÚLTIMAS DÉCADAS**

O subcapítulo trata dos planos diretores da cidade de Porto Alegre, elaborados nas últimas décadas, além de destacar a importância de cada plano, em relação à “disposição de lixo” e às “áreas de ocupação irregular”.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de uma cidade é um instrumento legal e regulador, pois é através dele, do Código de Obras do Município e de outros instrumentos de política pública, que a cidade se desenvolve fisicamente, economicamente, socialmente e é preservada ambientalmente.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, de 1979, caracterizou-se principalmente por ter reunido um conjunto de normas urbanísticas, atinentes às principais questões da expansão urbana, definindo como áreas inaptas para uso e ocupação:

- áreas com alta declividade, suscetíveis a movimento de massa;
- propriedades localizadas em áreas de risco (inundação, incêndio, falta de infra-estrutura básica e outros);
- áreas que, em decorrência do uso e ocupação, podem provocar danos ambientais (degradação dos recursos hídricos, do solo e do ar);
- áreas verdes de lazer e escolas e de preservação do patrimônio cultural;
- áreas de preservação permanente ou unidades de conservação e outros.

---

<sup>3</sup> Dados obtidos através de entrevista com o coordenador da equipe de estudos urbanos da Unidade de Pesquisa do DEMHAB, Aldovan de Oliveira Moraes, em Porto Alegre, no dia 13/09/2008.

O PDDU de 1979 já possuía o direito e poderes para restringir áreas de ocupação irregulares e tinha prerrogativas de desapropriar ou despejar núcleos urbanos, classificados como áreas de risco ou instalações isoladas.

De acordo com o artigo 312, inciso V, do PDDU de Porto Alegre, “[...] o município deve zelar pela saúde ambiental, como medida de proteção da saúde individual e coletiva, mediante a elaboração de planos setoriais, referentes à limpeza urbana. Sendo assim, ficaram estabelecidos locais e normas, para a deposição do lixo gerado na cidade assim como a destinação de resíduos hospitalares e congêneres” (PORTO ALEGRE, 1979, p. 59).

Já o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre (PDDUA), de 1998, em seu Art. 18, inciso V, considera que constitui estratégia de qualificação ambiental “[...] o Programa de Gestão Ambiental, que propõe a elaboração do Plano de Gestão Ambiental, que deve conter diretrizes gerais de atuação consolidada, a partir de planos setoriais de [...] gerenciamento de resíduos sólidos e [...], visando estabelecer prioridades de atuação articuladas, qualificando soluções e reduzindo custos operacionais no âmbito das bacias hidrográficas” (PORTO ALEGRE, 1998, p. 13). Em seu Art. 26, estabelece restrições de uso das propriedades localizadas em áreas de risco (inundação, incêndio, falta de infraestrutura básica e outros).

Pode-se destacar que ambos os instrumentos de planejamento urbano fornecem as diretrizes, no sentido de a legislação complementar municipal estabelecer normas e critérios para o tratamento e disposição de resíduos sólidos, assim como, definir restrições a algumas áreas consideradas “irregulares” ou “de risco” em Porto Alegre.

É importante destacar, também, que a bacia hidrográfica, segundo os planos diretores, é a unidade básica para o planejamento e gerenciamento dos resíduos sólidos e líquidos.

Na atual concepção, adotada a partir de 1980, o “Plano Diretor” deve ser compreendido como mais um instrumento potencializador do desenvolvimento local, aplicado à cidade real. Ele é constituído a partir de uma história de construção secular e somatiza os problemas locais, ao longo das décadas passadas, fruto de administrações diferenciadas com seus problemas, leis e necessidades.

Outro destaque dessa nova concepção, de administração de uma cidade, é a garantia da participação da população, nas diferentes etapas de construção e

execução das ações públicas municipais. Essa participação ocorre, desde a elaboração, votação das diretrizes orçamentárias e de suas prioridades anuais. Sua abrangência deve contemplar os interesses de toda a população que mora no território municipal e não apenas dos moradores da área urbana. Isso possibilita a inserção da sociedade civil na construção da cidade, promovendo a cidadania.

Cabe destacar a importância da existência de um sistema de informações espacializadas, no território municipal, através dos levantamentos: da geomorfologia local, a indicação de áreas adequadas e inadequadas à ocupação humana, domiciliar ou industrial, serviços ou comercial, as áreas de interesse estratégico a serem preservadas, dados relativos à infra-estrutura, sistema de captação de água e esgotos, coleta e depósito de resíduos sólidos, iluminação, abastecimentos e outros, com a finalidade de definir estratégias a curto médio e longo prazos, estabelecendo ações para o conjunto dos atores envolvidos na produção da cidade em virtude das diferenças entre bairros, desde sua estrutura e ocupação até os interesses futuros.

Todas as medidas adotadas, em relação ao planejamento urbano, devem ser pensadas de forma global e influenciarem, de forma direta e indireta, no futuro da sociedade.

No estado, a Lei 10.116/94 trata do Desenvolvimento Urbano e dispõe sobre a definição e delimitação de áreas urbanas e de expansão urbana, através das normas e diretrizes de parcelamento do solo, para uso e ocupação do território urbano, previstas no PDDUA de 1998 da cidade.

Apesar de a legislação existir, com suas normas e diretrizes, a cidade de Porto Alegre, a cada ano que passa, agrega diferentes problemas, associados ao uso e ocupação da terra.

Orlando Filho e Guigno (1994) diagnosticaram os principais problemas, relacionados ao meio físico, em decorrência da forma de uso e ocupação da terra da Região Metropolitana de Porto Alegre. Esses problemas foram verificados, tanto pela ocupação de áreas inadequadas, irregulares, sem estrutura ou de risco, como pela falta de cuidados para aquelas áreas que requerem atenção especial, no que diz respeito ao seu uso e ocupação. Foram classificadas como áreas inaptas: aquelas com altas declividades; fundo de vales; várzeas; encostas íngremes, suscetíveis a movimento de massa; e aquelas que, pelo uso inadequado, geram impactos ambientais - como as que despejam grande quantidade de dejetos líquidos nos

arroios e ou depósitos, sem confinamento adequado dos resíduos sólidos de diferentes origens.

O atual Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental, de março de 2000, tem como proposta um Sistema Municipal de Gestão do Planejamento. Em seu artigo 34, ele objetiva:

- criar canais de participação da sociedade, na gestão municipal;
- garantir o gerenciamento eficaz, direcionado à melhoria da qualidade de vida; e
- instituir um processo permanente e sistematizado de atualização do PDDUA.

A estrutura desse sistema deverá prever ações de apoio técnico e pesquisas necessárias à atividade de planejamento; dispor de informações gerais e de caráter técnico, sobre o desenvolvimento do município e sobre as ações que estão sendo desenvolvidas, pelos diversos órgãos da Prefeitura.

O sistema tem como atribuição coordenar planos, programas e projetos, procurando viabilizar sua realização, através do Orçamento Participativo ou de outras formas de financiamento existentes. Deve, também, informar e orientar as pessoas sobre o conteúdo do Plano Diretor, cuidar da aplicação de suas regras, para a melhoria da qualidade de vida da cidade, e observar que as leis municipais relacionadas ao desenvolvimento urbano ambiental, sejam usadas de forma harmoniosa. Importante destacar que a Secretaria do Planejamento Municipal (SPM) é a responsável pelo gerenciamento do sistema e pelo acompanhamento de todas as questões referentes à Legislação.

Um difícil desafio a ser superado é destacado no artigo 48, do PDDUA, que se refere ao monitoramento do desenvolvimento urbano, através do acompanhamento permanente do crescimento da cidade. “O artigo visa à adequação dos parâmetros da legislação urbanística e à consequente melhoria da qualidade de vida da população” (PORTO ALEGRE, 2000, p. 91).

Em seu § 1º, o PDDUA prevê que o município utilizará, para o monitoramento do desenvolvimento urbano, parâmetros referentes à infra-estrutura, estrutura e ambiente.

Em seu § 2º, ele classifica as unidades de monitoramento: em macrozonas, regiões de gestão do planejamento, bairros, unidades de estruturação urbana e quarteirões.

Através desse monitoramento, o sistema estará sempre informado a respeito do desenvolvimento da cidade.

Outro destaque importante, a ser referido, são os instrumentos de regulação para a intervenção no uso da terra. Segundo o artigo 49, “[...] o município utilizará os seguintes instrumentos urbanísticos de intervenção, para o cumprimento da função social da propriedade” (PORTO ALEGRE, 2000, p. 92):

- I - Normas de uso e ocupação da terra;
- II – Transferência de Potencial construtivo;
- III – Solo criado;
- IV – Tributação e Incentivos;
- V – Monitoramento da Densificação;
- VI – Áreas Especiais.

Cabe destaque para o item VI – Áreas Especiais, pois este se refere a áreas de interesse institucional ou social, onde são implantados equipamentos urbanos. Por suas características, essas áreas não são passíveis de enquadramento no regime urbanístico. Pode-se, assim, enquadrar perfeitamente a vila Dique “Santíssima Trindade”, como uma área de intervenção no uso da terra para o cumprimento da função social da propriedade.

Essas áreas são chamadas Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS), e permitem que as vilas ou loteamentos irregulares, que hoje são considerados clandestinos, sejam melhor integrados à cidade.

Segundo o PDDUA de 2000 (PORTO ALEGRE, 2000, p. 109), ao marcar uma área no mapa da cidade, como AEIS, o Plano Diretor admite que as mesmas poderão ser regularizadas no próprio local, com regras diferenciadas, sendo urbanizadas pelo município.

As AEIS classificam-se em diferentes níveis:

os níveis I e II referem-se a áreas já ocupadas e cuja regularização é possível de ser feita no próprio local;  
o nível III trata de terrenos ainda não ocupados, identificados para a implantação de projetos habitacionais de interesse social;  
o nível IV tem o objetivo de permitir a regularização de conjuntos habitacionais.

Nesse último nível, as famílias somente sairão de onde estão, indo para locais próximos, quando a vila ou loteamento estiver em área de risco. A prefeitura, através do poder público, pode escolher uma nova área, que esteja vazia, e permitir que se faça um novo loteamento popular, com regras próprias para o tamanho dos lotes, largura das ruas e tamanho das casas, assim como a instalação de toda a infraestrutura básica.

### **3.5 A EVOLUÇÃO DA DISPOSIÇÃO DE LIXO EM PORTO ALEGRE**

Como resultado do acentuado processo de urbanização, a paisagem urbana riograndense e, conseqüentemente, a portoalegrense vem sofrendo um intenso processo de conurbação. Com ele, vieram alguns problemas associados ao modo de vida da população. Tal processo vem modificando, de forma contínua, a superfície dessas áreas urbanas, no que diz respeito à produção de mercadorias e territórios indesejáveis, segregados, como as áreas de depósito de lixo doméstico, lixo industrial, lixo radioativo e hospitalar, classificadas como áreas de risco.

Segundo dados do DMLU julho de 2007<sup>4</sup>, os primeiros depósitos urbanos de grande expressão, de Porto Alegre, datam de meados da década de 1950. As duas maiores áreas de depósito de lixo urbano, daquela época, encontravam-se às margens do Lago Guaíba, partindo da área central da cidade.

A primeira estendia-se para a zona sul, até a chamada Ponta do Dionísio e a outra ocupava a faixa ao longo da avenida Mauá, até passar a ponte do Guaíba, o

---

<sup>4</sup> Dados obtidos através de entrevista com o Diretor da Divisão de Projetos Sociais e Reaproveitamento e Reciclagem Jairo Armando dos Santos, em Porto Alegre, no dia 09/07/2007.

que envolve toda a área destinada hoje, ao porto de Porto Alegre. Estas áreas deram suporte à expansão do núcleo central da cidade e abrigam, hoje, funções destinadas tanto a atividades portuárias, quanto a atividades de lazer, como o complexo cultural do Gasômetro e o Parque Marinha do Brasil, o Hipódromo do Cristal e o Estádio Gigante da Beira Rio.

Segundo Balestrim, Alves e Hoffmann (1998), no início da década de 1970, a cidade de Porto Alegre, a exemplo de outras capitais, passou a gerar novas demandas, no campo da prestação de serviços públicos. Entre elas, as demandas de coleta e destinação final do lixo produzido, que passou a ser um problema cada vez maior para a cidade.

Na época, os lixões a céu aberto eram o principal destino final do lixo produzido.

Os lixões caracterizam-se por serem locais que recebem resíduos sem nenhum tipo de preparação de base ou procedimento operacional específico. Por isso, são áreas altamente degradadas, que proporcionam a poluição das águas de superfície e de lençol freático, poluição do ar, do solo, geração de vetores (como moscas, ratos, insetos, etc.), ameaçam as circunvizinhanças, não possuem controle e fiscalização do ingresso de resíduos e, frequentemente, incendiam-se.

Na década de 1970, em Porto Alegre, foram abertos três grandes lixões: o da Ilha do Pavão, em 1973; o lixão de Benópolis, em 1977; e o lixão da Olaria Brasília, em 1978. Outros lixões menores também foram instalados, como o Dab-Dab, em 1976. Na década de 1980, iniciou-se o lixão do Porto Seco, em 1982; o do Correio, em 1983; e em 1985, um grande lixão na zona norte, dentro da várzea do rio Gravataí, que, mais tarde, foi transformado em aterro sanitário.

Segundo Peloggia (1998), os lixões e aterros sanitários são chamados de depósitos tecnogênicos, constituídos basicamente de material detrítico de procedência doméstica, industrial, comercial e hospitalar, de origem orgânica e inorgânica. Estas áreas de depósitos de resíduos apresentam uma ampla gama de artefatos, tais como papel, vidro, metal, plástico, borracha e tecidos, além de material orgânico de origem vegetal e animal, cuja presença possibilita a geração de gás metano, em condições anaeróbicas, nos ambientes confinados.

De acordo com Oliveira (1994), esses depósitos são classificados como do tipo Gárbico (depósito de materiais detríticos, com lixo orgânico de origem humana, que apresentam grande quantidade de matéria orgânica), embora os lixões e aterros



sejam constituídos de tipos de materiais semelhantes; apresentam características diferenciadas, resultantes do emprego de diferentes técnicas.

Até 1990, em Porto Alegre, a seleção de áreas, para depósito de resíduos sólidos urbanos, seguia os seguintes critérios: baixo valor econômico, proximidade do centro urbano e possibilidade de remediação dos impactos ambientais causados. Muitas das áreas escolhidas para depositar o lixo tinham as seguintes características: estavam sujeitas à inundação; eram antigas áreas de mineração de riodacito e saibro; constituíam-se áreas de nascentes de córregos e alguns locais sujeitos a processos de erosão. É importante destacar que não havia nenhuma preocupação com o uso de técnicas adequadas e com as consequências, para o ambiente e para a saúde pública.

O resultado dessa prática obsoleta e inadequada, de destino final de lixo a céu aberto, tem, como consequência, a contaminação de inúmeras áreas, com comprometimento do solo, da água, do ar e, conseqüentemente, da saúde pública. No caso do soterramento de áreas de várzea, onde o nível freático situa-se próximo à superfície, pode ocorrer a contaminação direta dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, determinando situações críticas, para o sistema de abastecimento de água. É o caso do hoje chamado Aterro Sanitário da Zona Norte, que iniciou como lixão, em 1985; foi transformado em aterro sanitário, em 1990; e somente parou de receber parte dos resíduos produzidos pela cidade, em 2000 (FOTO 2).



**Foto 2: Lixão da Zona Norte**

Fonte: DMLU, 1985.

Segundo dados fornecidos pelo DMLU, até 1989, mais de 300 pessoas sobreviviam da captação de resíduos aproveitáveis no lixão da zona norte (FOTO 3).



**Foto 3: Captação de resíduos sólidos no lixão da Zona Norte**

Fonte: DMLU, 1985.

Com a transformação do lixão em aterro, essa população de catadores foi organizada em cooperativas, passando a operar na Unidade de Reciclagem Aterro da Zona Norte, dentro da área do aterro e na Associação de Catadoras de Materiais Recicláveis “Santíssima Trindade”, na vila Dique, (FOTOS 4 e 5) respectivamente.



**Foto 4: Unidade de reciclagem aterro da Zona Norte**

Fonte: TROLEIS, 2002.



**Foto 5: Associação de catadoras de materiais recicláveis Santíssima Trindade**

Fonte: TROLEIS, 2002.

Somente em 1992 teve início a operação e o licenciamento, no município de Porto Alegre, do primeiro aterro controlado, chamado Três Meninas. Esse aterro controlado representou uma mudança brusca, na forma de confinamento do lixo de Porto Alegre, na queima do gás metano e no controle de suas lixívias, chamadas de chorume, produzidas pela decomposição da matéria orgânica confinada.

Vale destacar que um aterro controlado funciona através da técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo. Essa técnica minimiza os impactos ambientais, mediante a utilização de alguns princípios de engenharia, para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de saibro, na conclusão de cada jornada de trabalho. Mesmo assim, esta forma de disposição produz poluição, pois não dispõe de impermeabilização de base, nem de sistema de tratamento do chorume (líquido resultante da decomposição da matéria orgânica) ou do biogás gerado.

Segundo Hoffmann (2000), nesse tipo de aterro, há o controle da origem, do tipo de lixo, do volume de resíduos recebidos para a destinação final, sem a consideração das demais exigências da legislação. Alguns anos mais tarde, em 1997, foi aberto o primeiro aterro sanitário, que teve seu fechamento efetivado em dezembro de 2002, chamado Aterro Sanitário da Extrema (FOTO 6).



**Foto 6: Aterro sanitário da extrema**

Fonte: TROLEIS, 1998.

Já os aterros sanitários apresentam uma técnica, que proporciona um perfeito confinamento dos resíduos. O gerenciamento desses aterros envolve a impermeabilização do solo, com camadas de argila e uma geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD); o rebaixamento do lençol freático; a drenagem e o tratamento dos líquidos percolados produzidos, na decomposição da matéria orgânica ali depositada.

O Aterro Sanitário da Extrema dispunha das mais novas tecnologias existentes no Brasil, no que diz respeito ao gerenciamento dos resíduos sólidos, pois, na área, foram realizadas as seguintes ações:

- rebaixamento do nível freático, para impedir a contaminação do lençol freático;
- impermeabilização da base do aterro, com camadas de saibro e argila, e uma camada de polietileno de alta densidade, para evitar a poluição do solo;
- construção de uma rede de drenagem interna, para escoamento e tratamento das lixívias produzidas no aterro;
- construção de lagoas de estabilização, para redução dos poluentes líquidos orgânicos;
- monitoramento de todos os parâmetros de qualidade das águas, no aterro e nos córregos adjacentes;
- controle e queima do metano produzido, decorrente da decomposição da matéria orgânica; e
- recomposição da topografia local e sua revegetação.

Em decorrência do aumento progressivo de produção de lixo da cidade, novas áreas de depósito de resíduos tiveram que ser construídas. É o caso do Aterro Sanitário Santa Tecla (ASST), em 1997, no município de Gravataí, que passou também a receber parte dos resíduos produzidos por Porto Alegre, a partir de 1998. Isto ocorreu, pois a capacidade de armazenar lixo do então Aterro Sanitário da Zona Norte e Aterro Sanitário da Extrema estava se esgotando.

O Aterro Sanitário da Zona Norte, nos anos entre 1998 e 2000, somente recebia os resíduos de saúde, produzidos pela cidade, o que girava em torno de 25

toneladas por dia. Esse aterro acabou sendo fechado em dezembro de 2000. Já o Aterro Sanitário da Extrema, até seu fechamento, em 2002, recebia grande parte dos resíduos sólidos produzidos pela cidade de Porto Alegre.

Desde janeiro de 2006, Porto Alegre não encaminha lixo para o Aterro Sanitário Santa Tecla, apesar de esse aterro estar em pleno funcionamento ainda hoje, recebendo lixo das cidades de Gravataí, Cachoeirinha e Esteio, em função do convênio firmado entre os municípios.

Depois de romper a parceria com o ASST, naquele ano, a prefeitura de Porto Alegre firmou um convênio com a empresa Soluções Ambientais LTDA (SIL), responsável por administrar o Aterro Sanitário de Minas do Leão. Então, passou a depositar seus resíduos sólidos, principalmente os de origem orgânica, que não vão para a Unidade de Triagem e Compostagem. O lixo de Porto Alegre, até chegar ao seu destino final, Aterro Sanitário de Minas do Leão passa por diversas etapas de transporte. Primeiramente, ele é recolhido pela equipe de coleta do DMLU, que passa três vezes por semana, nos bairros da cidade, para recolher o lixo. Após a coleta, esses caminhões imediatamente levam o lixo para a Estação de Transbordo, que fica na Lomba do Pinheiro. Nesse local, estão à disposição 15 carretas, da empresa Transkuhn, que são carregadas com capacidade de 30 toneladas cada. Após completada sua carga, elas viajam até Minas do Leão, numa distância de 113km, e levam cerca de cinco horas de deslocamento entre a ida e a volta. Chegando no aterro, em Minas do Leão, o lixo é pesado e depositado sobre uma camada de polietileno de alta densidade e argila, sendo compactado por diversos tratores de esteira. Essa técnica de confinamento evita a poluição do solo e a futura poluição dos recursos hídricos subterrâneos. Nesse aterro, também foi construído um sistema de drenagem e escoamento das lixívias, produzidas pela decomposição da matéria orgânica, que as direciona para as lagoas de estabilização, onde serão tratadas.

Esse convênio proporcionou, para Porto Alegre e para o DMLU, vários aspectos que podem ser destacados como positivos, pelos gestores do processo. Entre eles:

- a falta de áreas adequadas, em Porto Alegre, para depositar o lixo produzido pela cidade;

- a imediata solução de disponibilizar uma área com licença da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), para depositar as cerca de mil toneladas de resíduos diários gerados na cidade;
- a diminuição considerável do custo operacional, que representaria construir e administrar um aterro. Isto foi possível, em função de que a empresa SIL foi a responsável pela construção e também responde pelo gerenciamento do Aterro Sanitário Minas do Leão;
- a não responsabilidade direta do passivo ambiental;
- o enxugamento dos quadros de servidores públicos, que precisavam ser contratados, a cada aterro aberto, entre outros.

O custo de administrar o lixo, nas grandes cidades, é bastante elevado, pois existem muitas variáveis envolvidas, como:

- a compra ou o pagamento mensal do arrendamento, pelo uso da área onde será o aterro;
- a compra de equipamentos e caminhões, para transportar o lixo dentro da cidade;
- a manutenção dessa frota;
- a gestão administrativa e a contratação crescente de funcionários (técnicos, engenheiros e garis), em decorrência do aumento da geração de lixo e da sua demanda administrativa;
- o gerenciamento do aterro por, pelo menos, 20 anos, após o seu fechamento;
- campanhas de divulgação, em diferentes meios de comunicação, dos programas criados e oferecidos pelo DMLU e etc.

Segundo dados do DMLU, o custo atual de 2008, para cada tonelada de lixo produzida na cidade de Porto Alegre, com o transporte realizado pela empresa Transkuhn da Estação do Transbordo na Lomba do Pinheiro até o aterro em Minas do Leão, é de R\$ 25,00. O valor cobrado pela empresa SIL, para depositar cada tonelada de resíduo no aterro, também é de R\$ 25,00. Esses valores devem ser

acrescidos aos custos descritos anteriormente, de coleta do lixo nos bairros da cidade, deslocamento do mesmo até a estação de transbordo e gastos com os salários dos funcionários, bem como com a manutenção dos caminhões e equipamentos necessários para realizar esse processo.

Segundo Bertê e Guasselli (2000), o Mapa de Localização dos Depósitos Tecnogênicos de Porto Alegre (FIGURA 2), apresenta as principais áreas de disposição de resíduos sólidos do município. Destaca-se que 16 das 19 áreas de depósito se encontram hoje incorporadas na malha urbana da cidade. Permanecem isoladas e sem ocupação humana, somente as áreas do lixão da Ilha do Pavão, do Aterro Sanitário da Zona Norte e do Aterro Sanitário da Extrema.

As áreas que se encontram incorporadas à malha urbana da cidade apresentam, em sua maioria, pequenas dimensões e volume reduzido de resíduos depositados. Por isso, tornaram-se, ao longo do tempo, territórios vendáveis e desejáveis, para diferentes usos como comércio, serviços e outros.



## MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS DE PORTO ALEGRE

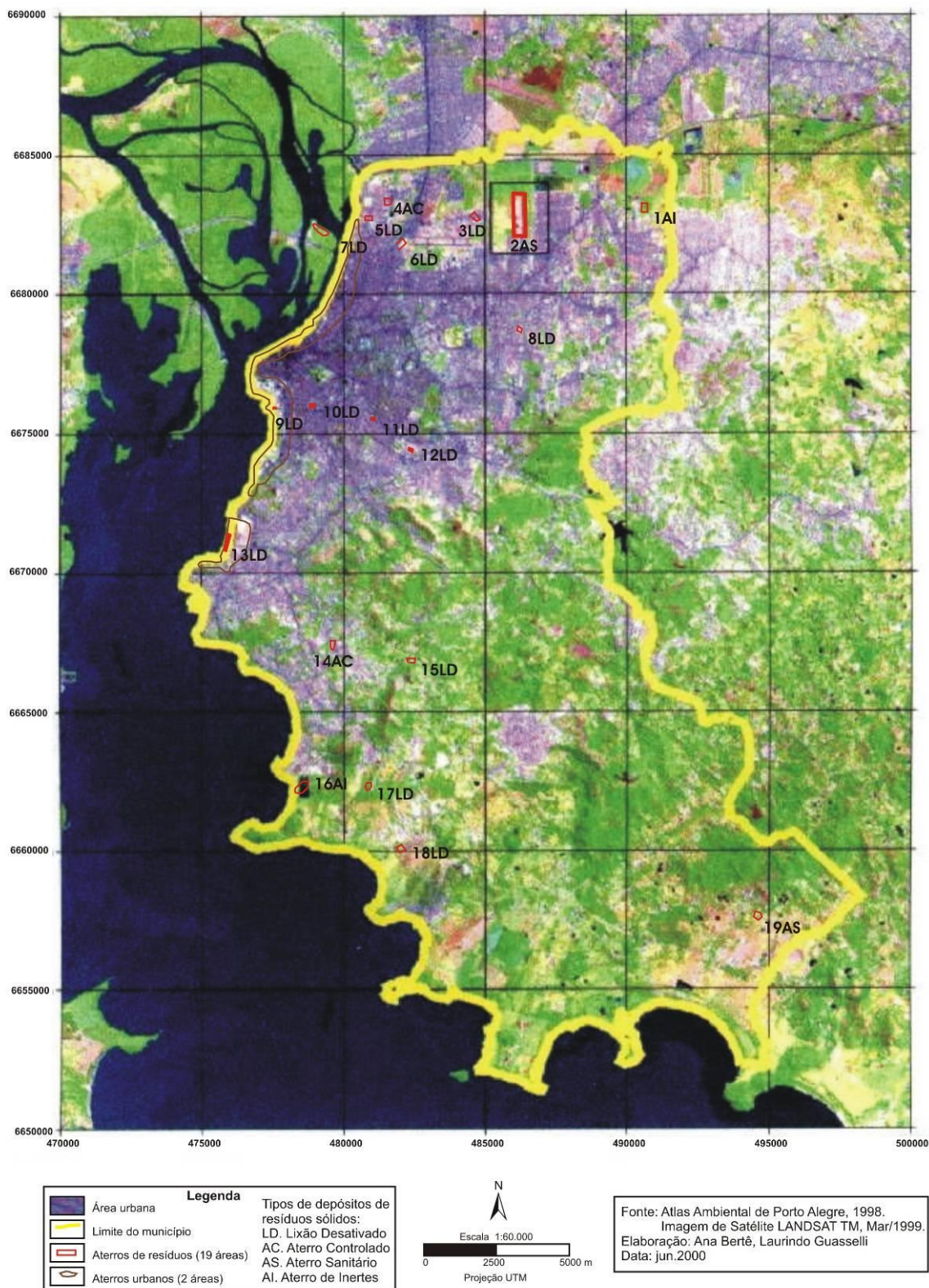


Figura 2 - Mapa de Localização dos Depósitos Tecnogênicos de Porto Alegre.

Segundo Rodrigues (1994), as grandes áreas de disposição de resíduos, como o Aterro Sanitário da Zona Norte e o Aterro da Extrema, por exemplo, dificilmente terão a mesma facilidade de conversão, em vista de suas características. Apesar disso, no entanto, é previsível que esses aterros sejam também incorporados à malha urbana da cidade, com uma função diferenciada, tal como é apontado pelos seus próprios projetos, elaborados pelo DMLU, como áreas de lazer, parques de diversão e etc.

Segundo Cotrim (1997), os principais materiais que compõem o lixo urbano de Porto Alegre são: plásticos, papéis, metais, vidros e matéria orgânica putrescível. Em 1994, foram realizadas análises no lixo, gerado pelos moradores de Porto Alegre, e a sua composição média foi a seguinte.

**Tabela 4 - Composição do lixo de Porto Alegre**

<b>Componentes (%)</b>	<b>Componentes (%)</b>
Matéria Orgânica - 58,6	Vidro - 1,3
Papéis - 21,3	Metais - 4,4
Plásticos - 8,4	Outros - 6,0

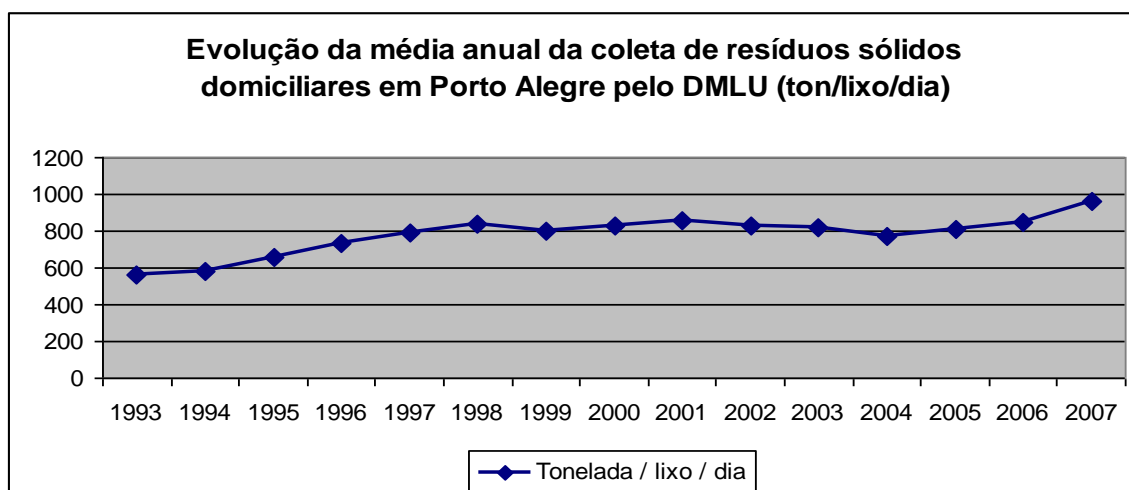
Fonte: Elaborado a partir de DMLU (1997).

A análise revelou, ainda, que 50% da composição de matéria orgânica era de água. É importante destacar que o lixo urbano é classificado como Classe II – Resíduos não inertes, segundo a NBR 10004, podendo apresentar propriedades combustíveis, biodegradáveis ou solúveis em água.

Segundo dados do IBGE (2000), a população de Porto Alegre, em 1993 era de 1.283.617 habitantes, e sua geração média de resíduo domiciliar, segundo dados do DMLU julho de 2007<sup>5</sup>, referente ao ano de 1993, foi de 566 toneladas por dia, caracterizando 0,440 kg por habitante. Já em 2007, a população de Porto Alegre, segundo dados do IBGE (2007), era de 1.421.106 habitantes, e sua geração média de resíduo domiciliar, segundo dados do DMLU de julho de 2007, foi de 960 toneladas por dia, caracterizando 0,675 kg de lixo por habitante.

<sup>5</sup> Dados obtidos através de entrevista com o Diretor da Divisão de Projetos Sociais e Reaproveitamento e Reciclagem Jairo Armando dos Santos, em Porto Alegre, no dia 09/07/2007.

De acordo com o gráfico 3, é possível identificar a evolução média anual da quantidade de lixo coletado pelo DMLU, em Porto Alegre, nos últimos 13 anos.



**Gráfico 3: Evolução da média anual da coleta de resíduos sólidos domiciliares em Porto Alegre, pelo DMLU (ton/lixo/dia)**

Fonte: Elaborado a partir de DMLU (2007)

De acordo com o gráfico 3, é possível identificar um aumento significativo na coleta de lixo, realizada pelo DMLU, no período descrito. Pode-se destacar, ainda, que houve um aumento significativo, na produção e conseqüentemente no consumo da população, de 1993 para 2007.

Esse aumento considerável, na geração de resíduos, em Porto Alegre, caracteriza uma mudança, que implica em um aumento dos impactos sobre o ambiente, através da necessidade de se ter áreas, cada vez maiores, para depositar esses resíduos. Dessa forma, são criadas situações favoráveis de poluição das águas superficiais e subterrâneas, poluição dos solos e outros impactos ambientais, que se efetivam, se o gerenciamento desses resíduos não for eficaz, como ocorre no arroio da Areia, afluente do rio Gravataí (FOTO 7).



**Foto 7: Lixo domiciliar no arroio da Areia**

Fonte:TROLEIS, 2002

### **3.6 A COLETA SELETIVA E AS UNIDADES DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM**

A partir de 1989, Porto Alegre passou a ter uma nova proposta para a destinação final e a recuperação de áreas de depósitos de resíduos sólidos gerados na cidade, assim como passou a reaproveitar parte da matéria-prima recolhida pela coleta seletiva.

Em virtude dessa nova proposta de destinação final dos resíduos gerados na cidade de Porto Alegre, foi criado, em 2001, o Projeto das Unidades de Reciclagem e Compostagem, em diferentes bairros da cidade, totalizando 13 unidades de reciclagem de lixo seco e uma unidade de Triagem e Compostagem.

Esse projeto é gerenciado pelo DMLU e objetiva: a redução do volume de resíduos destinados aos aterros sanitários; a redução das extrações dos recursos naturais, que se transformam em matéria-prima, através do material reciclado; um menor impacto sobre o ambiente; a redução do consumo de energia; a geração de renda direta e indireta, para milhares de pessoas, desde o reciclador do galpão, até o atravessador, que compra do galpão e vende o material reciclado à indústria.

As 13 unidades de reciclagem e a de compostagem caracterizam-se da seguinte forma:

**Nossa Senhora Aparecida:** Associação dos Catadores de Materiais de Porto Alegre, fundada em 1986. Localiza-se na rua Nossa Senhora Aparecida, bairro Arquipélago, número 25, Ilha Grande dos Marinheiros e possui uma área construída de 845 m<sup>2</sup>. Empregou, na sua fundação, 60 recicladores e tinha capacidade de reciclar oito toneladas por dia. Segundo dados da associação, fornecidos no mês de abril de 2008, a realidade nesse ano é um pouco diferente da existente quando de sua fundação. Ao todo, a unidade recebe cerca de duas toneladas de material reciclável, por dia, que são trabalhadas por 20 pessoas.

**Santíssima Trindade:** Associação dos Catadores de Materiais recicláveis, fundada em 1993. Localiza-se na Avenida Dique, número 512, bairro São João e possui uma área construída de 180m<sup>2</sup>. Na sua fundação, proporcionou emprego para 16 recicladores e, na época, tinha capacidade de reciclar três toneladas por dia. Segundo dados da associação de catadores, fornecidos no mês de abril de 2008, 27 pessoas trabalham nessa unidade, realizando a separação e seleção do lixo seco, sua compactação e o fechamento dos fardos, das três toneladas por dia de material recebido.

**Restinga:** Associação dos Trabalhadores Urbanos pela Ação Ecológica, fundada em 1992. Localiza-se na Estrada João Antônio da Silveira, número 13.906 e possui uma área construída de 100 m<sup>2</sup>. Empregou, na sua fundação, 15 recicladores e tinha capacidade de reciclar três toneladas por dia. Segundo dados fornecidos pela entidade, no mês de abril de 2008, trabalham, no galpão, 34 pessoas, divididas em dois turnos, que reciclam cerca de três toneladas de lixo seco por dia.

**Rubem Berta:** Associação de Reciclagem Ecológica Rubem Berta, fundada em 1993. Localiza-se na Estrada Antônio Severino, número 1.317 e possui uma área construída de 600m<sup>2</sup>. Empregou, na sua fundação, 35 recicladores e tinha capacidade de reciclar cinco toneladas por dia. Segundo dados fornecidos pela entidade, no mês de abril de 2008, o galpão recebe cerca de três toneladas de material reciclável por dia, sendo que 29 pessoas trabalham nessa unidade.

**Campo da Tuca:** Associação dos Recicladores Campo da Tuca, fundada em 1994. Localiza-se na rua 3, número 360, Campo da Tuca e possui uma área construída de 100m<sup>2</sup>. Empregou, na sua fundação, 22 recicladores e tinha capacidade de reciclar até três toneladas por dia. Segundo dados da associação,

fornecidos no mês de abril de 2008, a realidade atual é bem diferente da verificada quando de sua fundação, pois a entidade recebe cerca de uma tonelada de material reciclável por dia, que envolve o trabalho de apenas oito pessoas.

**Grande Mato Sampaio:** Centro de Educação Ambiental, fundado em 1986. Localiza-se na rua Joaquim Porto Vila Nova, número 143, Vila Fátima/ Pinto, bairro Mato Sampaio e possui uma área construída de 360m<sup>2</sup>. Na época de sua fundação, empregou 36 recicladores e tinha capacidade de reciclar até seis toneladas por dia. Segundo dados da associação, fornecidos no mês de abril de 2008, a realidade atual é um pouco diferente da constatada na sua fundação. A unidade recebe cerca de três toneladas de material reciclável por dia. Funciona aos sábados, em dois turnos, e conta com o trabalho de 65 pessoas.

**Cavanhada:** Associação dos Recicladores do Loteamento Cavanhada, fundada em 1996. Localiza-se no Loteamento Cavanhada, rua José Lutzemberg, bairro Cavanhada e possui uma área construída de 540m<sup>2</sup>. Empregou, na sua fundação, 30 recicladores e tinha capacidade de reciclar seis toneladas por dia. Segundo dados fornecidos pela associação, no mês de abril de 2008, a realidade atual é um pouco diferente da verificada quando de sua fundação, pois a unidade recebe cerca de três toneladas de material reciclável por dia e o trabalho, nessa unidade, envolve, atualmente, 45 pessoas.

**Belém Velho:** Cooperativa das Vilas Populares de Porto Alegre, fundada em 1998. Localiza-se na Estrada do Lami, sem número, e possui uma área construída de 100m<sup>2</sup>. Empregou, na sua fundação, seis recicladores e tinha capacidade de reciclar até uma tonelada por dia. Segundo dados fornecidos no mês de abril de 2008, pela associação, a unidade recebe cerca de duas toneladas de material reciclável por dia, sendo que trabalham nessa unidade, atualmente, 12 pessoas.

**Arevipa:** Associação de Reciclagem Ecológica da Vila dos Papeleiros, fundada em 1998. Localiza-se na rua Voluntários da Pátria, 2552, e possui uma área construída de 100m<sup>2</sup>. Na sua fundação, empregou seis recicladores e tinha capacidade de reciclar uma tonelada por dia. Segundo dados fornecidos no mês de maio de 2008, a associação tem recebido cerca de meia tonelada de material reciclável, por dia, e atualmente 22 pessoas trabalham nessa unidade.

**Aterro da Zona Norte:** Associação dos Recicladores de Resíduos da Zona Norte. Os trabalhos iniciaram em 1990, através do cadastramento, organização e conscientização, por parte dos técnicos do DMLU, junto às 300 pessoas que

moravam junto do então lixão da zona norte e dele tiravam o seu sustento. Somente em 1991 a associação foi constituída e, em 1993, foi construído o galpão para armazenar e ser realizada a separação dos resíduos sólidos, trazidos da coleta seletiva para a reciclagem. Nessa época, a unidade começou a operar com apenas 60 trabalhadores dos 300 que ali viviam. As outras pessoas foram divididas em diferentes galpões, como o da Vila Dique, sendo que, segundo informação do DMLU, muitas delas não se adaptaram às regras estabelecidas nos galpões e foram procurar outras atividades para sobreviver. Essa unidade está localizada na rua Sérgio Dietrich, sem número, e possui uma área construída de 100m<sup>2</sup>. Segundo dados fornecidos no mês de abril de 2008, pela associação, emprega 46 pessoas e recebe três toneladas de resíduos por dia, para serem separados e reciclados.

**Padre Cacique:** Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis do Movimento dos Moradores de Rua. Segundo dados fornecidos no mês de abril de 2008, pela associação, ela foi fundada em 2001, localiza-se na rua Padre Cacique, 1391, recebe diariamente cerca de duas toneladas de material reciclável e emprega 40 trabalhadores, que se dividem em dois turnos diários.

**Profetas da Ecologia:** Segundo dados da Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis Profetas da Ecologia, ela foi fundada em 2004, localiza-se na rua Voluntários da Pátria, 4201, recebe diariamente cerca de duas toneladas e meia de material reciclável e emprega 45 trabalhadores, que se dividem em dois turnos diários.

**Associação Aparecida das Águas:** Segundo dados da Associação Dos Catadores, fornecidos no mês de maio de 2008, ela foi fundada em 1996, localiza-se na rua Ramiro Barcelos, número 01, recebe diariamente cerca de uma tonelada e meia de material reciclável e emprega 25 trabalhadores, que se dividem em dois turnos diários.

**São Pedro:** Segundo dados da Associação dos Trabalhadores da Unidade Triagem do HPSP- ATUT, fornecidos no mês de maio de 2008, ela foi fundada em 2000, localiza-se na Rua Bento Gonçalves. Na época de sua fundação, empregava 28 pessoas e, atualmente, conta com 43 trabalhadores, que se dividem em dois turnos diários, para separar duas toneladas de material reciclado recebido diariamente.

**UTC: Unidade de Triagem e Compostagem** - Associação de Triagem de Resíduos Sólidos Domiciliares. Segundo dados fornecidos pelas engenheiras

responsáveis pela unidade, no mês de maio de 2008, a Unidade de Triagem e Compostagem foi criada em 2001 e tem por finalidade receber, principalmente, o lixo orgânico separado pelos moradores e coletado pelo DMLU, na cidade de Porto Alegre, para ser depositado na Unidade de Compostagem. Também são recebidos resíduos secos, para a separação e reciclagem. A Unidade localiza-se na Estrada Lourenço Mariante, 4401, bairro Lomba do Pinheiro, e recebe cerca de 50 toneladas diárias, sendo que 90% destas são de material orgânico e 10% são de material seletivo. Ao total, ali trabalham 120 pessoas.

É importante destacar que as unidades de reciclagem contam com o permanente acompanhamento técnico do DMLU, que treina os recicladores, orienta sobre a possibilidade de comercialização, organização e produtividade.

Segundo dados fornecidos no mês de maio de 2008, pelo Diretor da Divisão de Projetos Sociais e Reaproveitamento e Reciclagem do DMLU (DPSRR), engenheiro Jairo Armando dos Santos, Porto Alegre possui um plano de coleta seletiva que atende a 98% da população. Até dezembro de 2008, seu funcionamento continuará a atender todos os bairros uma vez por semana, sendo que a coleta seletiva passa por 11 bairros, duas vezes por semana. Segundo Jairo Santos, uma pesquisa realizada pelo DMLU constatou que os bairros que produzem mais resíduos para a reciclagem são: Santo Antônio, Azenha, Cidade Baixa, Floresta, Independência, Bom Fim, Menino Deus, Rio Branco, Santana, Santa Tereza e Bela Vista; por isso, possuem um sistema de coleta mais frequente.

De acordo com dados fornecidos pelo DMLU em dezembro de 2008<sup>6</sup>, Porto Alegre tem produzido em média 1.000 toneladas de resíduo de origem doméstica, por dia. Isso representa cerca de 0,800kg de lixo, por habitante. Também são recolhidos, diariamente, aproximadamente duzentas toneladas de resíduos, decorrentes da varrição das ruas e podas de galhos e árvores, e 60 toneladas de lixo seco, separado para reciclagem, que são distribuídos nos 13 galpões de reciclagem, descritos anteriormente.

Segundo o diretor da DPSRR, para o ano de 2009, será ampliada a atuação da coleta seletiva. Hoje a prefeitura possui à sua disposição 18 caminhões, que percorrem a cidade uma vez por semana. Para 2009, a previsão é ter 29 caminhões

---

<sup>6</sup> Dados obtidos através de entrevista com o Diretor da Divisão de Projetos Sociais e Reaproveitamento e Reciclagem Jairo Armando dos Santos, em Porto Alegre, no dia 03/12/2008.



e passar duas vezes por semana em todos os bairros da cidade. Também está prevista a inserção de mais duas novas unidades de reciclagem, uma na rua Ramiro Barcelos e outra na Lomba do Pinheiro. O diretor salientou ainda que existem outras propostas de unidades de reciclagem em estudo.

## **4 ÁREA DE ESTUDO**

O presente capítulo foi construído com o objetivo de localizar e caracterizar a área de estudo, descrevendo suas características geológica, pedológica, geomorfológica, climatológica e hidrológica. Busca-se, também, identificar, através da ação antrópica, a presença dos depósitos tecnogênicos, destacando o Aterro Sanitário da Zona Norte e da vila Dique. Além disso, destaca-se o surgimento de espaços com elevado comprometimento da qualidade ambiental, assim como se aborda a evolução do uso e ocupação da terra respectivamente.

### **4.1 SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo situa-se no município de Porto Alegre, localizando-se entre as coordenadas 29° 58' 00" e 30° 00' 00" S e 51° 07' 30" e 51° 09' 45" O, compreendendo duas bacias hidrográficas: a do Arroio da Areia e a do arroio Passo das Pedras, como pode ser visto na Figura 3.

De acordo com o "Mapa de Sub-Bacias Hidrográficas", do Atlas Ambiental de Porto Alegre (1998), a bacia do Arroio da Areia ocupa uma área de 22,05 km<sup>2</sup> e, segundo dados do IBGE (2007), possui uma população de 110.948 habitantes, com densidade demográfica de 5.031 hab./km<sup>2</sup>. Já a bacia do arroio Passo das Pedras ocupa uma área de 32,04 km<sup>2</sup>, com uma população de 198.076 habitantes e possui densidade de 6.182 hab./ km<sup>2</sup>.

### SITUAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

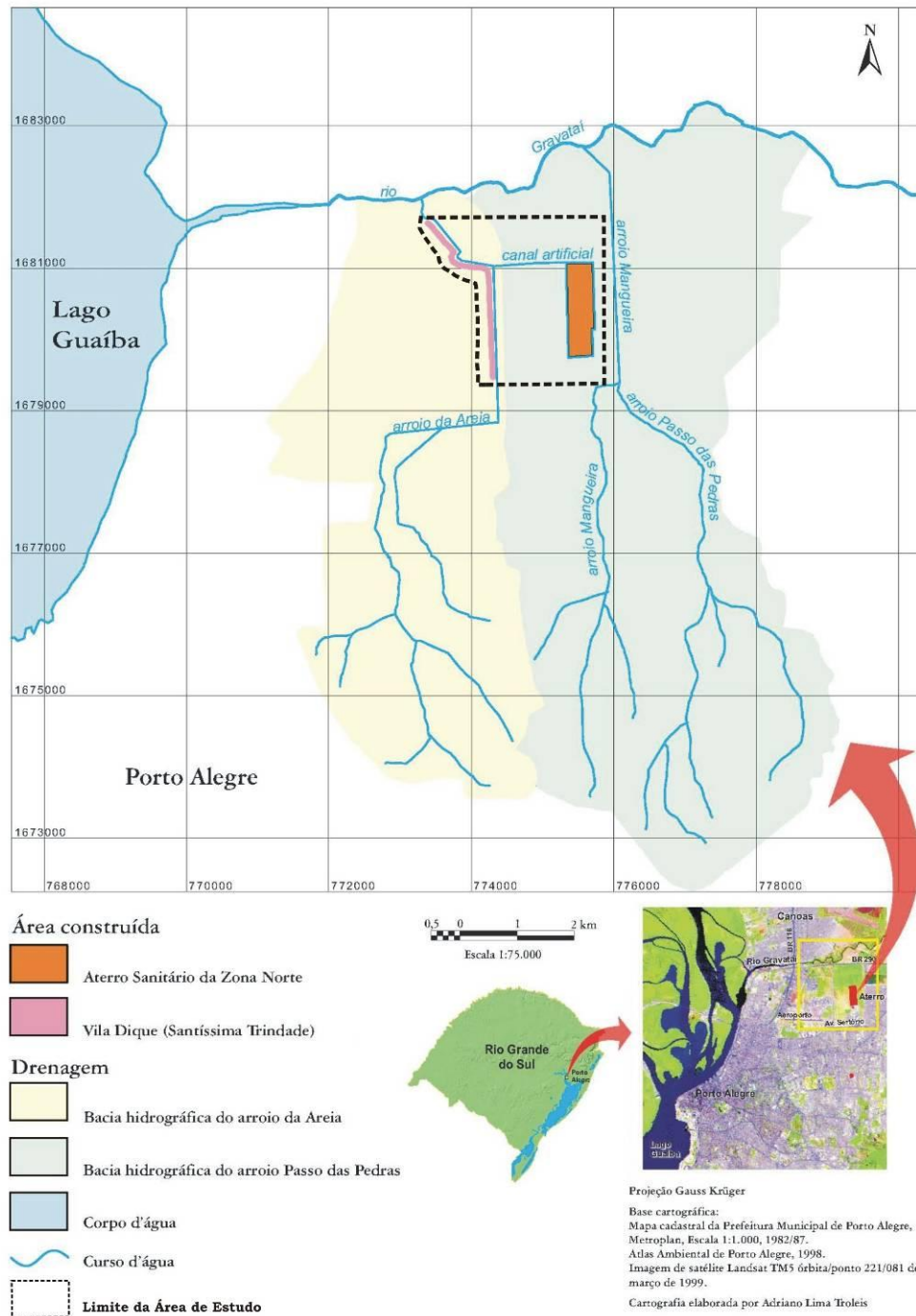


Figura 3 - Situação Geográfica da Área de Estudo

De acordo com os dados médios de crescimento da população brasileira, produzidos pelo IBGE (2007), a tendência para essa área é de aumento da população. Essa previsão caracteriza um quadro de piora da qualidade ambiental, tanto dos recursos hídricos, quanto do uso da terra, decorrente do incremento da população, nas duas bacias, principalmente na área onde está inserida a vila Dique, devido à falta de infra-estrutura básica, como saneamento, abastecimento de água e recolhimento de lixo.

Segundo Troleis e Basso (2000), o ASZN, até 2000, possuía dois tipos de células de depósito de lixo: desativadas e ativadas. As primeiras consistem em locais de disposição de lixo, que foram cobertos por uma camada de argila e que não recebem mais o despejo dos resíduos, e as ativadas são aquelas que recebem os resíduos periodicamente, até seu esgotamento.

O DMLU é o órgão responsável por realizar o manejo dos resíduos, o seu armazenamento adequado, coleta, transporte e processamento do lixo, nos aterros da cidade de Porto Alegre. No que diz respeito ao monitoramento da qualidade das águas no entorno do aterro, o DMLU dispõe de vários pontos de coleta de água superficial e subterrânea, uma vez que o ASZN não dispõe de impermeabilização de sua base.

É importante destacar que, no presente estudo, será dada ênfase ao Aterro Sanitário da Zona Norte, presente na bacia hidrográfica do arroio Passo das Pedras, e à vila Dique, presente na bacia hidrográfica do arroio da Areia, e seus respectivos monitoramentos.

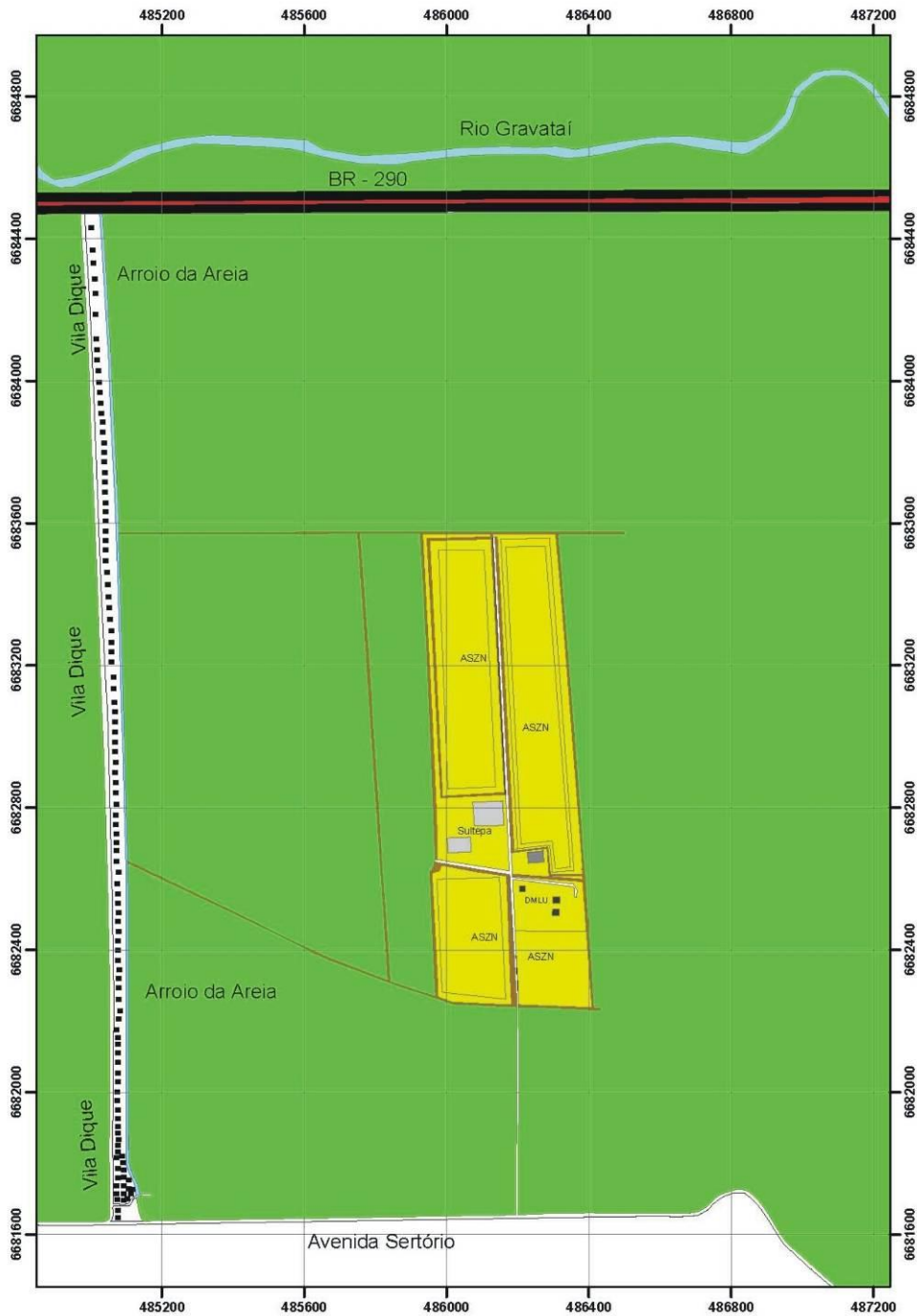
Segundo informações do DEMHAB de setembro de 2008<sup>7</sup>, no caso específico da vila Dique, a área atual ocupada se enquadra como de risco social e ambiental, e a população que ali vive será deslocada para outra área, que o poder público decidirá. A prefeitura terá a tarefa de realizar o plano e a execução urbanística desse novo loteamento, para posterior remoção da mesma.

A área de estudo limita-se, ao norte, com a BR 290, e ao sul, com a avenida Sertório. Já a oeste, seu limite é a vila Dique e, a leste, o aterro Sanitário da Zona Norte, Figura 4.

---

<sup>7</sup> Dados obtidos através de entrevista com o coordenador da equipe de estudos urbanos da Unidade de Pesquisa do DEMHAB, Aldovan de Oliveira Moraes, em Porto Alegre, no dia 13/09/2008.

### MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



**Legenda**

<p><b>EDIFICAÇÕES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vila Dique</li> <li>■ Sede do DMLU</li> <li>■ Galpão de Reciclagem</li> <li>■ Sede da Sultepa</li> </ul> <p><b>RESÍDUOS SÓLIDOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aterro Sanitário da Zona Norte (ASZN)</li> <li>■ Canal de Drenagem Artificial</li> </ul>	<p>■ Área adjacente ao Aterro Sanitário da Zona Norte</p> <p><b>SISTEMA VIÁRIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Municipal</li> <li>— Federal</li> </ul> <p><b>SISTEMA HÍDRICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Arroio</li> <li>— Rio</li> </ul>	<p>0 200 400 m</p> <p><b>Escala 1:16.000</b></p> <p>Projeção UTM Fuso 22              Sistemas de Coordenadas WGS 84              Base Cartográfica: Levantamento com GPS e TREX VISTA GARMIN              Cartografia elaborada por Adriano Lima Troleis</p>
--	---	---

Figura 4 - Mapa de localização da área de estudo.

## **4.2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO**

As áreas que contribuem para a caracterização do meio físico são a geológica, pedológica, geomorfológica, climatológica e hidrológica, aspectos sobre os quais serão descritos a sua importância dentro da área de estudo.

A descrição geológica e a pedológica buscam identificar as características litológicas, estruturais e de solos da área de estudo, em relação ao contexto local. Fujimoto (2001) destaca que essa descrição deve conter informações sobre a constituição, textura e estrutura dos principais tipos de solos e rochas identificados, e que esses subsidiam a caracterização geomorfológica e morfogenética da área.

Na descrição geomorfológica, foram identificados dois padrões de relevo: em forma de terraços e a unidade geomorfológica da planície fluvial.

Já o conhecimento das características climatológicas e hidrológicas, da área de estudo, permite, através de sua relação, identificar eventos de escassez hídrica, assim como de superávit hídrico, sendo fundamentais para indicar as potencialidades e fragilidades do meio físico.

### **4.2.1 Aspectos geológicos, pedológicos e geomorfológicos**

Segundo Costa (1994), a área de estudo caracteriza-se de forma heterogênea, apresentando um extrato geológico, formado por um pacote espesso e aleatório. A camada superficial, sobre a qual foram lançados os resíduos do aterro, é constituída por uma lâmina de argila siltearenosa, de origem aluvionar e orgânica, de consistência mole a muito mole, em cores que variam de cinza a preto, com espessura variada de 5 a 10m. Já a camada subjacente apresenta os Planossolos, que possuem características hidromórficas, típicas de terras baixas, com excesso de água permanente ou temporária, que resulta no desenvolvimento de perfis com

cores cinzentas, formados a partir do capeamento de depósitos sedimentares com presença de corpos tabulares siltico-argilosos, resultantes da ação iluvial<sup>8</sup>.

Segundo o mapa pedológico do Atlas Ambiental de Porto Alegre (1998), a área de estudo apresenta solos do tipo glei húmico, moderadamente profundos, mal drenados e com baixa permeabilidade, caracterizados pela presença de um horizonte glei, formado em condições de excesso de umidade.

Segundo Escosteguy (1991), o coeficiente de permeabilidade da área é de 10-6cm/s, para as camadas superficiais, e o lençol freático varia entre 0,10 e 0,30m de profundidade, sendo, portanto, bastante próximo da superfície.

Costa (1994) destaca que, na área onde se situam o ASZN e a vila Dique, está localizada a unidade geomorfológica da planície fluvial, com a presença de terraços, na porção inferior das bacias, onde as cotas altimétricas variam de 3 a 20m e formam uma paisagem extremamente plana e com declividades inferiores a 10%.

Os terraços, mais antigos do que a planície fluvial, originaram-se a partir da terceira transgressão marinha, durante a Era Cenozóica, há cerca de 120 mil anos, quando ocorreu a transformação do Guaíba em lago, resultando no entalhamento das calhas dos rios e arroios que compõem a rede hidrográfica, entre eles o rio Gravataí. Esta unidade está inserida no Sistema Laguna Barreira III, do período Quaternário, sendo esse sistema formado por depósitos lacustres de areias grossas e esbranquiçadas, moderadamente selecionadas e com laminação plano paralela.

Já a planície fluvial originou-se a partir da quarta transgressão marinha, durante a era Cenozóica, há cerca de 5 mil anos. Essa unidade decorre do período Quaternário e está inserida no Sistema Laguna Barreira IV. É formada por depósitos de planície e canal fluvial, e apresenta areias grossas e conglomerados amarelados, intercalados com corpos tabulares siltico-argilosos.

Segundo Bertê (2001), o ASZN constitui na área um novo elemento da paisagem, sendo chamado de morrete artificial, com pequenas elevações tabulares.

O morrete corresponde ao depósito de lixo principal, acumulado em células, ao longo da área da planície e atinge a altura de 15m, apresentando um formato tabular e com taludes amplos. Adjacentes a ele, encontram-se elevações mais baixas, cujas alturas variam de 3,0 e 5m. Estas pequenas elevações tabulares são

---

<sup>8</sup> Iluviação: processo que resulta no aparecimento de um horizonte de solo constituído por uma camada compactada de partículas colóides e soluções que vem de montante. (GUERRA, 1969; LEINZ; MENDES, 1963).

formadas pelos depósitos de resíduos sólidos mais antigos, ali depositados, que datam do início da década de 1980 até o início de 1990. Já o morrete mais elevado apresenta seus depósitos do início da década de 1990, até o ano de 2000, quando ocorreu o fechamento do aterro sanitário (FOTO 8).



**Foto 8: Morrete artificial**

Fonte: BERTÊ, 2001.

Estes novos elementos da paisagem representam os testemunhos da ação do homem sobre a superfície, sendo classificados como depósitos tecnogênicos. Podem ser chamados de aterros sanitários, lixões ou aterros controlados, onde seu conteúdo e forma permitem destacá-lo da paisagem urbana local (PELOGGIA, 1998).

De acordo com o Mapa de Aptidão dos Solos à Disposição de Resíduos Sólidos, elaborado por Bastos et. al. (1998), que consta no Atlas Ambiental de Porto Alegre (MENEGATT et al, 1998), a área onde está situada o ASZN e a vila Dique, como foi referenciado anteriormente, é constituída de solos mal drenados, em terrenos sujeitos a inundações frequentes. Isso decorre do fato de que o nível do lençol freático está bastante próximo da superfície, na maior parte do ano e, conseqüentemente, há um maior risco de contaminação do ecossistema. Em síntese, é uma área que apresenta forte restrição de uso (FOTO 9).





**Foto 9: Área sujeita à inundação**

Fonte: TROLEIS, 1998.

#### **4.2.2 Aspectos climáticos e hidrológicos**

Segundo Livi (1998), o clima de uma cidade é o resultado do comportamento regular da rítmica e contínua sucessão dos tempos atmosféricos ou meteorológicos, que transitam sobre sua superfície, por um longo período de tempo. O clima de Porto Alegre, segundo classificação de Köppen, é subtropical úmido (Cfa), por apresentar valores de temperatura média, do mês mais quente, superiores a 22°C e apresentar chuvas bem distribuídas, ao longo do ano.

Segundo Hasenack (1995), Porto Alegre apresenta uma temperatura média em janeiro de 25°C e em julho de 14°C, meses estes que representam a maior e menor média mensal de temperatura na cidade. A temperatura média anual é de 19,4°C e a média do índice anual de chuvas é de 1.399mm.

Para a caracterização climatológica local, foram utilizados os dados pluviométricos e de temperatura média mensais, coletados pelo 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre. Os dados abrangem o período de 1991 a 2008, período esse que marca o monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de estudo pelo DMLU.

A área de estudo, quanto à hidrologia local, está inserida em duas bacias hidrográficas; a bacia do arroio da Areia, que possui o arroio da Areia, com 9.202m, e a bacia do arroio Passo das Pedras, que possui os arroios Mangueira, com 9.277m, e o Passo das Pedras, com 12.085m. Segundo o Atlas Ambiental de Porto Alegre (1998), a rede hídrica local apresenta as seguintes características:

- a maior parte dos arroios é canalizada;
- a rede de drenagem escoar na direção do rio Gravataí;
- a declividade do terreno é baixa, portanto o fluxo das águas é lântico;
- o nível freático encontra-se próximo à superfície;
- é suscetível a inundações, mediante eventos chuvosos;
- grande vulnerabilidade à contaminação das águas superficiais, por disposição inadequada de resíduos sólidos e líquidos, jogados na água;
- grande vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas.

Através das características climatológicas e da rede hídrica local, associadas à medida e à variação da vazão dos arroios, é possível verificar o comportamento e a ocupação sazonal do leito maior dos canais fluviais, pelas águas de escoamento, estimando, assim, a dinâmica hidrológica das bacias.

É importante destacar a ausência de uma estação fluviométrica, nas bacias do arroio da Areia e do arroio Passo das Pedras. Sendo assim, foram necessários alguns procedimentos metodológicos, que permitiram estimar a vazão das bacias, a partir dos dados pluviométricos, e a evapotranspiração, a partir dos dados de temperatura média, através dos dados cedidos pelo 8º Distrito de Meteorologia.

A medida da vazão (Q), em m<sup>3</sup>/s, foi estimada em função do produto entre a área de estudo da bacia (A), em m<sup>2</sup>, e a precipitação (P), em mm, de acordo com os procedimentos adotados por Cunha e Guerra (1996), e pelo DNAEE (1994), onde

$$Q = A \text{ (m}^2\text{)} \times P \text{ (mm/mês)}.$$

Por outro lado, a medida da evapotranspiração foi obtida através do método utilizado por Verdum (1997 apud LAMBERT 1975):

$$ETP = 4 \times T_m$$

onde,

ETP = evapotranspiração potencial (em mm/mês)

$T_m$  = temperatura média mensal (c°).

Também foram estimados dados mensais de superávit e déficit hídrico, para cada ano de monitoramento. É importante destacar que eles influenciam na concentração ou na diluição dos parâmetros de qualidade de águas analisados.

Segundo a classificação de Thornthwaite (1955), os balanços hidrológicos que definem o superávit e o déficit hídrico de um local baseiam-se, essencialmente, na comparação das precipitações com as evapotranspirações.

Segundo o mesmo autor, Superávit Hídrico (SH) resulta do excesso da quantidade de precipitação, relativa à soma da evapotranspiração com a quantidade de água cedida ao solo, até o seu completo abastecimento, num dado intervalo de tempo. Geralmente, ele ocorre quando a precipitação é maior ou igual a evapotranspiração.

$$SH = P - (E_{tp} + \Delta S_{so}) \text{ onde,}$$

$\Delta S_{so}$  = Quantidade de água cedida ou absorvida do solo.

Já o Déficit Hídrico (DH) resulta da falta da quantidade de precipitação, relativa à soma da evapotranspiração com a quantidade de água cedida ao solo, até o seu completo abastecimento, num dado intervalo de tempo. Geralmente, ele ocorre quando a precipitação é menor que a evapotranspiração.

$$DH = (E_{tp} - E_{te}), \text{ onde,}$$

$E_{tp}$  = evapotranspiração potencial (em mm/mês)

$E_{te}$  = Evapotranspiração efetiva, calculada do seguinte modo:



$$E_{te} = P - \Delta S_{so}$$

Thornthwaite (1957) destaca que áreas de várzea ou que sofrem inundações frequentes apresentam pequenas variações na quantidade de água cedida ou absorvida do solo ( $\Delta S_{so}$ ); portanto, essa variável torna-se descartável, nos cálculos de déficit e superávit hídrico, em áreas com essas características.

A partir disso, foi possível obter, além dos dados de precipitação média mensal e temperatura média mensal, os dados de evapotranspiração média mensal, vazão média mensal, superávit ou déficit hídrico, para cada uma das bacias hidrográficas, do período de 1991 a 2008 (APÊNDICE 1).

Através dos dados de precipitação e evapotranspiração foi elaborado o Quadro 2 que indica para cada ano de monitoramento os meses de superávit e déficit hídrico.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1991	-	-	-		-				-		-	
1992		-									-	-
1993			-	-				-				
1994	-								-		-	
1995	-	-	-								-	
1996		-	-	-	-		-					
1997	-		-	-	-				-			
1998						-				-	-	
1999		-	-									-
2000	-											-
2001		-			-			-				-
2002	-	-										
2003					-				-			
2004	-	-	-	-								-
2005	-	-				-	-				-	-
2006		-	-	-			-			-		
2007	-			-						-		
2008												

 **Superávit Hídrico**
 **Déficit Hídrico**

**Quadro 2 : Superávit e déficit hídrico mensal na área de estudo.**

Fonte: Produzido com base nas informações do 8º Distrito de Meteorologia e segundo a metodologia de Thornwaite (1955).

A partir dos dados de superávit e déficit hídrico, apresentados no quadro 2, é possível chegar às seguintes conclusões:

- o mês de janeiro apresentou um equilíbrio obtendo nove meses de superávit e nove meses de déficit hídrico, ao longo dos 18 anos de monitoramento;
- o mês de março foi o segundo mês de maior equilíbrio pois obteve dez meses de superávit e oito meses de déficit hídrico, ao longo dos 18 anos de monitoramento;
- o mês de fevereiro foi o que apresentou o maior número de déficits hídricos de todo o período de monitoramento;
- os meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro apresentaram um predomínio de superávit hídrico;
- os meses de abril, maio, novembro e dezembro apresentaram cerca de 1/3 dos meses de déficit hídrico e 2/3 de superávit hídrico.

É importante destacar que, nos períodos chuvosos ou de superávit hídrico, é grande a possibilidade de ocorrer inundação, o que gera a consequente classificação do risco, para a área de estudo, devido às características físicas locais descritas e ao uso e ocupação da terra, de forma inadequada.

### **4.3 OS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS**

A urbanização brasileira, nas últimas décadas, tem se expandido consideravelmente, em virtude do modelo capitalista, pautado no desenvolvimento industrial. Conforme esse modelo, o espaço tem sido construído e reconstruído o tempo todo.

Segundo Peloggia (1998), os testemunhos da ação do homem, sobre a superfície, estão registrados na forma de depósitos tecnogênicos, construídos, induzidos ou modificados. O mesmo tem tido uma capacidade de interferir sobre o meio natural, através de suas ações técnicas e dos efeitos que se acumulam e se diversificam por toda a superfície do planeta, podendo aumentar ou diminuir a intensidade das manifestações naturais.

Os depósitos tecnogênicos, construídos no município de Porto Alegre, na forma de aterros urbanos controlados, lixões e aterros sanitários, são mais

comumente encontrados nas áreas desabitadas (vazios urbanos), reconstruídas (recomposição de morros, decorrente da extração de solo), ou nas franjas periféricas de baixo valor imobiliário. Isso ocorre, pois essas são consideradas áreas problemáticas do ponto de vista de uso e ocupação (FOTO 10).



**Foto 10: Vazio urbano com presença de aterro sanitário**

Fonte: TROLEIS, 1998.

Evidencia-se, então, a necessidade de uma análise efetiva, que considere a gênese, constituição e os principais elementos da dinâmica ambiental própria desses depósitos. Isso é importante, a fim de poder avaliar as modificações ambientais, resultantes da sua introdução, e sugerir melhores formas de planejamento e monitoramento dos já existentes e de apropriação de novos espaços.

O depósito tecnogênico, inserido na área de estudo, chamado de Aterro Sanitário da Zona Norte (ASZN), por apresentar grande importância para o presente estudo, foi caracterizado, desde sua origem, estrutura, transformação e dinâmica ambiental. Para isso, foi realizada uma pesquisa junto ao DMLU, através de uma ampla investigação bibliográfica sobre as características dos resíduos urbanos, ali depositados, e dos elementos que envolvem a sua degradação e interferência, nas áreas adjacentes, que influenciam na dinâmica ambiental.

Convém destacar que, em 1990, foi contratada a Companhia Sistema de Proteção Ambiental (SPA), por intermédio do DMLU, com objetivo de transformar o então lixão da zona norte em aterro sanitário. Nesse sentido, foram realizadas ações técnicas de engenharia, com o propósito de minimizar os impactos ambientais na área.

#### **4.4 O ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE**

Segundo Rovati (1993), o aumento acelerado da população, em grandes centros urbanos do país, provocou elevação da geração de resíduos sólidos e a necessidade de se dispor de áreas para instalar esses depósitos, próximos aos aglomerados urbanos.

Em Porto Alegre, esse quadro não foi diferente. O ASZN teve sua origem ligada ao esgotamento, em 1985, de uma antiga área de disposição de resíduos sólidos – o lixão Olaria, situado na zona sul de Porto Alegre. Na ocasião, os critérios de seleção de áreas próprias para disposição de lixo não deixaram muitas opções à Administração Municipal. Em vista do aspecto urgente da questão, em Porto Alegre, a área escolhida para acolher parte do lixo da cidade foi uma área de inundação, que, segundo concepção da época, tratava-se de uma área barata, sob o ponto de vista econômico, e que poderia ser recuperada para posterior utilização (FOTO 11).



**Foto 11: Aterro Sanitário em área de inundação**

Fonte: TROLEIS, 1998.

É importante destacar que essa área é reconhecidamente não apta para depósito de lixo, em função de suas características, sendo classificada, pelo 1º Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre, como uma possível Unidade Territorial Industrial (UTI).

A área do aterro possui 49 hectares e localiza-se entre a BR 290 – Autoestrada Porto Alegre-Osório e a avenida Sertório. Segundo Escosteguy et al (1991), em 1985, a área passou a receber grande parte do lixo produzido pela cidade de Porto Alegre, cuja carga diária aproximada era de 1000t, passando a ter, em 1990, um depósito estimado pelo controle de pesagem do aterro de 882.000t de lixo. Isso fez com que se esgotasse a capacidade de recebimento de resíduos sólidos desse local, devido à técnica inadequada, utilizada naquele período, que era de baixa compactação, em cota máxima de 3m.

Sem a utilização de qualquer técnica de disposição dos sólidos e de drenagem dos líquidos e gases, produzidos pela massa aterrada, o lixão recebeu resíduos das mais variadas origens: domiciliar, hospitalar, industrial, comercial, de varrição, capina e poda, constituindo-se, tanto de materiais considerados absolutamente inertes, quanto de materiais perigosos – Classe I, segundo a NBR 10004 (COTRIM, 1997).



Segundo dados do DMLU de janeiro de 2008<sup>9</sup>, até 1989, em meio a montes de toneladas de lixo, centenas de pessoas moviam-se em condições sub-humanas, na tentativa de obter materiais recicláveis que pudessem vender para garantir sua sobrevivência. Sobre o lixo, construíram-se barracos, onde essas pessoas viviam, faziam suas refeições e dormiam. Segundo Dantas (1988), o lixão da zona norte, assim como era chamado, era responsável por altos índices de poluição no Guaíba, onde o rio Gravataí deságua, pois este recebia os efluentes líquidos do lixão.

Em 1989, na tentativa de avaliar o impacto ambiental causado pelo lixão, foram coletadas algumas amostras de água do lençol freático, de água bruta superficial e de solo aterrado. O resultado da análise inicial foi o comprometimento das águas superficiais, subterrâneas e uma elevada contaminação do solo (ESCOSTEGUY, 1991).

A Prefeitura de Porto Alegre, através do DMLU, assinou em 1990, uma prestação de serviço, com a contratação da empresa Sistema de Proteção Ambiental (SPA), optando por desenvolver, na área, um plano de monitoramento, com a construção de poços de coleta e análise das águas subterrâneas, do líquido percolado, bem como a definição de pontos de coleta de água superficial, ao longo dos canais periféricos das células do aterro. O objetivo foi o de recuperar a área, através da redução da poluição do solo, do ar e das águas da área do lixão; recompor suas condições ambientais, viabilizando o seu uso futuro, como parque de recreação; codispor os resíduos domiciliares, concomitantemente com a recuperação da área; e reaproveitar a fração orgânica do lixo domiciliar aterrado, após sua estabilização.

A execução do Projeto de Recuperação - A transformação do lixão da zona norte em Aterro Sanitário resultou na disposição dos resíduos novos sobre os antigos, com a estruturação da área do Aterro, em nove células, circundadas por trincheiras de argila compactada e equipadas com sistema de dreno internos. Estes drenos coletam e transportam os líquidos percolados, através da massa de resíduos, fazendo o seu confinamento e eventual recirculação, com o objetivo de acelerar a decomposição de matéria orgânica, por meio da inoculação de microorganismos anaeróbios. Há, ainda, os drenos de gases e os canais de drenagem externos, no

---

<sup>9</sup> Dados obtidos através do contato com o responsável chefe pelo Aterro Sanitário da Zona Norte, Lauro Fernando, em Porto Alegre, no dia 16/01/2008.

entorno das células que conduzem as águas residuais do Aterro, em direção ao arroio da Areia e ao Rio Gravataí, conforme pode ser observado na Figura 5.

### PROJETO DE RECUPERAÇÃO: A TRANSFORMAÇÃO DO LIXÃO DA ZONA NORTE EM ATERRO SANITÁRIO

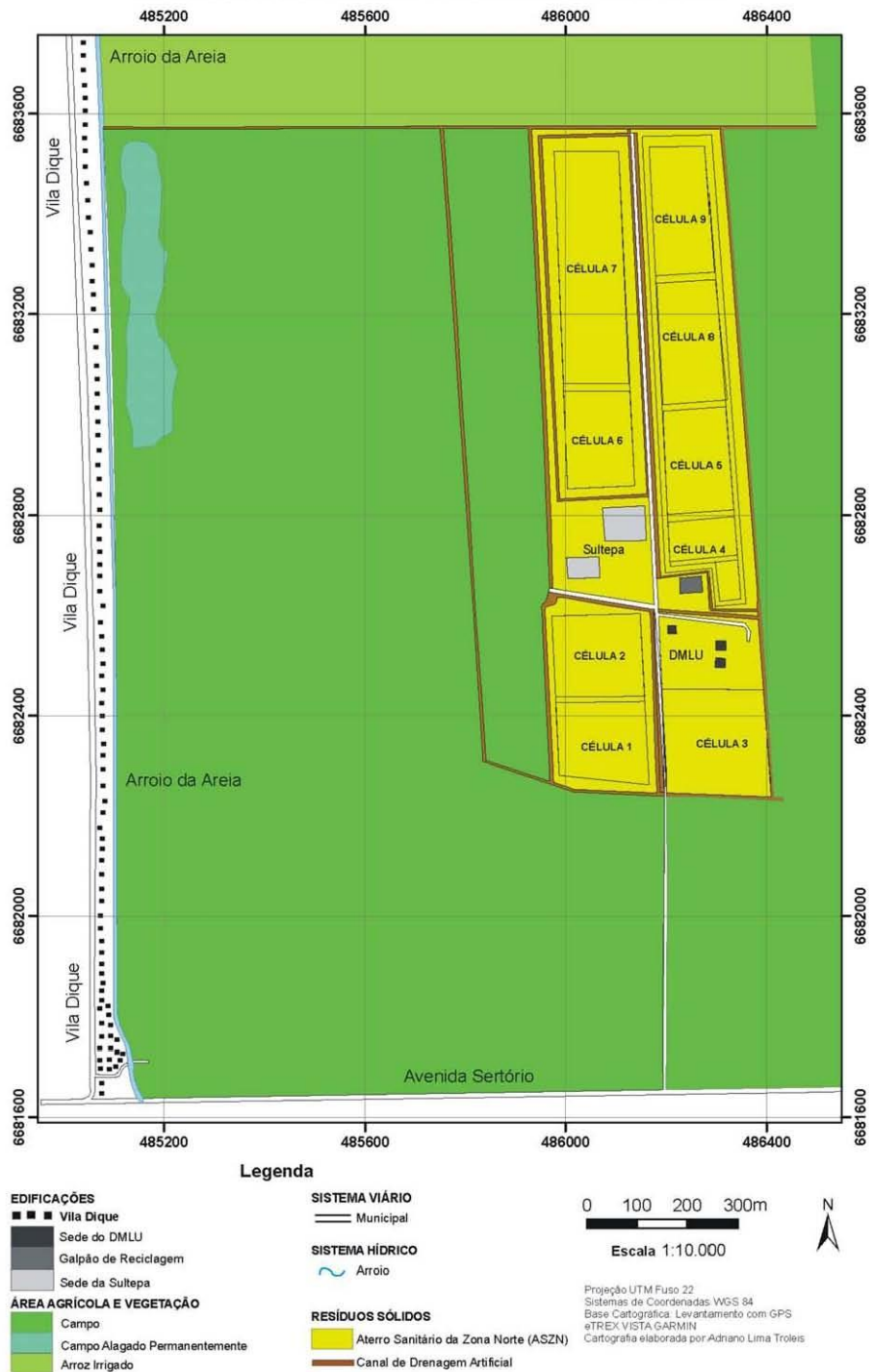


Figura 5 - Projeto de recuperação: a transformação do lixão da zona norte em aterro sanitário.

#### 4.5 A VILA DIQUE

A Vila Santíssima Trindade, mais conhecida como vila Dique, está situada nas margens de um dique, que serve de ligação entre a zona norte e a avenida das Indústrias, que desemboca na BR-290. Por se tratar de uma área de várzea, foi necessário, na década de 1950, a construção de um dique, com a finalidade de impedir o acúmulo e o avanço das águas, após evento chuvoso, na pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Salgado Filho.

Segundo Achutti (1997), uma peculiaridade da população da vila Dique é ser composta, majoritariamente, de migrantes de origem rural, da região das colônias alemãs do estado. São colonos sem-terra, apresentando fortemente essa característica étnica e cultural.

A falta de estrutura das cidades e de recursos de manutenção e acomodação, para tantas famílias, fez com que essas se instalassem em áreas irregulares, vivendo em “barracos”, localizados em áreas próximas ao centro urbano, sem estrutura mínima (FOTO 12).



**Foto 12: Barracos construídos nas margens do arroio da Areia**  
Fonte: TROLEIS, 1998.

Assim, a partir de 1984, quatro famílias se instalaram às margens do dique, tendo construído pequenas unidades sub-habitacionais, na área de várzea. Com o passar dos anos, muitas outras vieram e se acomodaram ao longo do dique.

Com o objetivo de agregar informações, ao presente estudo, foram realizados inúmeros trabalhos de campo, na vila Dique, desde 2000 até 2008. Nessas ocasiões, foram levantados dados, para trabalhos acadêmicos e para a presente tese. Através de conversas realizadas com moradores, líderes comunitários e dirigentes de associações, pode-se caracterizar a ocupação e a evolução da vila Dique, ao longo dos seus 24 anos de existência. Vale destacar que todos os dados, descritos a seguir, foram atualizados nos meses de junho, agosto e setembro de 2008.

Segundo declarações de uma moradora da vila Dique, desde 1985, a falta de condições de moradia e a ausência de uma estrutura mínima, associada ao aumento considerável do número de famílias, que ali se instalavam, levou as moradoras a criarem, no mesmo ano, o Clube de Mães “Margarida Alves”, que tinha o objetivo de amenizar as necessidades básicas da vila.

O clube, ao longo dos anos, obteve muitas conquistas. Entre essas podem ser citadas: a construção de uma creche, um galpão de reciclagem de lixo, distribuição de água e luz, um posto de saúde, uma escola próxima à vila, em uma área regular, uma padaria e a coleta de lixo. Além disso, o clube recebe doações de alimentos, roupas, calçados, cobertores e outros, através de parcerias com diversas entidades privadas, como a Escola Santa Dorotéia.

A creche foi organizada pelas representantes do Clube das Mães e passou a funcionar, em 1987, com o objetivo de possibilitar, às mães moradoras da vila, a condição de deixarem seus filhos, em algum lugar seguro, para poderem trabalhar. Hoje, a creche funciona de segunda a sexta-feira, nos turnos da manhã e tarde, das 7h às 16h e atende a 40 crianças. Desse total, 11 são do berçário, que compreende dos quatro meses aos dois anos, tendo duas educadoras para o atendimento diário; 10 crianças estão no maternal, que corresponde a crianças dos dois anos aos quatro anos e meio, tendo uma educadora no atendimento; e 19 crianças, no jardim, que compreende dos quatro anos e meio aos seis anos (FOTO 13). A partir dessa idade, as crianças já podem ser matriculadas em escola regular, seja no ensino municipal, por exemplo, na Escola Municipal Migrantes, que atende à comunidade, ou nas

Escolas Estaduais Aurélio Reis e Ernesto Tochetto, que se localizam próximas da vila.



**Foto 13: Creche Galpãozinho**

Fonte: TROLEIS, 2005.

A creche ainda possui uma coordenadora; uma cozinheira, que serve quatro refeições por dia para as crianças; uma auxiliar de limpeza, responsável pela higiene; e uma volante, que ajuda em todos os setores. O salário das funcionárias é pago pela prefeitura de Porto Alegre.

Para que as crianças possam participar da creche, as famílias devem comprovar moradia na vila e os pais precisam estar empregados. Cada família contribui com R\$ 60,00 reais mensais, por criança. Esse valor é elevado, segundo as condições precárias socioeconômicas do local, de tal forma que muitas famílias não conseguem assumir o compromisso financeiro. Quanto à demanda, existe uma lista de espera, para cada nível, que, na época da pesquisa em Julho de 2008, era a seguinte: 25 crianças para o berçário, 10 crianças para o maternal e cinco crianças para o jardim.

O galpão de reciclagem foi construído em 1989, através de um acordo dos catadores com o DMLU. Teve sua origem em decorrência da transformação do Lixão da Zona Norte em aterro sanitário, em 1990. Esse processo impediu que as pessoas que viviam da separação do lixo continuassem trabalhando no lixão, em condições precárias. Então, elas foram deslocadas para trabalhar no galpão Santíssima Trindade, fora das condições de risco que existiam no lixão. Segundo relato de uma moradora da vila Dique e integrante do grupo de coleta do antigo Lixão da Zona Norte, desde 1985, quando o caminhão chegava, as pessoas se atiravam embaixo do lixo, na expectativa de coletar algo de valor, primeiro que seus “adversários” - assim eram vistas as outras pessoas que ali catavam o lixo (FOTO 14).



**Foto 14: Competição no lixão da Zona Norte**

Fonte: DMLU, 1985.

Hoje, o galpão Santíssima Trindade recebe de três a quatro cargas de uma tonelada cada, por dia, e conta com 27 pessoas, que moram na vila Dique e ali trabalham, na separação do lixo. Seu funcionamento se dá das 8h30min às 11h30min e, pela tarde, funciona das 13h30min às 17h. O galpão é administrado por um presidente e por uma tesoureira que são moradores da vila, sendo possível ganhar até 80 reais por semana. O plástico, o papel e o vidro são os principais

materiais, vendidos no galpão para a reciclagem. Existe, também, uma lista de espera. Para conseguir uma vaga, os critérios são: morar na vila e estar desempregado.

O fornecimento de água foi outra conquista difícil da comunidade. Para se obter água, até 1990, era necessário deslocar-se com baldes, até as torneiras públicas instaladas pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), no início da vila Dique. Somente a partir dessa data, após muitas solicitações, o mesmo departamento estendeu sua canalização, por mais 1000 m, sobre o dique. Isso possibilitou que os moradores fizessem suas próprias ligações, até suas residências. Até março de 2008, cerca de 20% dos moradores da vila não possuíam água encanada. Esse índice envolve, conseqüentemente, aqueles que passaram a morar ao longo do dique, após o término da instalação da rede de água, pelo DMAE. Para amenizar essa situação, foi colocada uma caixa de água de 20 mil litros, pelo DMAE, no final do dique. Essa caixa era reabastecida uma vez por semana, pelo caminhão-pipa, para evitar que esses moradores bebessem ou utilizassem a água do arroio da Areia (FOTO 15).



**Foto 15: Lixo acumulado pelos moradores da vila Dique, no entorno da caixa d'água**  
Fonte: TROLEIS, 2002.



Segundo informação da líder comunitária da vila, em abril de 2008, foi estendida a rede de abastecimento novamente, possibilitando água tratada para todos os moradores da vila.

A energia elétrica, até outubro de 1990, na vila Dique, era gerada através de carga de bateria, pois não havia iluminação pública. Somente após essa data, a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE) realizou a instalação de postes de luz, para a iluminação do dique, e possibilitou a distribuição de energia aos moradores para suas residências. É importante salientar que as ligações clandestinas, os chamados “gatos”, são frequentes, na vila Dique, e que grande parte das residências não possuem relógio de marcação de consumo. Segundo a líder comunitária, em virtude das instalações irregulares é muito comum acontecerem incêndios, sendo que o último ocorreu em agosto de 2008, queimando sete casas. Diante desses incidentes, é feita uma mobilização pela prefeitura, organizada pelo Centro Administrativo da Região Nordeste (CAR), responsável por atender à vila Dique. Dessa forma, através da sua coordenadora e do DEMHAB, são realizadas doações de compensado, para a construção de novas moradias, em caráter de emergência. Igualmente, são feitas doações de alimentos, roupas e móveis usados.

O posto de saúde, administrado pelo grupo Hospitalar Conceição, começou a funcionar em 1992, com o objetivo de prestar o atendimento de emergência aos moradores da Vila Dique. Hoje dispõe dos seguintes profissionais, no período da manhã e tarde, de segunda a sexta-feira: quatro médicos clínicos gerais, para o atendimento comunitário, quatro residentes de Medicina, um dentista, dois residentes de Odontologia, dois enfermeiros, três técnicos e dois auxiliares de Enfermagem, cinco agentes de saúde, um assistente social, um estagiário de Serviço Social, uma psicóloga, dois estagiários de Psicologia, um segurança e dois auxiliares-administrativos.

De acordo com um dos agentes de saúde, o posto promove cursos de prevenção de grande importância social, para a comunidade, como: saúde bucal, para gestantes, coisas da mulher, antitabagismo, educação e saúde, como evitar a asma e de criatividade infantil.

De acordo com o relato da assistente social, são atendidas, em média, 50 pessoas por dia. Com base no cadastro do posto de saúde da vila, os principais problemas de saúde são relacionados com doenças de pele, como a sarna, alergias

de diferentes tipos, bicho de pé, hipertensão, diabetes e outras. Em crianças, ocorrem muitos casos de verminoses, doenças respiratórias, sendo a principal a asma, desnutrição, anemia, além de serem verificados atendimentos de emergência, nos casos de briga entre vizinhos ou familiares.

A escola foi outra conquista do Clube das Mães, efetivada através do Orçamento Participativo do município. Inaugurada em 1992, com o nome de Escola Municipal de 1º Grau Migrantes, passou a atender às necessidades das crianças em idade escolar, que, até então, não haviam frequentado um ambiente educacional regular, além de outras crianças das regiões mais próximas.

Outra benfeitoria, criada em 1992, pela comunidade, foi uma padaria. O objetivo dessa implantação foi o de retirar das ruas os jovens da vila, dando-lhes a possibilidade de aprenderem uma profissão, pois a atividade proporciona vários cursos, como o de padeiro e o de confeitiro. Hoje existem aproximadamente 15 adolescentes, participando dos cursos que têm duração anual com certificação. Os cursos funcionam três vezes por semana, no período da manhã, e contam com uma educadora e uma confeitira. Os critérios, para conseguir uma vaga, são: ter entre 13 e 16 anos e morar na vila Dique.

Outra benfeitoria obtida foi a passagem do caminhão do lixo, três vezes por semana, na vila, para recolher os resíduos orgânicos, evitando, assim, que os mesmos fossem jogados no arroio, ou ficassem ali depositados, tornando-se foco de doenças. Infelizmente a realidade da vila, quanto ao lixo acumulado no chão ou jogado no arroio, é bastante difícil, pois não existe uma postura adequada, de muitos moradores, quanto as consequências desses atos (FOTO 16).



**Foto 16: Lixo acumulado às margens do arroio da Areia**

Fonte: TROLEIS, 2000.

O depoimento de uma moradora, apresentado a seguir, mostra a possibilidade de aumento de renda, com a separação do lixo: “separar o lixo seco do orgânico, para vender, é regra por aqui”. Isso possibilita, dessa forma, mais uma fonte de renda para a família, pois os moradores da vila vivem, basicamente, do trabalho informal, sem um salário fixo, ocupando-se como papeleiros, domésticas, biscateiros e muitos estão desempregados.

Por fim, em conversa com a líder comunitária da Associação dos Moradores da Vila Dique, foi relatado que os maiores problemas enfrentados, pela população do local, é a falta de saneamento básico, a sujeira dos córregos e o lixo acumulado e as inúmeras inundações que ocorrem na vila, após evento chuvoso, trazendo lama, lixo, mau cheiro e muitos animais mortos para dentro das casas.

Como líder comunitária, além de ajudar muitas pessoas, também fundou na vila, em 2004, um núcleo do Programa Fome Zero, que recebe doações de alimentos da Rede Sonae, paga pelo governo federal. Ela se orgulha, dizendo que, até setembro de 2008, foi reduzido o risco nutricional em crianças da vila, de 112 casos, em 2004, para 68 casos, em 2008. Também são organizados Shows da Solidariedade para arrecadação de alimentos, sendo o último realizado em 26 de junho de 2008, tendo como entrada, um quilo de alimento não perecível.

A líder comunitária fez questão de enfatizar que, quando uma família está em situação crítica, seja de doença ou risco nutricional, ela entra em contato com o posto de saúde, o clube de mães e outros colaboradores. Então, são mobilizados profissionais para dar o atendimento necessário, sendo feito um acompanhamento a essas famílias, por um período de três a quatro meses, até que tudo seja resolvido.

Quando o assunto foi a retirada da vila e seu reassentamento, a líder comunitária disse que as tratativas entre os moradores do local e o poder público municipal e o federal estavam sendo bem encaminhadas, através de reuniões. Ela mostrou ter clareza, sobre o assunto, quando disse:

O reassentamento só irá ocorrer pelo interesse do governo federal em função do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), onde vários aeroportos do Brasil receberão verbas, entre eles, o Aeroporto Internacional Salgado Filho, para reforma, modernização e aumento da capacidade de transporte de pessoas e cargas [...] como a principal obra a ser realizada, no Salgado Filho, é a ampliação da pista de pouso e decolagem, e a vila Dique está construída no caminho dessa obra, a solução encontrada foi realizar o processo de reassentamento da mesma.

Segundo ela, o local onde serão reassentados é uma área que foi comprada pela prefeitura e está em fase final de infraestrutura (saneamento, pavimentação, instalação da rede de água, energia elétrica pública e etc), próxima ao Porto Seco, na zona norte de Porto Alegre.

Segundo informações do DEMHAB de abril de 2009<sup>10</sup>, a responsável pela infraestrutura de toda a área é a empresa CONTERRA LTDA.

Segundo informações dos arquitetos do DEMHAB, o processo de licitação para a construção das novas moradias, ocorreu em dezembro de 2008, sendo

---

<sup>10</sup> Dados obtidos através de entrevista com a socióloga Denise de Menezes, coordenadora da Unidade de Pesquisa Socioeconômica do DEMHAB, em Porto Alegre, no dia 08/04/2009.

vencedora a Empresa DAN HERBERT. A próxima fase, que iniciou em janeiro de 2009, é a de construção das 1.476 unidades habitacionais. Estas unidades terão 40m<sup>2</sup> e serão compostas de quarto, banheiro, sala de estar e cozinha, mais 15m<sup>2</sup> de área social (pátio). Também serão construídas 177 unidades comerciais, com 16m<sup>2</sup>. Para que a construção seja concluída, o cronograma prevê 18 meses, o que deve ocorrer em julho de 2010.

#### **4.5.1 Levantamento socioeconômico da Vila Dique**

Este subcapítulo objetiva definir o perfil socioeconômico dos moradores da vila Dique e sua dinâmica populacional local, através de entrevistas realizadas na vila Dique, do levantamento fotográfico e de uma ampla revisão bibliográfica a respeito do tema. Portanto, partiu-se de um levantamento socioeconômico realizado pelo DEMHAB, através da Superintendência de Ação Social e Cooperativismo e da Coordenação Técnica Social, na Vila Dique “Santíssima Trindade”, no período compreendido entre o dia 12 de dezembro de 2005 e 20 de Janeiro de 2006.

É importante destacar que esse levantamento somente ocorreu devido aos interesses do governo federal, estadual e municipal, no sentido de ampliarem a pista de pouso e decolagem do Aeroporto Salgado Filho e da necessidade de reassentar a vila que está no caminho dessa obra.

Segundo dados fornecidos pelo DEMHAB, na primeira etapa desse levantamento, foi realizada a identificação física das construções existentes, através da numeração seqüencial de todas as moradias, com a pintura dos números, nas construções, o registro visual com o cadastro fotográfico e a elaboração de um croqui de localização das unidades habitacionais, pelos arquitetos do órgão. Na segunda etapa, foram feitas todas as entrevistas, que deram suporte ao levantamento socioeconômico, e o cadastramento da população residente na mesma.

A equipe de trabalho, coordenada por uma socióloga, foi constituída, também, por funcionários da Unidade de Pesquisa Socioeconômica e da Unidade de Serviço Social, de agentes comunitários, além dos funcionários da Secretaria Especial de

Habitação e Desenvolvimento Urbano do Governo do Estado do Rio Grande do Sul (SEHADUR).

Segundo a classificação, por zoneamento, do município de Porto Alegre, a vila Dique localiza-se na região Noroeste do Orçamento Participativo, no Bairro São João.

O projeto de reassentamento foi aprovado, pelo Governo Federal, através do Ministério das Cidades, e conta com o financiamento de 70% de recursos da União e 30% do município de Porto Alegre, para o custeio da infraestrutura e construção das unidades habitacionais. A vila será relocada para a rua Bernardino Silveira Amorim, no Bairro Santa Fé, próximo ao porto seco, da cidade de Porto Alegre. É importante destacar que o terreno e a infraestrutura referente ao saneamento básico, instalação de rede elétrica, rede de abastecimento de água e construção do sistema viário já foram construídos. Segundo informação do DEMHAB, no segundo semestre de 2008, foi realizado um processo de licitação pública para a construção das unidades habitacionais.

Durante todo o processo de cadastramento, o DEMHAB contou com a coordenação do Centro Administrativo Regional Noroeste (CAR) e com as duas lideranças comunitárias, representadas pela associação dos moradores da Vila Dique.

Segundo informações da Coordenação Técnica e Social e da Unidade de Pesquisa Socioeconômica, foram entrevistadas famílias moradoras de 977 domicílios, sendo que 116 domicílios foram considerados com famílias ausentes. Isso ocorre quando a equipe retorna três vezes, no domicílio, e não encontra a família. Em função disso, essas famílias são convocadas para plantões de cadastramento, a serem realizados na própria vila.

Além dos domicílios, foram encontradas, na vila, 177 instalações, utilizadas para atividades comerciais, como armazéns, minimercados, serralherias, oficinas mecânicas, padarias, bares, nove igrejas evangélicas, dois centros umbandistas, duas associações de moradores e 42 galpões particulares de triagem de resíduos sólidos. Durante o processo de cadastramento, a equipe do DEMHAB observou também a existência de moradias, com padrão construtivo muito acima do verificado nas habitações inseridas no Programa de Reassentamento, da prefeitura.

A análise dos dados das entrevistas, realizadas na vila Dique, revelou 1.100 famílias e uma população de 4.013 pessoas, que vivem em um grau elevado de

miserabilidade, já que a maioria não possui renda para garantir o seu sustento básico. É importante destacar que a prefeitura de Porto Alegre nessa parceria com o governo federal irá reassentar também nesse mesmo local, 376 famílias da vila Nazaré que localiza-se próximo a vila Dique e apresenta péssimas condições de habitação (FOTO 17).



**Foto 17: Uma das palafitas construídas às margens do dique na área de inundação**  
Fonte: TROLEIS, 2002.

O levantamento, realizado pelo DEMHAB, constatou que a vila Dique apresenta uma ocupação bem consolidada e que, apesar da rotatividade, inerente às ocupações irregulares, tem características de permanência da população. Os dados revelaram que 69% das famílias habitam a vila há mais de dez anos. Segundo a equipe de coordenação técnica social, no entanto, há uma grande rotatividade interna; as famílias, em consequência das péssimas condições de moradia, deslocam-se à procura de locais menos insalubres. Constatou-se esse fato, a partir do tempo médio de moradia no domicílio, que é de oito anos e meio. Inferese, a partir dos dados analisados, que o incremento populacional é interno à comunidade, oriundo, principalmente, do aumento natural da população.

Segundo dados da pesquisa, as condições de habitabilidade são muito ruins. Existe um grande adensamento, no uso do solo, e 44% das construções apresenta estado de conservação péssimo, pois possuem problemas de construção, caracterizando elevado risco, tendo sido registrados, também, acessos precários às moradias e condições insalubres de habitação.

Quanto à estrutura etária da população, pode-se afirmar que é bastante jovem, onde 69,7% do total populacional possui até 30 anos. A população em idade escolar 0 a 14 anos é constituída por 1.574 indivíduos, dos quais 750 possuem até seis anos e 824, entre sete e 14 anos de idade. A tabela 5 mostra a distribuição da população, por faixa etária.

**Tabela 5 - Distribuição da população, por faixa etária, na vila Dique**

<b>FAIXA ETÁRIA</b>	<b>NÚMERO DE INDIVÍDUOS</b>	<b>PERCENTUAL</b>
0 a 6 anos	750	18,69
7 a 14 anos	824	20,53
15 a 18 anos	291	7,25
19 a 22 anos	353	8,80
23 a 30 anos	579	14,43
31 a 40 anos	469	11,67
41 a 50 anos	362	9,03
51 a 60 anos	244	6,10
61 a 64 anos	40	0,98
65 anos e mais	101	2,53
<b>TOTAL</b>	<b>4.013</b>	<b>100</b>

Fonte: Unidade de Pesquisa Socioeconômica. (DEM HAB, 2008).

Ao analisar os dados da Tabela 5, e os relatos realizados pelos técnicos da Unidade de Pesquisa Socioeconômica, é possível concluir que:

- a base da faixa etária, que varia de zero a 18 anos, compreende 46,47% do total da população da vila, o que caracteriza um percentual



muito elevado e diferenciado da média brasileira, que é de 32,45%, segundo dados de 2007, do IBGE;

- a faixa etária entre 19 e 60 anos, que caracteriza a população ativa, apresenta 2.007 indivíduos, sendo que, destes, 633 encontram-se desempregados e, portanto, não possuem renda;
- o percentual de indivíduos acima de 65 anos é de 2,53%, bem inferior à média nacional que, segundo dados do IBGE (2007), era de 9,80%. Isso retrata um retorno dessas pessoas para suas antigas cidades.

A pesquisa revelou, também, que as crianças entre zero e seis anos possuem um baixíssimo percentual de atendimento, em estabelecimentos de educação infantil. Isso se verifica, apesar de existir, na vila, uma creche mantida com recursos da prefeitura, onde apenas 12,4% das crianças, nessa idade, são atendidas. Em oposição, da população entre sete e 14 anos, 74,5% são atendidos pela rede de Ensino Fundamental. Esse dado torna-se preocupante, pois as crianças não atendidas, nos dois segmentos, ficam sem participar das atividades básicas de ensino que todo cidadão deve ter, quando vive em um grupo social. Desse modo, permanecem excluídas, tendo, com isso, pequenas perspectivas de desenvolvimento social, intelectual e econômico. Essa parcela, conseqüentemente, terá grande dificuldade de se inserir e de conviver, com qualidade, na atual sociedade em que vive. Importante destacar que a população em idade escolar estuda, principalmente, nas Escolas Estaduais Aurélio Reis, Ernesto Tocchetto e na Escola Municipal de Ensino Fundamental Migrantes, localizadas próximas à vila.

Outro dado preocupante, revelado na pesquisa socioeconômica, foi o baixo grau de escolaridade da população acima de 14 anos. Esse grupo possui, em média, até seis anos de escolarização, o que define uma situação ocupacional e de renda da população que ali vive.

A pesquisa revelou que as atividades desenvolvidas pela população, em idade ativa, não exigem qualificação, gerando, conseqüentemente, rendimentos baixos. Em muitos casos, a renda familiar é oriunda, exclusivamente, de recursos assistenciais recebidos do governo municipal, estadual e ou federal.

Cabe destacar que a situação dos moradores da vila Dique piora à medida que 31,51% destes declararam estar em situação de desemprego ou não trabalho. Segundo o DEMHAB, considera-se desempregado o indivíduo que está há, no

máximo, quatro meses sem trabalho e continua tentando a reinserção no mercado. Já o não trabalho é configurado pelo indivíduo que, há mais de quatro meses, não desenvolve atividades e ou que cessou a procura, por colocação da mão-de-obra.

Outro dado importante, a respeito desse levantamento socioeconômico, foi a quantificação de famílias e a sua distribuição de rendimentos familiares. A Tabela 6 mostra a distribuição dos rendimentos, por família, em relação às pessoas que possuem uma ocupação que gere renda, ou seja, que estão em situação de trabalho.

**Tabela 6 - Distribuição dos rendimentos familiares dos moradores da vila Dique.**

<b>RENDA (SALÁRIOS-MÍNIMOS)</b>	<b>NÚMERO DE FAMÍLIAS</b>	<b>PERCENTUAL</b>
0 a 0,5	66	6,01
0,6 a 1,0	117	10,69
1,1 a 2,0	519	47,22
2,1 a 3,0	245	22,27
3,1 a 4,0	98	8,91
4,1 a 5,0	23	2,00
5,1 a 6,0	10	0,89
6,1 a 7,0	15	1,34
7,1 a mais	7	0,67
<b>TOTAL</b>	<b>1100</b>	<b>100</b>

Fonte: Unidade de Pesquisa Socioeconômica. (DEM HAB, 2008).

Em geral, ficou constatado que muitos dos indivíduos exercem funções que não exigem mão-de-obra qualificada; portanto, apresentaram rendimentos muito baixos; 63,92% das famílias sobrevivem com menos de dois salários-mínimos mensais. Na faixa de dois a cinco salários-mínimos, vivem 33,18% das famílias e, com renda acima de cinco salários-mínimos, vivem apenas trinta e duas famílias, o que representa apenas 2,80% da população que trabalha na vila Dique.

Esse contraste social e econômico revela uma desigualdade de distribuição de renda e de qualidade de vida da população, que vive na cidade, em geral e em

especial nas áreas de periferia. Vinculados a essa problemática, surgem os elevados índices de criminalidade, mortalidade infantil, analfabetismo, subnutrição, prostituição, venda de drogas, entre outros problemas.

Segundo declaração da coordenadora da Unidade de Pesquisa Socioeconômica do DEMHAB, na vila Dique ainda se encontra um elevado número de pessoas, que trabalham, direta ou indiretamente, com a coleta e triagem dos resíduos sólidos, como carpinteiro, catador, carroceiro, emprego doméstico e outros, se comparados os números com outras vilas.

Os indivíduos que desenvolvem atividade como carroceiros atuam de forma interligada à coleta seletiva e triagem de resíduos, transportando os materiais coletados. Do total desse grupo analisado, 204 indivíduos trabalham ligados a essa atividade, representando, aproximadamente, 128 famílias vinculadas aos galpões de triagem. É importante salientar que esses indivíduos atuam, também, em galpões particulares existentes na comunidade e na Associação de Triadores Santíssima Trindade, localizada na vila Dique. Com relação à atividade de coleta e triagem, encontrou-se, nestas comunidades, um expressivo número de famílias com veículos de tração animal, onde foram identificadas 106 carroças na vila.

Em relação à assistência médica, a comunidade possui fácil acesso ao Posto de Saúde Santíssima Trindade, em funcionamento na vila Dique, que é vinculado ao Grupo Hospitalar Conceição. No levantamento realizado, foram identificadas 47 pessoas portadoras de deficiência física, das quais vinte e duas possuem limitação de locomoção, como paraplegia e tetraplegia.

De uma forma geral, estabelecendo uma relação entre os dados do levantamento socioeconômico da vila Dique e as condições ideais de sobrevivência humana, conclui-se que os moradores da vila Dique vivem em situação de elevada pobreza, distantes de condições sanitárias adequadas e excluídos do convívio social integrado. Infelizmente, esse quadro tem se agravado, nas últimas décadas, e a tendência, nas próximas décadas, é de piorar, se as políticas públicas e as gestões públicas não forem eficazes.

#### 4.5.2 Análise do uso e ocupação da terra

A análise do uso e ocupação da terra objetiva avaliar as transformações ocorridas, nas últimas décadas, em decorrência do processo de urbanização, na área de estudo.

Além de todo levantamento do referencial teórico, foi necessário realizar observações de campo; coletas de dados com os moradores da vila, referentes à ocupação da mesma e levantamento de informações no DEMHAB, além do contato com os técnicos e engenheiros do DMLU, que monitoram o aterro desde sua origem até os dias de hoje.

Importante destacar que as mudanças e problemas ambientais, no contexto urbano, são resultados da forma de apropriação da natureza, pela sociedade, através do tipo de uso e ocupação da terra. Segundo Fujimoto (2001, p. 57) “[...] os registros históricos, que revelam a evolução da cobertura vegetal e uso da terra, são expressões das relações socioeconômicas do território e suas alterações, podendo indicar um retrato das condições e sua qualidade ambiental”.

Com o objetivo de identificar as irregularidades no parcelamento do uso da terra, através da ocupação, foi necessário recorrer ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre (2000), que, no seu capítulo III, artigos 134, 135 e 136, trata do Parcelamento do Uso do Solo, definindo os chamados padrões urbanísticos, como o tamanho mínimo dos lotes, das praças e da largura das ruas. Esses padrões são variáveis, e, em alguns casos, é exigida uma avaliação do impacto urbano e ambiental.

No caso em questão, como a área onde está inserida a vila Dique é invadida, o tamanho dos “lotes” é bastante diferenciado, pois não foram definidos padrões de ocupação em nenhum momento, durante a construção das unidades. Outro item que se encontra em desacordo, com o PDDUA, é o traçado das ruas e sua largura, que não respeitam os padrões urbanísticos da cidade; portanto, o impacto dos padrões de ocupação na vila é elevado.

Segundo dados da pesquisa, realizada através da Superintendência de Ação Social e Cooperativismo, pela equipe da Unidade de Pesquisa Socioeconômica do DEMHAB, no ano de 2006, 50,44% dos domicílios da vila Dique são construídos de madeira; em 26,11% foram utilizados materiais de alvenaria e madeira, na

construção; 18,58% são basicamente de alvenaria; e apenas 4,87% são construídos de sobras de diversos materiais. As condições de habitabilidade são muito ruins, uma vez que 44% das construções apresentam estado de conservação entre o precário e péssimo estado. (DEMHAB, 2006)

Segundo classificação do DEMHAB, convencionou-se o estado de conservação dos domicílios da seguinte forma:

- Bom - edificação que não necessita de reparos e apresenta boas condições de conforto e moradia;
- Regular - edificação que, visualmente, necessita de alguns reparos, embora tenha boas condições de conforto e moradia;
- Precário - edificação que necessita de muitos reparos e que possui pouquíssimas condições de conforto e moradia;
- Péssimo - edificações que apresentam problemas em sua estrutura e que não possuem condição alguma de conforto e moradia, estando localizadas em áreas de risco ou que apresentam risco para seus moradores.

Além desse fator, a Unidade de Pesquisa destaca que existe um grande adensamento na ocupação da terra, configurando acessos precários às moradias e condições insalubres de habitação.

A vila Dique apresenta, no que diz respeito à ocupação, inúmeras irregularidades, que contrariam o planejamento urbanístico, como prevê o plano diretor, tendo destaque para:

- a pesquisa realizada pelo DEMHAB, revelou que o acesso às redes de água e energia elétrica é feito, quase exclusivamente, através de ligações clandestinas;
- a rede de esgoto é inexistente; portanto, os dejetos orgânicos são todos lançados no arroio da Areia, causando sua poluição;
- a pesquisa revelou que foram encontrados 93 domicílios sem acesso à água potável;

- as unidades encontram-se localizadas em uma área de risco, que sofre frequentes inundações; portanto suas condições são impróprias para moradia.

Já a área onde se situa o ASZN apresenta inúmeras irregularidades, no que diz respeito ao uso da terra. Essas contrariam as legislações ambientais atuais, tanto no que se refere aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, quanto à deposição e ao gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares. Cabe destacar que:

- a área onde se encontra o aterro é de várzea, sofre inundações sazonais; portanto, torna-se inadequada para a deposição de resíduos de qualquer origem;
- não houve impermeabilização da base do aterro, gerando, com isso, a poluição do solo e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; e
- há um extravasamento das lixívias geradas no aterro e que parte delas infiltram e outra é drenada por canais construídos pelo DMLU e escoam para o arroio da Areia e Rio Gravataí.

Sendo assim, cabe destacar, nessa análise, o artigo 136 (PORTO ALEGRE, 2000, p. 155), que veta o parcelamento do uso do solo para fins urbanos:

- I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomada as providências para assegurar o escoamento das águas ou a proteção contra as cheias e inundações;
- II – em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde, sem que sejam previamente saneados;
- III – em terrenos ou parcelas de terrenos com declividade igual ou superior a 30%;
- IV – em terrenos onde as condições geológicas e hidrológicas não aconselham as construções;
- V - em terrenos situados fora do alcance dos equipamentos urbanos, nomeadamente das redes públicas de abastecimento de água potável e de energia elétrica;
- VI – em Áreas de Proteção do Ambiente Natural, após detalhamento que resulte em preservação permanente;
- VII – em áreas onde a poluição ambiental impeça condições sanitárias;

VIII – em imóveis dos quais resultem terrenos escavados ou lotes em desacordo com padrões estabelecidos em lei;

IX – em imóveis que não possuam frente para logradouros públicos oficiais;

X – em áreas de contenção ao crescimento urbano.

Importante destacar que os equipamentos públicos urbanos são os equipamentos que compõem as redes de abastecimento de água, os serviços de esgoto cloacal e pluvial, de energia elétrica, comunicação iluminação pública e gás. Os equipamentos públicos comunitários são os de lazer, cultura, educação, saúde e segurança.

Estabelecendo uma comparação entre as determinações do artigo 136 e a área de estudo, chega-se à conclusão de que ela não atende a nenhum dos itens necessários para construção de habitações e deposição de resíduos sólidos; portanto, seu processo de uso e ocupação da terra não cumpre com as determinações legais, previstas no planejamento urbanístico da cidade.

Dessa forma, cabe ao poder público municipal buscar meios, através de políticas públicas, que possam adequar a área de estudo ao planejamento urbanístico da cidade. Para isso, será necessário realizar a retirada da população que vive na vila Dique, promovendo um reassentamento em outra área adequada, já que a área em questão é classificada como de risco elevado, devido as suas características, já referidas. Já em relação ao aterro sanitário, é necessário que o DMLU continue monitorando suas lixívia, até que o mesmo possa estabilizar completamente a matéria orgânica ali depositada. A figura 6, da presente Tese, retrata o Mapa de uso e ocupação da terra da área de estudo.

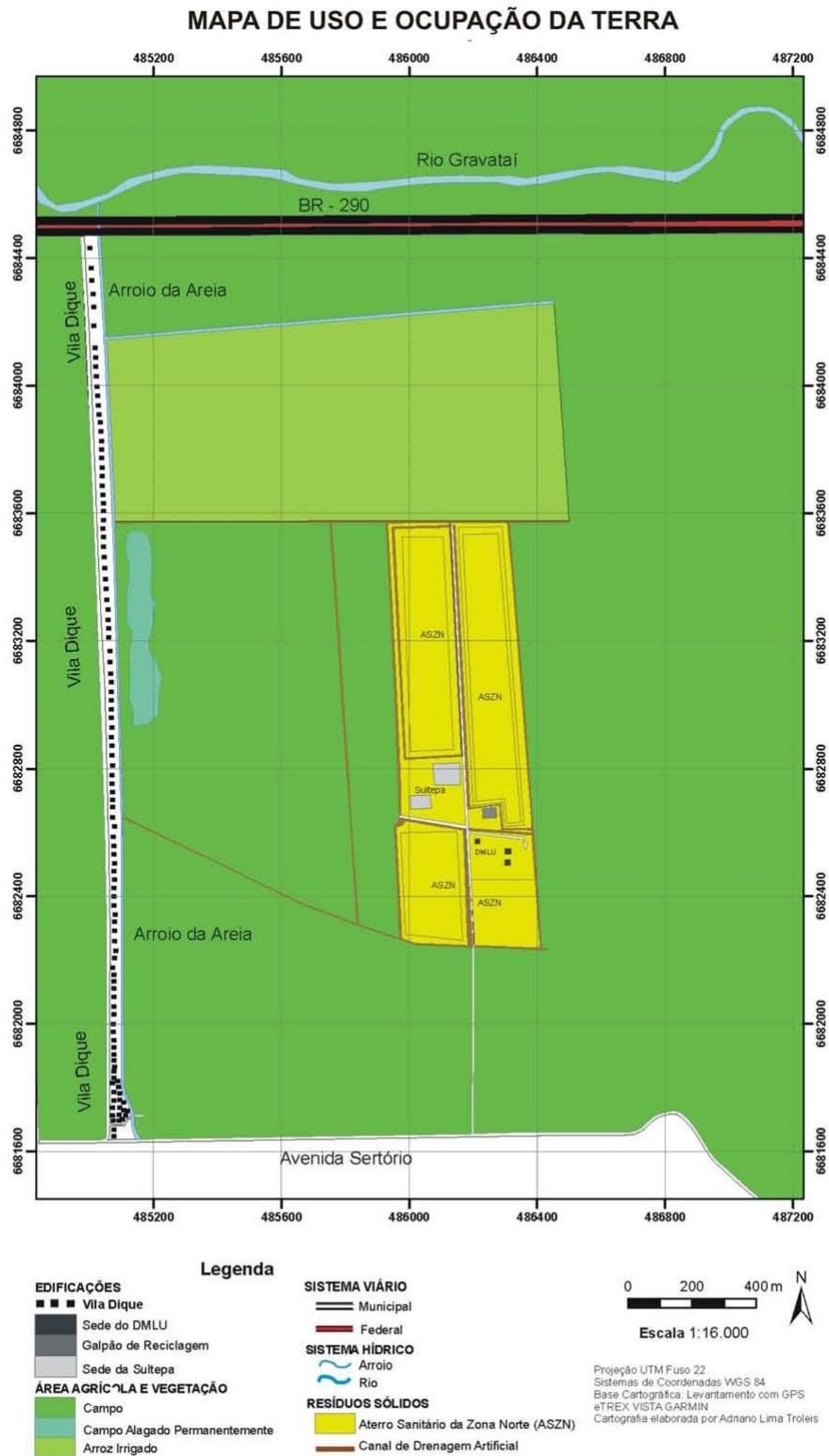


Figura 6 - Mapa de uso e ocupação da terra.



## 5 A DEGRADAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS

### 5.1 ASPECTOS HISTÓRICOS

O conhecimento que se tem hoje sobre a degradação das águas superficiais e subterrâneas decorre de um longo processo de uso desses recursos hídricos, por parte da humanidade. Túneis e poços construídos para captação de água, na Pérsia e no Egito, por volta de 800 a.C., comprovam que as águas subterrâneas eram aproveitadas pelo homem, já na Idade Antiga (TOLMAN, 1992).

Segundo Walton (1970, p. 3), “Homero, Tales e Platão, antigos filósofos gregos, admitiram a hipótese de que as nascentes eram formadas por água do mar, conduzida através de canais subterrâneos para baixo das montanhas, de onde ascendiam até a superfície, depois de purificadas. Anaxágoras (500-428 a.C.) reconheceu a importância da chuva, como fonte de água para os rios, e, mesmo, para o armazenamento da água subterrânea. Já Aristóteles (384-322 a.C) reconheceu o caráter cíclico do caminho da água entre a terra e o ar, a evaporação, a condensação e a sua importância, na formação dos rios e nascentes”.

Segundo João Manoel Filho (1997, p.3), a partir daí, foram dados três passos, na busca de compreender a dinâmica das águas: o primeiro “[...] se deu através da medição da precipitação pluviométrica e o volume de água do escoamento superficial correspondente, sobre a bacia do rio Sena, em uma área de 122 km<sup>2</sup>”. Isto ocorreu durante um período de três anos, tendo sido realizado pelo francês Pierre Penault (1608-1680), que chegou à conclusão de que as chuvas contribuem para a manutenção do fluxo da água dos rios, assim como a infiltração alimenta os corpos subterrâneos. O segundo passo importante foi dado na mesma época “[...] a comprovação da teoria da infiltração, pelo físico francês Edmé Mariotté (1620-1684), na mesma bacia do rio Sena em Paris”.

Depois disso, foi marcante, também, como terceiro passo, a contribuição do astrônomo inglês Edmond Halley (1656 – 1742), que demonstrou, em 1693, “[...] a partir de medições sistemáticas, que a evaporação da água do mar era suficiente para responder por todas as nascentes e fluxos de curso de água, observados nos continentes”.

Durante o século XVIII, foram estabelecidos os fundamentos geológicos, para a compreensão da ocorrência e do movimento das águas subterrâneas. Vallesiére, em 1715, destacou a importância de uma camada impermeável, como estrato confinante de um sistema de água sob pressão.

Segundo João Manoel Filho (1997), já em 1791, La Métherie comprovou que uma parte da chuva e da neve escoava diretamente em uma segunda camada, umedecendo os solos e, a partir daí, evapora, alimenta as plantas e ou infiltra para os reservatórios subterrâneos.

No mundo globalizado de hoje, o estudo das águas assume uma importância cada dia maior, como instrumento capaz de promover soluções para os problemas de suprimento hídrico e de controle de poluição, intrínsecos às atividades humanas.

Segundo estimativas da Unesco (1992), no período compreendido entre 1970 e 1995, foram perfurados, no mundo, cerca de 300 milhões de poços. Essas obras fornecem água subterrânea para o abastecimento de mais de 50% da população do planeta e para a irrigação de, aproximadamente, 90 milhões de hectares. Somente os EUA perfuram, em média, 400 mil poços por ano, com os quais garantem a irrigação de 13 milhões de hectares e o suprimento hídrico de 39% dos serviços municipais de água e 75% da população rural.

Na cidade do México, os recursos hídricos superficiais estão bastante degradados e uma população da ordem de 16 milhões de habitantes tem suas necessidades hídricas atendidas por poços, com uma descarga total de 50m<sup>3</sup>/s ou cerca de 1,5 bilhões de m<sup>3</sup>/ano.

Na comunidade Européia, segundo a *Organization for Economic Corporation and Development*, (OECD, 1989), 75% dos sistemas públicos de abastecimento de água utilizam água subterrânea, sendo que, em alguns países, como Dinamarca, Suécia, Bulgária, Alemanha e Áustria, esse percentual chega a superar os 90%.

A gênese da hidrologia no Brasil, por razões culturais, econômicas e técnicas, privilegiou o aproveitamento das águas de superfície, em detrimento das águas subterrâneas. Os primeiros aproveitamentos das águas foram destinados à geração de hidroeletricidade, evoluindo, na atualidade, para usos múltiplos.

Segundo Feitosa (1983), o aproveitamento criterioso das águas, e, em particular, das águas subterrâneas, como fator essencial para o desenvolvimento, enfrenta, pelo menos, três desafios, no tocante à necessidade de conhecimento. O primeiro, no campo hidrogeológico da exploração; o segundo, nos domínios da

proteção e da conservação, em função da crescente contaminação das águas subterrâneas, pelo mau gerenciamento desse recurso pelo homem; e o terceiro desafio está associado com a necessidade de conhecimentos para bem planejar e administrar, tanto os diversos usos, quanto a proteção da água subterrânea.

No Brasil, o desenvolvimento da Hidrogeologia teve início na década de 1960, na região Nordeste, através da atuação da extinta Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Trata-se, portanto, de uma prática recente, ficando basicamente atrelada à perfuração de poços, em programas chamados de emergenciais, de combate as secas e sem uma preocupação com estudos e avaliação dos recursos disponíveis e de um planejamento de uma política permanente, de administração e uso da água.

Percorrendo a história da água, na nossa terra, tanto no plano institucional como legal, pode-se dizer que houve significativos avanços, para a hidrologia de superfície, desde a elaboração do Código das Águas, em 10 de Julho de 1934. Esses avanços passaram pela sua regulamentação, e pelo disciplinamento do seu uso para fins de outorga, com objetivo de dispor de instrumentos jurídicos e legais, que permita estabelecer um aproveitamento racional desse valioso recurso.

Segundo dados do IBGE (2007), 67% da população brasileira eram abastecidos com água subterrânea, sendo, destes, 46% através de poços tubulares; 12%, de fontes ou nascentes; e 9%, poços escavados.

## **5.2 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS**

O estudo das águas superficiais e subterrâneas torna-se cada vez mais necessário, à medida que o homem necessita desse recurso para sobreviver e se desenvolver. Nas últimas décadas, as águas superficiais têm sido gradativamente mais afetadas, em decorrência do modelo de desenvolvimento adotado por muitos países - como os Estados Unidos, China e Brasil - e da crescente necessidade de utilizar esse recurso, na agricultura e na indústria. Como consequência desse processo, as águas subterrâneas também registram índices crescentes de poluição, ainda que em menor escala.

A disponibilidade de água doce, para consumo humano, sempre ocupou um lugar privilegiado, entre as prioridades a serem consideradas pelas sociedades antigas, para a sua fixação, em determinados lugares (SILVA, 1998).

Segundo Pontes (2003), as primeiras aglomerações humanas, que se tem registro histórico, assentaram-se e desenvolveram-se próximas a mananciais superficiais de água. Para as sociedades antigas, a água tinha lugar destacado, na economia de sobrevivência, além de exercer papel determinante, na dinâmica da vida humana e no desenvolvimento técnico e material, como elemento aglutinador e organizador da vida social.

Segundo Lima (2002), o fato de a água doce superficial não estar ao alcance de todos e de ser cada vez mais escassa, nas áreas urbanas, por fatores geográficos e econômicos, tem sido agravado, em decorrência do crescimento da densidade populacional, nas grandes cidades. Esse crescimento aumenta a demanda por água e impulsiona o seu uso, em diversas atividades industriais e agrícolas. Em contraponto, a produção de esgoto e lixo também tem aumentado, descarregando muita poluição nos rios, o que gera uma crescente degradação dos recursos hídricos, principalmente os superficiais.

Estudo realizado por Troleis (2003) verificou que, na área de estudo, a qualidade das águas superficiais, piora decorrente da contribuição dos dejetos lançados sem tratamento da vila Dique e das lixívias produzidas pelo ASZN que escoam em direção ao arroio da Areia e posteriormente deságuam no rio Gravataí.

Schramm (2004) destaca que as águas dos rios, lagos e nascentes são um recurso de fácil acesso, na maior parte do território brasileiro, e de primeira necessidade, essencial à vida, tanto em sua dimensão individual quanto coletiva. O autor especifica que se trata de um recurso finito, agravado pelo uso predatório e desigual, o que constitui, para as atuais gerações, a necessidade urgente de desenvolver mecanismos de gestão e conservação.

Em virtude do exposto, nas duas últimas décadas, houve uma mudança na exploração e consumo das águas subterrâneas, com o aproveitamento dos grandes reservatórios existentes, que, geralmente, são de boa qualidade. Com isso, as águas subterrâneas vêm sendo consideradas como a principal fonte de abastecimento para consumo humano, em seus diferentes usos.

Segundo Cristofolletti (1995), estudos cada vez mais detalhados têm sido realizados, em áreas que possuem aquíferos. Quanto ao fluxo e disponibilidade, as

águas superficiais, em função das flutuações climáticas, podem apresentar, em épocas de estiagem, grandes variações de vazão. Isto não ocorre da mesma forma nas águas subterrâneas e nos aquíferos confinados, servindo, assim, como fonte de abastecimento, em períodos de seca. Enquanto a regularização das águas superficiais implica na construção de obras hidráulicas, quase sempre de alto custo, a regularização do fluxo subterrâneo pode ser feita a partir de esquemas de gerenciamento dos recursos, usando o corpo d'água, de forma controlada, monitorando seus níveis.

Segundo Aguiar (1990), as variabilidades sazonais e anuais são muito mais pronunciadas, no fluxo superficial do que no fluxo subterrâneo. Nos fluxos superficiais, ocorrem grandes perdas, por transbordamento, em períodos de excesso de água e também grandes perdas por evaporação, a partir das superfícies líquidas dos reservatórios de acumulação. No fluxo de água subterrânea, o armazenamento é feito no próprio aquífero, através da infiltração, que, segundo Horton (1983), corresponde à taxa máxima de água que um determinado solo pode absorver, numa certa condição. O mesmo autor afirma, ainda, que a taxa de infiltração é sempre menor do que o poder real pluviométrico e tende a diminuir exponencialmente com o tempo, à medida que o solo se torna saturado e as suas partículas argilosas incham.

Uma característica importante de se destacar é que a água infiltrada no solo pode ser dividida em três partes. A primeira permanece na zona saturada ou zona de fluxo não saturado, onde os vazios do solo estão parcialmente preenchidos por água e ar, acima do nível freático. A segunda é denominada interfluxo e continua a fluir lateralmente, na zona não saturada, a pequenas profundidades, podendo alcançar os leitos dos cursos de água. Já a terceira pode percolar até o nível freático, constituindo a recarga do aquífero, estando estes preservados de evaporação e transbordamentos.

Segundo Horton (1983), as águas subterrâneas encontradas nos sistemas aquíferos regionais foram armazenadas, ao longo de milhares de anos e se encontram em condições naturais, numa situação de quase equilíbrio, determinado por um mecanismo de recarga e descarga. Além dessas águas não se encontrarem diretamente expostas às influências climáticas, o seu movimento é muito lento, implicando em tempo de trânsito muito longo. O autor salienta, ainda, que nem toda a água do subsolo pode ser extraída das formações dos aquíferos em que se encontra. O volume explotável de um aquífero é uma variável de decisão a ser

determinada, como parte de um plano de gestão do sistema confinado. Nesse sentido, é preciso desenvolver modelos de simulação, que forneçam informação local sobre a resposta do sistema de água subterrânea a bombeamentos. Isto é necessário, para que os gestores dos recursos hídricos possam aplicar políticas adequadas de gerenciamento.

As águas de superfície (dos lagos, represas e rios) e as águas subterrâneas (dos aquíferos) não são necessariamente recursos independentes; em muitos casos, podem existir ligações entre os corpos de água superficiais e subterrâneos, como ocorre na área do presente estudo. Menegatt et al (1998) afirmam que os arroios Passo das Pedras e da Areia são alimentados pelo freático local, nos períodos de escassez hídrica, quando o índice pluviométrico é baixo. Os autores destacam que o inverso também ocorre: nos períodos de grande precipitação, por infiltração, a água das chuvas contribui para a recarga do freático, ou seja, essa dinâmica ocorre, dependendo da diferença de carga potenciométrica, entre o rio e o aquífero. Além da quantidade, também a qualidade da água subterrânea pode ser afetada, pela infiltração de água superficial contaminada.

Já em outras situações, segundo Aguiar (1990), as baixas variações dos fluxos laminares das águas subterrâneas significam que as taxas de recarga anual são muito pequenas. Este fato, juntamente com o enorme volume dos poros nos aquíferos, torna as águas subterrâneas uma reserva confiável em longo prazo, efetivamente imune às flutuações anuais de precipitações, em curtos períodos sazonais. Isso significa, também, que um aquífero, uma vez poluído, pode levar séculos, até que consiga promover uma autodescontaminação, através de mecanismos de fluxo natural, tornando o mesmo impróprio para consumo humano, durante este período.

Wiener (1972) destaca que a exploração de água subterrânea gera um grande consumo de energia e se torna muito onerosa, quando os níveis de água são muito profundos e poluídos. A avaliação e o planejamento de exploração de aquíferos exigem profissionais com alta qualificação, em decorrência do fato de serem, quase sempre, destinados a abastecimento de água. O mesmo não ocorre com os projetos de água superficial, que se destinam a usos múltiplos, o que cria condições favoráveis, em termos de custo, no caso de descontaminação,

### 5.3 A POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Segundo a UNESCO (1992), os problemas relacionados aos recursos hídricos, sejam eles de ordem de escassez ou de poluição, dizem respeito, essencialmente, a uma crise de gestão desses recursos. Essa crise é causada pela utilização de métodos inadequados, em decorrência da inércia dos líderes e da ausência de uma consciência clara, sobre a magnitude do problema, por parte da população mundial.

Nas últimas décadas, o uso dos recursos hídricos tem se intensificado com o desenvolvimento econômico, tanto no que se refere ao aumento da quantidade demandada para determinada utilização, quanto no que se refere à variedade dessas utilizações. Segundo Batalha (1997), originalmente, a água era usada, principalmente, para dessedentação, uso doméstico, criação de animais e para usos agrícolas. À medida que a civilização se desenvolveu, outros usos foram surgindo, disputando os recursos hídricos, muitas vezes escassos, e estabelecendo conflitos entre os usuários.

Em virtude desses conflitos, foi criada, a partir de 1992, a Agenda 21 Brasileira (2007, p. 2), que aborda a gestão dos recursos naturais e indica os principais problemas relacionados aos recursos hídricos no país. O documento enumera as seguintes dificuldades:

- inexistência de práticas efetivas de gestão de usos múltiplos e integrados dos recursos hídricos;
- critérios diferenciados, na implementação dos processos de gestão no país;
- base legal insuficiente para assegurar a gestão descentralizada;
- inadequação dos meios disponíveis do poder público, para implementar uma gestão eficiente;
- participação incipiente da sociedade na gestão, com excessiva dependência nas ações do governo; e
- recursos científicos e tecnológicos insuficientes para a gestão.

Segundo Brasil (2000), a esses problemas agrega-se o fato de a maioria da população brasileira estar concentrada nas grandes cidades, desencadeando duas preocupações: a intensificação do uso dos recursos e o aumento da poluição. O

mesmo autor destaca que rios, reservatórios, praias e baías, nas proximidades das áreas urbanas, encontram-se poluídos, por causa do destino inadequado dado aos esgotos, efluentes industriais e resíduos sólidos. Muitos rios, que atravessam as aglomerações urbanas, são usados como evacuadores de águas servidas e depósitos de lixo que, por ocasião de chuvas intensas, costumam transbordar, ampliando os problemas sanitários e ambientais.

Maia (2002) salienta que o Brasil possui cerca de 12% do escoamento médio hídrico do mundo; porém, a distribuição das águas ocorre de forma irregular, entre as regiões do Brasil. No norte do país, há a concentração de, aproximadamente, 70% da água disponível para uso, numa região onde se localiza apenas 7% da população nacional; enquanto que os 30% restantes distribuem-se desigualmente pelo país, atendendo a 93% da população. O mesmo autor explica que a escassez ocorre, também, pela deterioração da qualidade da água, que inviabiliza a utilização de importantes mananciais e ocasiona uma demanda superior à oferta.

Segundo Farvolden (1976), a água subterrânea disponível em nossos aquíferos tem sua origem na superfície e está intimamente ligada à água superficial. Embora o uso da água subterrânea date de muitos milhões de anos atrás, o homem teve um entendimento claro da interação hidrológica e da dependência que a água subterrânea tem da precipitação e da infiltração, nos dois últimos séculos. As águas subterrâneas apresentam uma baixa velocidade de escoamento, geralmente não ultrapassando um metro/dia, enquanto o fluxo das águas superficiais, em rios encachoeirados, pode atingir facilmente um metro/segundo. Segundo Aguiar (1990), as águas subterrâneas tendem a estar menos expostas aos agentes poluidores superficiais, como esgotos industriais e domésticos, exceto quando o nível freático encontra-se próximo à superfície, do que as águas superficiais, o que evidencia numa melhor qualidade da água do reservatório em questão.

Segundo Fetter (1993), o conceito de poluição pode ser definido como uma alteração artificial da qualidade físico-química da água, suficiente para superar os limites ou padrões pré-estabelecidos para determinado fim. Por exemplo, o aumento da temperatura da água, além dos limites tolerados por uma determinada espécie de peixes, representa uma poluição da água para a finalidade a que se destina. Já poluente é toda e qualquer substância que ameaça a saúde, a segurança e o bem-estar, trazendo prejuízo para a vida aquática e alterando as características das



águas receptoras, para determinados fins, ou, ainda, modificando normas de qualidade pré-estabelecidas.

Já a água contaminada possui organismos patogênicos, substâncias tóxicas e ou radioativas, em teores prejudiciais à saúde do homem. Assim, toda água contaminada é poluída, mas nem toda água poluída é contaminada. Isso se verifica, desde que a poluição não afete a saúde humana (SPERLING, 1997).

No caso dos despejos provenientes de esgotos domésticos e industrial, o maior risco se dá na alteração das propriedades de qualidade do corpo superficial, o que pode ser resolvido com a instalação de uma estação de tratamento. Já no que se refere à poluição provocada pelo chorume, decorrente de antigos lixões que foram transformados em aterros sanitários, os resultados podem apresentar poluição das águas subterrâneas. Seu tratamento, além de mais oneroso, é mais complexo.

Portanto, áreas com presença de lixões e aterros não controlados adequadamente, pela falta de gerenciamento e pelo uso inadequado do solo e dos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos, não se prestam para captação de água destinada ao consumo da população, pois a possibilidade de sua contaminação deve ser considerada.

Segundo Batalha (1997), o uso da água pode ser classificado quanto ao consumo em: consuntivo e não consuntivo. A água evaporada, transpirada, assimilada biologicamente ou incorporada a um produto é classificada como de uso consuntivo, de uso doméstico, para a irrigação e para a indústria. Já para a navegação, geração de energia elétrica, recreação ou conservação da natureza são exemplos de uso não consuntivo.

Segundo Custódio e Llamas (1983), a distribuição média mundial do uso consuntivo, entre os três principais consumidores, era a seguinte:

- uso agrícola (principalmente irrigação – 60 a 80%);
- uso urbano (abastecimento público – 10 a 20%); e
- uso industrial 10 a 20%.

Segundo levantamento realizado em 1992, pela UNESCO, a respeito da disponibilidade, dos usos e da qualidade dos recursos hídricos, os dados revelaram que a utilização desses tem ocorrido de forma intensa, principalmente na agricultura.

Isto tem sido verificado através de alterações na rede de drenagem, com o desvio do curso de rios, e, também, através da perfuração de poços em todo o mundo. Tal prática tem sido realizada, na maioria das vezes, de forma aleatória. Por isso, segundo a UNESCO, essas ações podem causar um colapso, nas próximas décadas, para muitos povos, em função da falta de água.

Outra preocupação relevante está associada ao aumento significativo populacional de certas nações que já registram escassez de água. Esse dado é agravado quando relacionado a doenças, como as decorrentes dos despejos dos esgotos nos rios e da falta de tratamento desses. A OMS também faz um alerta, para o uso dos recursos subterrâneos de forma inadequada e para a crescente contaminação desses recursos, nos últimos anos.

Segundo Shaw (1981), a água subterrânea, embora menos vulnerável à contaminação, também pode ser afetada, qualitativamente, pelas perdas das redes de esgoto, percolação das lixívias de lixões e de aterros sanitários mal gerenciados, derramamento de petróleo e intrusões de água de qualidade inferior, contaminada por resíduos industriais, etc.

A descontaminação das águas subterrâneas é muito mais difícil do que a das águas da superfície. Nesse sentido, a contaminação pode, em alguns casos, tornar-se irreversível. Isto depende do movimento da água subterrânea e da alta permeabilidade do solo, onde alguns processos de absorção e trocas iônicas são capazes de remover certos contaminantes, dissolvidos na água. Muitas vezes, o próprio aquífero desempenha o papel de um filtro e absorve grande parte da matriz de poluentes.

Em função do exposto, áreas que possuem aquíferos rasos ou de várzea, são constituídas geralmente de solos mal drenados, com terrenos sujeitos a inundações frequentes, onde o nível do lençol freático está bastante próximo da superfície, na maior parte do ano. Devem, portanto, ser consideradas fundamentais para a dinâmica hídrica local. Seu gerenciamento precisa ser realizado com cuidado, especialmente no que diz respeito à excessiva extração, para diversos fins, assim como é necessária sua proteção, diante do mau uso do solo no seu entorno. É o que se verifica, uma vez que ela funciona, tanto recebendo água da superfície, como contribuindo para o nível dos cursos superficiais, em épocas de escassez hídrica (ESCOSTEGUY, 1991).

Segundo Shaw (1981), a contaminação superficial pode ocorrer de três formas:

- pontual, quando a fonte está concentrada numa pequena superfície, como, por exemplo, um poço tubular, ou escavado;
- difusa, quando a fonte de contaminação, se estende, mesmo com baixa concentração, sobre uma grande superfície, como é o caso das áreas de irrigação ou áreas de periferia, sem saneamento ou recolhimento de lixo;
- linear, quando a fonte de contaminação é um rio ou canal, sendo nele despejados dejetos orgânicos não tratados, de vilas, ou inorgânicos, de indústrias.

Segundo João Manoel Filho (1997), contaminações pontuais dão origem a concentrações elevadas, que podem permanecer estratificadas em um aquífero. As concentrações difusas tendem a criar uma estratificação regionalizada e os mananciais de superfície e poços produzem focos de maior e menor concentração, dependendo do tempo de confinamento da lixívia acumulada e do deslocamento da pluma. Já a contaminação linear afeta diretamente os recursos hídricos superficiais, decorrente do mau gerenciamento dos dejetos líquidos produzidos pelo homem. Seu tratamento tem como característica ser o mais rápido, porém seu custo para consumo humano é tecnicamente elevado.

De acordo com Fetter (1993), as fontes de contaminação de água subterrânea podem ser enquadradas, em virtude da ausência de controle ambiental, em função de diversos fatores:

<p>a) de fontes projetadas para recepção de substâncias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fossas sépticas (águas residuais e esgotos domésticos);</li> <li>• presença de poços de chorume, formadas pela decomposição da matéria orgânica geradas por depósitos de resíduos urbanos.</li> </ul>
<p>b) de fontes projetadas para armazenar, tratar ou receber substâncias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aterros sanitários (lixões urbanos, restos de demolições e resíduos perigosos);</li> <li>• valas abertas clandestinas (lixo doméstico queimado);</li> <li>• valas abertas para escoamento do chorume superficial e subterrâneo, produzido pelas células de lixo depositado.</li> </ul>
<p>c) de fonte natural, cuja descarga é criada pela atividade humana</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interações entre água superficial e subterrânea (indução da água de um rio contaminado em um aquífero).</li> </ul>

**Quadro 3: Fontes de contaminação de água subterrânea**

Fonte: CETESB, 2005

É importante destacar que a área de estudo se enquadra em todos os itens descritos acima. Classifica-se como de risco, não devendo seus recursos hídricos serem aproveitados para uso doméstico, irrigação de hortaliças, para consumo humano e ou dessedentação de animais.

Em geral, a escolha de locais com características hidrogeológicas, ideais para a deposição do lixo urbano ou de resíduos perigosos, não é fácil. Isto se agrava, diante de problemas estéticos, de custo de transporte e da especulação imobiliária, relacionada a terrenos usados para a atividade. Essas restrições tornam certas áreas impróprias para a construção de aterros sanitários. Em razão disso, muitos locais de deposição de lixo são encontrados em terrenos que apresentam, no mínimo, algumas características hidrogeológicas desfavoráveis. A presença de lixões ou aterros não controlados, em áreas de várzea, onde a infiltração da água da chuva conduz as lixívia para o freático, ocasiona, ao longo de alguns anos, a formação de uma pluma subterrânea. Já em locais planejados e devidamente

operados, os resíduos sólidos podem ser enterrados, sem oferecer praticamente nenhum risco para as águas subterrâneas. Nesse sentido, é fundamental um estudo hidrogeológico prévio, para a escolha do local mais apropriado.

## **5.4 ASPECTOS LEGAIS**

### **5.4.1 A Política Nacional dos Recursos Hídricos**

O subcapítulo retrata a Política Nacional de Recursos Hídricos, que representa uma mudança institucional, no país, de grande importância, com a Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Trata-se, aqui, de um dispositivo legal, que surgiu em decorrência de um processo, a partir do qual leis, normas e padrões sobre gestão da água foram selecionados, aprovados e colocados em prática. Nesse sentido, a água foi sendo reconhecida oficialmente como um recurso vulnerável, finito e já escasso, em quantidade e qualidade no mundo. A gestão desse recurso, portanto, envolve múltiplos usos e diferentes formas de compartilhamento, atuando no controle hídrico e na própria gestão ambiental.

A Lei de Direito da Água do Brasil é o Código de Águas, de 10 de Julho de 1934. Essa lei ainda hoje é considerada, pela Doutrina Jurídica, como um dos textos modelares do Direito Positivo Brasileiro (KRAUSE, 1997).

A política nacional provocou algumas mudanças, no texto do Código das Águas, sendo uma das mais significativas, a extinção do domínio privado da água, onde todos os corpos de água do território nacional, a partir de outubro de 1998, passaram a ser de domínio público. Outra alteração foi o estabelecimento de dois domínios apenas, para os corpos de água no Brasil: o da União, para os rios ou lagos que banhem mais de uma unidade federada, ou que sirvam de fronteira entre elas ou de fronteira entre países vizinhos, e o dos Estados, as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas as decorrentes de obras da União.

A Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, enfatiza cinco princípios básicos. O primeiro deles é o princípio da adoção da bacia hidrográfica, como unidade de

planejamento. Neste caso, objetivam-se seus limites, para se definir o perímetro da área a ser planejada, através de Planos Diretores de Recursos Hídricos que permitem inserir mudanças e ajustes, de acordo com a evolução do nosso desenvolvimento e necessidades. O segundo princípio é o da Outorga de Direito de usos múltiplos dos recursos hídricos, rompendo com a indesejável hegemonia de um setor usuário sobre os demais. Já o terceiro se refere ao reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável; enquanto o quarto princípio trata do reconhecimento do valor econômico, sendo usado o instrumento da cobrança pelo uso da água, essencial para criar condições de equilíbrio entre as forças de oferta e de demanda. Por fim, o quinto princípio é o da gestão descentralizada e participativa, onde setores do Estado ou do Município, juntamente com as ONGs, tomam decisões sobre um determinado problema local.

Os cinco instrumentos essenciais à gestão do uso da água refletem a atual preocupação com esse recurso natural e possibilitam resolver conflitos, gerados na degradação do mesmo pelos usuários, assegurando um melhor gerenciamento local, regional e nacional.

São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, de origem natural ou decorrentes do uso inadequado do recurso natural.

Em seu artigo 19, a lei nº 9.433 caracteriza a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, reconhecendo a água como bem econômico e dando ao usuário uma indicação de seu real valor. O texto incentiva a racionalização do uso da água e propõe formas de obtenção de recursos financeiros, para o financiamento dos programas e intervenções, que sejam necessários.

O artigo 20 trata da cobrança dos usos dos recursos hídricos sujeitos à outorga, nos seguintes termos do art. 12 (p. 4):

derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;  
extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;  
lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;  
aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;  
outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Já em seu artigo 50, a lei trata das infrações, relacionadas aos usos dos recursos hídricos em desconformidades com a legislação, ficando seus usuários infratores sujeitos às seguintes penalidades: advertência por escrito, na qual serão estabelecidos prazos para correção das irregularidades; multa simples ou diária, proporcional à gravidade da infração; embargo provisório, por prazo determinado, para execução de serviços e obras necessárias ao efetivo cumprimento das condições de outorga; e embargo definitivo, com revogação da outorga, sempre que da infração cometida resultar prejuízo ao serviço público de abastecimento de água, riscos à saúde ou à vida. Em caso de reincidência, a multa será aplicada em dobro.

Em suma, a Política Nacional dos Recursos Hídricos - Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, possui prerrogativas importantes, pois caracteriza a água como um bem público, um recurso vulnerável, finito e escasso, em quantidade e qualidade, sendo fundamental para a sobrevivência humana. Adota a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, limitando seus usos, com o objetivo de preservar os recursos hídricos para as gerações futuras. Prevê que as infrações e irregularidades, decorrentes dos diversos usos da água, serão cobradas, com a finalidade de gerar recursos para financiar a realização das intervenções necessárias à utilização e à proteção dos recursos hídricos, e para incentivar a correta utilização desses.

#### **5.4.2 Resolução Conama nº 357/2005 - Águas superficiais**

O subcapítulo retrata a Resolução nº 357, de 17 março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais, para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

O recurso natural “água”, seu gerenciamento e controle de qualidade, até a década de 1970, eram administrados por diversas entidades governamentais. Esse controle, com o passar dos anos, foi sendo intensificado, em virtude da degradação dos recursos hídricos, que ocorre, principalmente, pelo aumento da população e pelo surgimento de novas instalações industriais, localizadas geralmente nos grandes e médios centros urbanos.

A degradação dos recursos hídricos, segundo Sperling (1997), caracteriza-se pela ocorrência de fenômenos, que provocam alterações prejudiciais ao meio e modificam, direta ou indiretamente, as propriedades do corpo receptor. Esses fenômenos podem ocorrer mediante a introdução de substâncias artificiais estranhas ao meio; mediante a introdução de substâncias naturais estranhas ao meio, ou, ainda, mediante a alteração na proporção ou nas características dos elementos constituintes do meio.

Assim sendo, pode-se afirmar que há uma relação direta entre o estado de conservação ou degradação do recurso hídrico e o uso que se faz dele, bem como o uso da terra, existente em sua área de drenagem - a bacia hidrográfica.

Em virtude do exposto no ano de 1983, foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com poderes normativos, que podem definir critérios para o licenciamento de atividade efetiva ou potencialmente poluidora, determinar estudos para a apreciação de impactos ambientais e estabelecer padrões de classificação para a água, tratando, assim, de questões relacionadas à política ambiental.

Através da Resolução nº357, de 17 de março de 2005, as águas superficiais foram identificadas em diferentes classes. Essa resolução determina os padrões de qualidade das águas superficiais, a serem mantidos ou atingidos, adequando os níveis exigidos, de acordo com os usos, que se pretende fazer do corpo hídrico e



com o objetivo de atender às necessidades das comunidades aquáticas e o compromisso com a saúde e o bem estar humano.

De acordo com o artigo 4 (p. 4), cada classe possui a sua caracterização, quanto aos seus usos possíveis. As águas doces são classificadas, pela resolução, da seguinte forma:

I - Classe Especial - águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - Classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Além da classificação das águas, a resolução trata, em seu capítulo III, artigos 14, 15, 16 e 17, das condições e padrões de qualidade, estabelecendo limites individuais para cada parâmetro, em cada classe, de acordo com a Tabela 7:

**Tabela 7 - Limites estabelecidos pela Resolução 357/05 do Conama, para os constituintes químicos, bacteriológicos e metais.**

Parâmetro	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
Oxigênio Dissolvido	Não inferior a	Não inferior a	Não inferior a	Não inferior a
(mg/l O <sub>2</sub> )	6,0	5,0	4,0	2,0
Nitrato (mgNO <sub>3</sub> /l)•	2,25	2,25	2,25	-
Fosfato	0,025	0,030	0,050	-
DBO(mg/l O <sub>2</sub> )	3,0	5,0	10,0	-
DQO(mg/l O <sub>2</sub> )	Entre 0 e 20	Entre 0 e 20	Entre 0 e 20	-
Cloreto (mg/l Cl)	250	250	250	-
Coliformes Fecais	200	1.000	4.000	-
(N.M.P./100ml)				
Coliformes Totais	1.000	5.000	20.000	-
(N.M.P./100ml)				
Chumbo (mg/l Pb)	0,01	0,01	0,033	-
Cromo (mg/l Cr)	0,05	0,05	0,05	-
Níquel (mg/l Ni)	0,025	0,025	0,025	-
Ferro (mg/l Fe)	0,3	0,3	5,0	-
Alumínio (mg/l Al)	0,1	0,1	0,1	-
Zinco (mg/l Zn)	0,18	0,18	5,0	-
Cádmio (mg /l Cd)	0,001	0,001	0,01	-
Mercúrio (mg/l Hg )	0,0002	0,0002	0,002	-

Fonte: Resolução nº357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

( - ) não determinado pela resolução

• Aplicado o fator de conversão estequiométrico

Importante destacar que, exceto o oxigênio dissolvido, não há limites estabelecidos para os outros parâmetros selecionados na classe 4, em virtude do baixo grau de exigência, em relação à qualidade sanitária e organoléptica, dos usos a que se destinam as águas dessa classe.

Além das condições e padrões de qualidade das águas, a resolução aborda, em seu capítulo IV, art. 24 (p. 19), as condições e padrões de lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora. Neste sentido, esses efluentes somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido

tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências, dispostos na resolução e em outras normas aplicáveis.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento:

I - acrescentar outras condições e padrões, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica; e

II - exigir a melhor tecnologia disponível para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo curso de água superficial, mediante fundamentação técnica.

Em seu art. 28 (p. 20), a resolução refere-se aos efluentes e à proibição de conferir, ao corpo de água, características em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

§ 1o As metas obrigatórias serão estabelecidas mediante parâmetros.

§ 2o Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

§ 3o Na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.

É importante destacar que a resolução não estabelece limites a alguns parâmetros, em todas as classes. Assim como prevê o art. 28, em seu § 2, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

O art. 29 complementa que a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas superficiais.

Já o capítulo VI, em seu art. 43 (pg. 22), diz respeito aos empreendimentos e demais atividades poluidoras, que, na data da publicação da resolução, tiveram Licença de Instalação ou de Operação, expedida e não impugnada. Segundo o texto, esses empreendimentos, a critério do órgão ambiental competente, poderiam

ter prazo de até três anos, contados a partir de sua vigência, para se adequarem às condições e padrões novos ou mais rigorosos previstos na resolução.

§ 1o O empreendedor apresentará ao órgão ambiental competente o cronograma das medidas necessárias ao cumprimento do disposto no *caput* deste artigo.

§ 2o O prazo previsto no *caput* deste artigo poderá, excepcional e tecnicamente motivado, ser prorrogado por até dois anos, por meio de Termo de Ajustamento de Conduta, ao qual se dará publicidade, enviando-se cópia ao Ministério Público.

§ 3o As instalações de tratamento existentes deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram as disposições desta resolução.

#### **5.4.3 Resolução Conama nº 396/2008 – Águas subterrâneas**

O subcapítulo retrata a Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que determina os padrões de qualidade das águas subterrâneas a serem mantidos ou atingidos, adequando os níveis exigidos, de acordo com os usos que se pretende fazer do corpo hídrico. Além disso, a resolução compromete-se com a saúde e o bem-estar humano.

Considerando que os aquíferos se apresentam em diferentes contextos hidrogeológicos e que podem ultrapassar os limites de bacias hidrográficas, e que as águas subterrâneas possuem características físicas, químicas e biológicas intrínsecas, com variações hidrogeoquímicas específicas, objetivou-se assegurar a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental das águas subterrâneas, através da racionalização dos seus usos.

A resolução trata, em seu capítulo III, nos artigos 4 a 19, das condições e padrões de qualidade das águas.

Em seu anexo I, apresenta a lista de parâmetros com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas, seus respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP) para consumo humano, aceitáveis para aplicação desta resolução (Tabela 8).

**Tabela 8 - Limites estabelecidos pela Resolução 396/08 do Conama, para consumo humano, dos constituintes químico, bacteriológico e metais.**

Parâmetros	Valor Máximo Permitido para Consumo Humano
Nitrato (mgNO <sub>3</sub> /l)•	2,25
Cádmio (mg/l Cd)	0,05
Cloreto (mg/l Cl)	250
Coliformes Fecais (N.M.P./100ml)	ausente
Chumbo (mg/l Pb)	0,01
Cromo (mg/l Cr)	0,05
Níquel (mg/l Ni)	0,02
Ferro (mg/l Fe)	0,3
Alumínio (mg/l Al)	0,2
Zinco (mg/l Zn)	5,0

Fonte: Resolução nº396/2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

• Aplicado o fator de conversão estequiométrico

Além das condições e padrões de qualidade das águas, a resolução aborda, ainda, em seu capítulo IV, artigos 20 e 21, as diretrizes ambientais para prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas.

O art. 20 destaca que os órgãos ambientais, em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos, deverão promover a implementação de áreas de proteção de aquíferos e perímetros de proteção de poços de abastecimento, objetivando a proteção da qualidade da água subterrânea.

Já o art. 21 (p. 8):

[...] determina que os órgãos ambientais, em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos e da saúde, deverão promover a implementação de Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água Subterrânea, em caráter excepcional e temporário, quando, em função da condição da qualidade e quantidade da água subterrânea, houver a necessidade de restringir o uso ou a captação da água para proteção dos aquíferos, da saúde humana e dos ecossistemas.

#### **5.4.4 Resolução Consema nº 128/2006 - Padrões de emissão de efluentes líquidos**

O subcapítulo retrata a Resolução Consema nº 128, de 24 de novembro de 2006, do Conselho Estadual do Meio Ambiente, que dispõe sobre a fixação de padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas do Rio Grande do Sul.

Considerando a necessidade de preservar a qualidade ambiental, de saúde pública e dos recursos naturais, quanto ao lançamento de efluentes líquidos em águas superficiais; da readequação da forma de controle e fiscalização das atividades geradoras de efluentes líquidos, levando em conta a condição atual das águas superficiais; de promover o controle do lançamento de efluentes, de se criar critérios e padrões de efluentes líquidos; de redução progressiva da carga poluidora lançada nos recursos hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, foi criada a Resolução Consema nº 128/2006.

A resolução, de acordo com seu art. 1º (p. 2), “[...] fixa novos critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul”. Já em seu art. 2º (p. 2) “[...] determina aos empreendimentos e demais atividades poluidoras um prazo de até três anos da data da publicação desta, para se adequarem às condições e padrões mais rigorosos e/ou não previstos na Resolução CONAMA 357/2005”.

Em seu art. 3º (p. 2), para efeitos desta resolução, são adotadas as seguintes definições:

V – Águas subterrâneas: todas as águas que se encontram abaixo da superfície do solo na zona de saturação e em contato direto com o solo ou com o subsolo;

VI – Águas superficiais: são as águas interiores, com exceção das águas subterrâneas e das águas costeiras;

XVII – Efluentes líquidos de fontes poluidoras: despejo líquido oriundo de atividades industriais, de drenagem contaminada, de mineração, de criação confinada, comerciais, domésticas, públicas, recreativas e outras;

XVIII – Efluentes líquidos domésticos: despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;

XIX – Efluente líquido industrial: despejo líquido resultante de qualquer atividade produtiva, oriunda prioritariamente de áreas de transformação de matérias primas em produtos acabados;  
 XXVI – Padrão de emissão: valor máximo permitido, atribuído a cada parâmetro passível de controle, para lançamento de efluentes líquidos, a qualquer momento, direta ou indiretamente, em águas superficiais.

Em seu art. 10, a resolução define os efluentes líquidos de fontes poluidoras, lançados em corpos d'água superficiais, direta ou indiretamente, limitando os padrões de emissão, de acordo com a Tabela 9:

**Tabela 9 - Limites estabelecidos pela Resolução Consema nº128/2006 dos constituintes químico, bacteriológico e metais para fontes poluidoras.**

Parâmetros	Valor máximo permitido para emissão de efluentes líquidos de fontes poluidoras
Chumbo (mg/l Pb)	0,2
Cromo (mg/l Cr)	0,4
Níquel (mg/l Ni)	1
Ferro (mg/l Fe)	10
Alumínio (mg/l Al)	10
Zinco (mg/l Zn)	2,0
Cádmio (mg /l Cd)	0,1
Mercúrio (mg/l Hg )	0,01

Fonte: Resolução nº128/2006 do Conselho Estadual do Meio Ambiente.

Em seu art. 11 (p. 6), destaca que “[...] o órgão ambiental competente, mediante parecer técnico circunstanciado, poderá fixar padrões de emissão para outros parâmetros não previstos na presente resolução, em função do contínuo desenvolvimento de novas substâncias tóxicas, bem como a alteração do enquadramento de substância/elemento tido por não tóxico para tóxico”.

Em seu art. 15 (p. 6), “[...] para o caso de contaminação de efluentes líquidos com poluentes orgânicos, fica o órgão ambiental competente responsável por fixar padrão, quando do licenciamento ambiental da atividade”.

Em seu art. 20 (p. 7) ficam estabelecidos os seguintes padrões de emissão em função da vazão:

“§ 1º Para Efluentes líquidos de fontes poluidoras, exceto efluentes líquidos domésticos fica estabelecida a variação dos padrões de emissão para DBO<sub>5</sub>, DQO”, conforme as faixas de vazão abaixo referidas na Tabela 10:

**Tabela 10 - Limites máximos tolerados de DBO<sub>5</sub> e DQO por faixa de vazão.**

Faixa de vazão (m <sup>3</sup> /d)	DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	DQO (mgO <sub>2</sub> /L)
Q < 20	180	400
20 ≤ Q < 100	150	360
100 ≤ Q < 500	110	330
500 ≤ Q < 1000	80	300
1000 ≤ Q < 3000	70	260
3000 ≤ Q < 7000	60	200
7000 ≤ Q < 10000	50	180
10000 ≤ Q	40	150

Fonte: Resolução nº128/2006 do Conselho Estadual do Meio Ambiente.

I – Pode ser fixado pelo órgão ambiental competente um valor para concentração maior dos valores estabelecidos no quadro anterior, uma vez comprovada a redução de vazão do empreendimento, sendo mantida, no mínimo, a média histórica da carga lançada.

II – Qualquer alteração de concentração a ser fixada, diferente dos valores referidos, não pode implicar em aumento da poluição sobre corpos d’água superficiais, cabendo esta avaliação ao órgão ambiental competente, dentro de cada processo de licenciamento ambiental, em função do corpo hídrico receptor dos efluentes a serem lançados.

III – Fica estabelecida a variação dos padrões de emissão para os parâmetros, Fósforo, Nitrogênio Total de Kjeldahl e Nitrogênio Amoniacal, devendo atender aos valores de concentração estabelecidos ou operarem com a eficiência mínima fixada em função das faixas de vazão abaixo referidas.



**Tabela 11 – Limites máximos tolerados de Fósforo, Nitrogênio Total de Kjeldahl e Nitrogênio Amoniacal por faixa de vazão.**

Faixa de vazão (m <sup>3</sup> /d)	Fósforo (mg P/l)	Nitrogênio Total de Kjeldahl (mg NTK/l)	Nitrogênio Amoniacal (mg N/l)
Q < 100	4	75	20
100 ≤ Q < 1000	3	75	20
1000 ≤ Q < 10000	2	75	20
10000 ≤ Q	1	75	20

Fonte: Resolução nº128/2006 do Conselho Estadual do Meio Ambiente.

## 5.5 OS CONSTITUINTES IÔNICOS NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS

O subcapítulo aborda como os critérios de qualidade de água são estabelecidos, de acordo com os constituintes químicos, bacteriológicos e metais.

Os constituintes são definidos como parâmetros de qualidade de água. Os parâmetros químicos analisados, no presente trabalho, são representados por: oxigênio dissolvido, nitrato, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, cloreto, nitrogênio amoniacal, fósforo total e a análise bacteriológica será feita através da contagem de coliformes fecais e totais. Já os metais analisados, que podem ser encontrados nas águas, são: Chumbo, Cromo, Níquel, Ferro, Alumínio, Zinco, Cádmio e Mercúrio.

Os parâmetros de qualidade de água, selecionados para este estudo, foram caracterizados nos trabalhos de Custódio e Llamas (1983), Marques (1993) e de Fleck (1998). Esses parâmetros definem os padrões de qualidade das águas, identificando o grau de toxicidade e suas concentrações máximas, assim como os possíveis efeitos para os seres vivos.

### 5.5.1 Parâmetros Químicos

- Oxigênio Dissolvido (OD): sua importância baseia-se no fato de que, em águas poluídas, há um consumo de oxigênio em solução, pela respiração dos microorganismos aeróbios e/ou facultativos (ou seja, pelas reações bioquímicas que utilizam oxigênio) e um conseqüente processo de recomposição do oxigênio atmosférico para a solução.

É importante observar que, quanto maior a existência de poluentes, nos corpos hídricos, menor será a concentração de oxigênio. Variações do oxigênio dissolvido, em águas de superfície, podem ocorrer num período de 24h, em função das variações de temperatura e da atividade fotossintética de plantas e algas. Águas não poluídas apresentam concentrações pouco inferiores a 10mg O<sub>2</sub>/L. Concentrações de 5mg O<sub>2</sub>/L podem afetar adversamente a sobrevivência das comunidades biológicas, e, abaixo de 2mg O<sub>2</sub>/L, podem provocar a morte da maioria dos peixes.

- Nitrato (NO<sub>3</sub>): o íon nitrato é uma forma comum de nitrogênio, encontrada em águas naturais. Níveis naturais de nitrato em águas raramente excedem 0,1 mg/L como N. A poluição de corpos superficiais e subterrâneos pode ser produzida por arraste de fertilizantes, contaminação por efluentes industriais, esgotos ou líquidos percolados de aterros sanitários. O grau de poluição, sofrido pelo corpo hídrico, pode elevar os níveis de nitrato até 200 mg/L como N. Em lagos, os níveis de nitrato, superiores a 0,2 mg/L como N, tendem a eutrofizar o meio. Em sistemas de tratamento de água, normalmente pouco nitrato é removido. Assim, é fundamental conhecer-se os níveis de nitratos das fontes, uma vez que os mesmos apresentam alto risco potencial à saúde humana. Em esgoto sanitário bruto, normalmente a concentração de nitratos oscila entre 0,1 e 0,4 mg/L como N. Uma vez que representam o estado final da mineralização da matéria orgânica, os nitratos encontram-se presentes em praticamente todas as águas da natureza, ao menos como traços.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): é o parâmetro mais usual para medição da poluição orgânica das águas residuárias, normalmente referido a 5 dias e 20°C. Essa determinação envolve a medida do oxigênio dissolvido, gasto pelos microorganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica. O teste da DBO tende

a simular a estabilização da matéria biodegradável, fornecendo o “grau de poluição orgânica” do efluente líquido. Águas não poluídas têm valores de DBO em torno de 2,0 mg/L ou menos, enquanto que aquelas que receberam águas servidas podem registrar valores acima de 10 mg/L. Os efluentes de esgoto tratado têm valores de DBO variando entre 20 e 100 mg/L. O esgoto sanitário bruto tem, usualmente, DBO variando entre 100 e 400 mg/L. No caso dos efluentes de aterro sanitário, os valores da DBO variam com diversos fatores, sobretudo na diluição pela precipitação (chuvas) e forma de aterramento. A DBO do efluente de aterro tende ao rebaixamento progressivo, com o tempo, devido à estabilização da matéria orgânica. Valores típicos variam desde poucos milhares de mg/L até 50.000 ou mais dessa unidade.

- Demanda Química de Oxigênio (DQO): é um importante indicador, utilizado para medir o conteúdo de matéria orgânica das águas residuárias e naturais, através da oxidação em meio ácido, utilizando um forte agente oxidante (dicromato de potássio). Águas de superfície não poluídas apresentam DQO de 20 mg O<sub>2</sub>/L ou menos. Águas que receberam efluentes podem apresentar DQO superior a 200 mg O<sub>2</sub>/L. Esgotos sanitários brutos apresentam DQO variando entre 250 e 1000 mg O<sub>2</sub>/L. Para esses últimos, usualmente, a relação DBO/DQO é igual a 0,4. Os líquidos percolados de aterro sanitário apresentam DQO variando desde poucos milhares de miligramas por litro, até valores já registrados de 100.000 mg/L. Com a estabilização dos resíduos de aterro a DQO gradualmente assume valores mais baixos, enquanto a relação DBO/DQO também diminui progressivamente.

- Cloreto (Cl): sua ocorrência nas águas naturais é frequente em concentrações baixas. O íon cloreto é extremamente abundante, nos esgotos e nos resíduos sólidos, tendo a particular propriedade de possuir alta mobilidade no solo. Dessa maneira, é um eficiente indicador de contaminação ambiental. Isso ocorre devido a sua alta solubilidade e ao lento movimento das águas no aquífero, sendo ele um bom indicador de poluição para aterros sanitários e lixões. Sua concentração pode variar entre 0,1 mg/L e 250 mg/L em águas doces.

- Nitrogênio amoniacal (N.A): ocorre naturalmente em corpos de água, sendo originário da quebra do nitrogênio orgânico da matéria orgânica do solo e da água. Pode aparecer em corpos de água, como poluição por esgotos, efluentes industriais ou efluentes de aterro sanitário de resíduos sólidos (chorume).

Águas não poluídas apresentam usualmente concentrações inferiores a 0,2 mg/L como N. Flutuações sazonais da concentração de nitrogênio em águas superficiais podem ocorrer naturalmente, como resultado da morte e decomposição de organismos aquáticos, particularmente fitoplâncton e bactérias.

Em esgoto sanitário bruto, a concentração de nitrogênio amoniacal normalmente oscila entre 15 e 50 mg/L como N.

- Fósforo total (P): é normalmente encontrado em águas naturais como partículas originárias da fragmentação das rochas que contém esse elemento em sua composição e como produto da decomposição da matéria orgânica. Na maior parte das águas de superfície a concentração de fósforo varia entre 0,005 e 0,02 mg/L de fosfatos como P. Concentrações de fósforo tão baixas quanto 0,001 mg P/L podem ser encontradas em algumas águas e tão altas quanto 200 mg P/L são detectadas em algumas águas salinas interiores.

Águas com concentrações superiores de fósforo indicam contaminação, especialmente por detergentes (domésticos e/ou industriais) ou lavagem de fertilizantes. O fósforo é, geralmente, o nutriente limitante para o crescimento das algas e, portanto, controla a produtividade primária de um corpo d'água. Neste sentido é particularmente importante o controle dos níveis de fósforo em mananciais para abastecimento. O descontrole dos níveis de fósforo e a possível eutrofização de um meio são inconvenientes para os equipamentos das estações de tratamento de água. O fósforo aparece atualmente nos esgotos em concentrações aproximadas a 20 mg/L. As principais fontes de fósforo nos resíduos de aterro sanitário são a matéria orgânica e os resíduos de detergentes. Com o decorrer da estabilização dos resíduos de aterro há uma progressiva diminuição da concentração de fósforo nos líquidos percolados.

### 5.5.2 Parâmetros Bacteriológicos

- Coliformes Fecais (CF): no grupo dos coliformes fecais, a *Escherichia coli* é a espécie mais abundante e a única não patogênica, respondendo por cerca de 90% dos coliformes fecais encontrados nas fezes de animais de sangue quente, entre eles o homem. Esta espécie é a única exclusivamente fecal, sendo indicadora, por

excelência, de contaminação dos corpos hídricos por excretas. As bactérias do grupo coliforme fecal apresentam-se nos animais de sangue, quente em concentrações de  $10^6$  a  $10^9$  organismos por grama de fezes. Seu significado sanitário, porém, é restrito, uma vez que elas se apresentam em número elevado, nas águas naturais, solo e vegetais não poluídos. Os coliformes fecais encontram-se nas excretas humanas, em número médio de  $1,3 \times 10^7$  organismos/g fezes. Seu significado sanitário reside no fato de que sua presença indica a contaminação do manancial por excretas.

Sua remoção pode ser feita através de estações de tratamento de efluentes e de águas para consumo, pelo fato de que sua determinação analítica é mais simples e bem menos onerosa economicamente, do que a de outros organismos.

- Coliformes Totais (CT): em aterros sanitários são numerosos, juntamente com diversos outros microorganismos, entre eles, os coliformes fecais. Podem aparecer nos líquidos percolados de aterro; porém, tendem a ser eliminados em filtros anaeróbios ou outros processos de bioestabilização, de longo tempo de retenção.

No monitoramento de águas próximas a aterros de resíduos sólidos, o aparecimento de elevado número de coliformes totais poderá, juntamente com outros resultados avaliados, significar contaminação por chorume, desde que seja descartada a contribuição de outros despejos. Uma contagem expressiva de coliformes totais e fecais indica que, muito provavelmente, a contaminação dá-se por esgotos ou excretas “in natura”.

### 5.5.3 Metais Pesados

- Chumbo (Pb): nos resíduos, a ocorrência de chumbo provém de metais ferrosos, plásticos, couros, borracha, matéria orgânica, restos de combustíveis, papéis e papelão. Conforme Rousseaux (1999), os teores médios desse metal, no lixo brasileiro, variam entre 167 – 282 mg Pb/kg de resíduo.

O chumbo e seus sais são extremamente tóxicos, ao homem e aos animais, e possuem efeito cumulativo. Causam lesões, nos sistemas neuromuscular,

circulatório, no cérebro e no trato digestivo. A toxicidade crônica ocorre quando da ingestão diária de 1,0 mg/L de chumbo, sendo denominada saturnismo.

- Cromo (Cr): é um metal abundante na crosta terrestre, principalmente na forma de minério cromita. Dificilmente é encontrado em águas naturais. O cromo, na forma hexavalente, é extremamente tóxico, ocasionando desde irritação das mucosas até câncer de pulmão. Segundo dados do DMLU, o teor médio de cromo, nos resíduos brasileiros, é de 68 mg Cr/Kg de resíduo. Sua ocorrência é devida, principalmente, aos couros, matéria orgânica, metais ferrosos, plásticos, vidros, papéis e papelão.

- Níquel (Ni): é identificado na natureza em minérios sulfurosos, sendo encontrado, principalmente, nos resíduos de matéria orgânica, como: o plástico, as pilhas, o vidro, papéis, couro e borracha. No âmbito da digestão anaeróbia, é um nutriente importante para as bactérias, sendo que seu excesso causa inibição das mesmas. Ele é considerado tóxico às plantas e a algumas comunidades aquáticas, podendo provocar dermatites, bem como afetar a atividade cardíaca e respiratória do ser humano.

- Ferro (Fe): apresenta-se com baixos teores, em quase todas as águas, não devendo ultrapassar 0,3mg/L. Seu alto teor, na água, pode estar ligado à ocorrência de ferrobactérias, e sua presença, no corpo humano, atua na formação da hemoglobina, sendo que, em excesso, causa sérios problemas no sistema circulatório.

- Alumínio (Al): é um metal encontrado nos solos, nas águas naturais. Sua presença, nos resíduos sólidos, é abundante, principalmente devido a sua larga utilização em bens de consumo, sobretudo embalagens. Em altas concentrações, o alumínio provoca certas doenças degenerativas do sistema nervoso central. Sua concentração não deve ultrapassar 0,1mg Al /L.

- Zinco (Zn): é usualmente encontrado na natureza como sulfeto, muitas vezes associado ao chumbo, cádmio, ferro e cobre. É encontrado como componente dos sistemas metabólicos de seres vivos, assim como em verduras e cereais. Nos resíduos sólidos, o zinco apresenta-se, sobretudo, na matéria orgânica, borrachas, plásticos e papel. Sua concentração não deve passar de 0,18 mg Zn /L. Nesse sentido, se um corpo de água atingir elevadas concentrações pode ocorrer a inibição do processo anaeróbio.

- Cádmió (Cd): ocorre na natureza, principalmente, na forma de sulfeto. É insolúvel em água, sendo encontrado como sedimento de fundo ou partículas em suspensão, nas águas naturais. O cádmio é extremamente tóxico ao homem, apresentando efeito cumulativo. Sua acumulação se dá em diversos órgãos do corpo e origina uma extensa série de enfermidades, ligadas sobretudo ao sistema cardiovascular. Em zonas poluídas por cádmio, as culturas irrigadas com águas contaminadas pelo metal podem acumular concentrações suficientes para apresentar risco ao homem que consome estes alimentos.

Estudos demonstram que, no caso dos resíduos brasileiros, as principais fontes de cádmio são os plásticos, a matéria orgânica, os metais não ferrosos e as pilhas (Ni-Cd). O teor médio de cádmio, estimado para o lixo brasileiro, é de 3 mg Cd /kg resíduo.

- Mercúrio (Hg): é um metal pesado, extremamente denso e líquido à temperatura e pressão ordinárias. Encontra-se amplamente distribuído no meio ambiente. Diversos são os usos do mercúrio, nas atividades industriais, podendo resultar em poluição ambiental. O mercúrio apresenta efeitos cumulativos, em plantas e animais, como peixes. Esses efeitos podem acumular concentrações do metal milhares de vezes mais elevadas do que as das águas em que vivem. A intoxicação aguda com mercúrio causa, ao homem, morte em 10 dias. A intoxicação crônica ocasiona danos neurológicos, psicomotores e genéticos. Conforme os trabalhos de Rousseaux (1999), o teor médio de mercúrio, no lixo brasileiro, é de 0,2 mg Hg/kg de resíduos. As principais fontes de mercúrio, no lixo, são as matérias orgânicas, os papéis, os plásticos e as pilhas.

## **5.6 ANÁLISE LABORATORIAL DAS AMOSTRAS DE ÁGUA**

A metodologia de coleta e a análise laboratorial de amostras de águas superficiais ou subterrâneas, em qualquer pesquisa científica, são de fundamental importância, pois definem o grau de qualidade e confiabilidade dos resultados.

Os métodos de coleta e de análise das águas realizadas, na área de estudo, seguiram as normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização

e Qualidade Industrial (Inmetro), através da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA – AWWA – WPCF) (1995).

É importante destacar que as coletas das amostras das águas superficiais e subterrâneas, na área de estudo, do período de 1991 a 2008, foram realizadas pelos técnicos e engenheiros do DMLU. Segundo informações do DMLU de fevereiro de 2008<sup>11</sup>, foram seguidos todos os procedimentos metodológicos conforme determinação das resoluções vigentes, em cada época de coleta. Isso foi observado desde o material utilizado, a coleta das amostras, a conservação das mesmas, as temperaturas adequadas até a análise laboratorial, realizada pelo Laboratório de Análises Químicas Ltda (Laborquímica) de Porto Alegre.

As coletas de amostras das águas superficiais, subterrâneas e do líquido percolado seguiram sempre o mesmo critério metodológico. Assim, foram utilizados: frascos de vidro esterilizados, de 1000ml, adequados aos parâmetros analisados cedidos pela Laborquímica; luvas e botas de borracha, com o objetivo de evitar qualquer tipo de contato, que pudesse modificar as características da amostra colhida; o termômetro de Mercúrio, de coluna interna em escala  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -Incoterm, para verificação da medida da temperatura ambiente, na hora da coleta, e da temperatura da amostra; uma jarra e um balde de plástico, para a coleta nos pontos de difícil acesso ou nos casos em que não era possível realizar a coleta, diretamente, no frasco de vidro; e um funil, para a colocação do líquido coletado no recipiente de vidro.

Após a coleta e a medida da temperatura das amostras em cada ponto, foram colocados os reagentes: para a identificação de DQO e Nitrogênio Amoniacal foram colocadas 20 gotas de Ácido Sulfúrico, nos frascos de vidro esterilizado de 1000ml, com etiqueta azul; para a identificação de metais, foram colocadas 20 gotas de Ácido Nítrico, nos frascos de vidro esterilizado de 1000ml, com etiqueta amarela; para a identificação de Cloretos, DBO, Fósforo Total, Nitratos, não foram colocados reagentes, nos frascos de vidro esterilizado de 1000ml de etiqueta verde; no frasco de vidro com borda e tampa esmerilhada de etiqueta rosa, apropriado para a identificação de Oxigênio Dissolvido, foram colocadas 20 gotas do reagente Sulfato Manganoso, mais 48% água, e 20 gotas da solução Alcalina de Iodeto de Potássio/

---

<sup>11</sup> Dados obtidos através de entrevista com o Engenheiro Químico Eduardo Fleck, da Divisão de Destino Final do DMLU, em Porto Alegre, no dia 12/02/2008.



Ázida Sódica; e no frasco de vidro de coleta, esterilizado, de 125ml, apropriado para a identificação de Coliformes Fecais e Totais, não foram colocados reagentes. Para manter as mesmas condições da coleta das amostras, até a chegada ao laboratório Laborquímica, as mesmas foram condicionadas dentro de uma caixa de isopor com gelo, a uma temperatura de 4°C aproximadamente. (FOTO 18 e 19)



**Foto 18: Frascos e reagentes utilizados para análise dos parâmetros químicos e metais pesados de qualidade de água**

Fonte: TROLEIS, 2000.



**Foto 19: Frascos e reagentes utilizados para análise dos parâmetros bacteriológicos de qualidade de água**

Fonte: TROLEIS, 2000.

## 5.7 TÉCNICAS ANALÍTICAS DE DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Para a determinação dos parâmetros de qualidade em laboratório, foram empregadas técnicas analíticas específicas, descritas a seguir.

### 5.7.1 Parâmetros Químicos

•**Oxigênio Dissolvido:** No caso do oxigênio dissolvido, para obtenção do grau de concentração, utilizou-se a metodologia da Iodometria (48% água e 20 gotas de solução Alcalina de Iodeto) e para manter as características da amostra, após a coleta, foram colocadas 20 gotas do reagente Sulfato Manganoso.

•**Nitrato:** Para detectar o Nitrato, o método adequado é o do Espectrofotômetro de Absorção de Moléculas de Ácido Fenoldissulfônico. O equipamento utilizado é o Espectrofotômetro Ultravioleta – Visível, marca Varian, modelo 6345.

•**Fósforo Total:** O método para detectar o fosfato é o Espectrofotômetro de Absorção Molecular Ultra Violeta - Visível, marca Varian, modelo 634S.

•**Nitrogênio Amoniacal:** O método utilizado para detectar o Nitrogênio Amoniacal é o da Titulometria Destilada Prévia.

•**Demanda Bioquímica de Oxigênio:** O método da DBO<sub>5</sub> utilizado é o da Diluição e Incubação por cinco dias, a uma temperatura de 20°C, através do cálculo de Potenciometria eletrônica membrana. O equipamento, neste caso, foi uma estufa de incubação, com termoregulador de temperatura, marca Polilob, modelo TC500;

•**Demanda Química de Oxigênio:** O método utilizado na Demanda Química de Oxigênio é o da Dicromatometria, com refluxo aberto. Para se manter as características da amostra, foram colocadas 20 gotas de Ácido Sulfúrico, no momento da coleta, sendo que, no laboratório foi inserido o reagente Dicromato de Potássio, para detectar sua concentração.

•**Cloreto:** O método utilizado para identificar o Cloreto é o da Titulometria com precipitação Argentimétrica, sendo que sua margem de erro não ultrapassa os 1,7%.

### 5.7.2 Parâmetros Bacteriológicos

•**Coliformes Fecais e Totais:** Para os Coliformes, o método utilizado é o dos Tubos Múltiplos, com equipamento de contagem em filtro de membrana de nitrato de celulose reticulado, com 0,45 micrômetros de poro, em meios cultivo M-Endo agar LES a 44°C; análise de bactérias patogênicas.

### 5.7.3 Metais pesados

•**Chumbo, Cromo, Níquel, Ferro, Alumínio, Zinco, Cádmio e Mercúrio:** O método utilizado para detectar todos esses metais é o do Espectrofotômetro de Absorção Atômica, marca Varian, modelo Spectra, modelo Spectra 250 – plus.

## 6 GEOFÍSICA E A CONTAMINAÇÃO SUBTERRÂNEA

### 6.1 A GEOFÍSICA E O EM 34

Segundo Costa (1986), a água pura não existe na natureza porque, pela sua definição teórica, como combinação química de oxigênio e hidrogênio, só se encontra em laboratórios, necessitando de sofisticadas técnicas para sua preparação e conservação. A água é um solvente capaz de incorporar grandes quantidades de substâncias. Por isso, em contato com os minerais, constituintes dos solos e rochas nos quais circula, torna-se muito ativa, tendo grande facilidade de dissolver e reagir com outras substâncias orgânicas e inorgânicas. Nas águas superficiais, as substâncias dissolvidas predominantes estão sob a forma iônica e, ao lixiviar os solos e as rochas, enriquecem-se em sais minerais em solução. Nas águas subterrâneas, essa lixiviação também ocorre, só que lentamente devido às baixas velocidades de circulação das águas.

Uma das propriedades iônicas é medida pela condutividade elétrica, que possibilita medir a capacidade da água de conduzir a corrente elétrica, estando diretamente ligada ao teor de sais dissolvidos sob a forma de íons. A unidade de medida da condutância é o Mho e os valores da condutividade elétrica, para as águas subterrâneas nas análises geofísicas, são referidos ao milionésimo do Mho/cm, ou milisiemens por metro (mS/m).

Segundo Greenhouse (1991), geofísica é uma técnica analítica, que utiliza métodos de prospecção geológica elétricos, como a eletrorresistividade e o eletromagnético, para a detecção de zonas subterrâneas contaminadas.

Estudos geofísicos, aplicados em áreas que apresentam poluição provocada por depósito de lixo industrial e doméstico, foram realizados por Stollar et al (1975), Kelly (1976) e por Kollmann (1997). Tais levantamentos objetivaram detectar, delimitar e monitorar plumas subterrâneas, em cidades como Las Vegas (EUA) e Rotterdam (Holanda).

A partir da década de 1980, o desenvolvimento dos estudos geofísicos e sua aplicação foram intensificados no Brasil, servindo para identificar e monitorar a

contaminação das águas subterrâneas, provocada por depósitos de lixo industrial e doméstico.

A técnica de Geofísica foi utilizada, pela primeira vez, por Ellert et al (1988) e Ellert et al (1990), nos aterros sanitários de Santo André, São José dos Campos, e São Carlos, no Estado de São Paulo. Nesses estudos, foi empregado o método da eletrorresistividade (sondagem elétrica vertical), utilizando-se o eletromagnético EM 34-3, fabricado pela Geonics Ltda. O objetivo foi detectar, delimitar e potencializar as possíveis plumas de poluição subterrânea existentes, resultantes das lixívia produzidas pelos aterros sanitários, em virtude da decomposição da matéria orgânica, ali depositada. Segundo Ellert (1988), plumas são corpos líquidos superficiais ou subterrâneos, dotados de elevadas concentrações de poluentes de origem orgânica e inorgânica, com características próprias que, ao entrar em contato com um corpo de água, pode alterar suas características físicas, químicas, bacteriológicas e de concentração de metais.

No Rio Grande do Sul, a aplicação da técnica de geofísica, em aterros sanitários, é pouco utilizada, devido seu alto custo operacional. A aplicação geofísica, no Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes, ocorreu somente devido às parcerias já citadas no presente estudo. Para o presente estudo, foi de fundamental importância, a aplicação da técnica de geofísica para a detecção e monitoramento da pluma subterrânea ali existente.

O equipamento utilizado para medição de condutividade elétrica é o eletromagnético EM 34-3, composto de duas bobinas (uma transmissora e outra receptora), conectadas por cabos de diferentes comprimentos (10, 20 e 40m). A bobina transmissora emite um campo magnético primário  $H_p$ . Esse campo, em subsuperfície, induz correntes elétricas, que geram um campo magnético secundário  $H_s$ . A combinação desses dois campos,  $H_p$  e  $H_s$ , é medida pela bobina receptora. Tecnicamente, existe uma relação entre os dois campos, dada por  $H_s = K \cdot H_p$ , onde  $K$  depende da frequência do campo, da permeabilidade magnética, do espaçamento entre as bobinas e da condutividade elétrica do meio.

Segundo Mc Neill (1980), o uso do equipamento EM 34 de Geonics permite identificar as plumas poluentes, através dos resultados de condutividade elétrica, realizando leituras diretas em milisiemens por metro, coletando dados de condutividade em três níveis de camadas abaixo da superfície. Quanto maior a condutividade, mais alta é a concentração de íons e mais contaminada estará a

pluma. O autor destaca que áreas de várzea, com características de solo mal drenado, com baixa permeabilidade e com presença de terraços inundáveis, apresentam valores de condutividade elétrica aparente em torno de 25 a 30mS/m, quando não poluídas. Já áreas com essas características e com a presença de lixões e/ou aterros sanitários não controlados podem apresentar valores de condutividade elétrica entre 30 e 300mS/m. Assim, a condutividade serve para estimar as dimensões e as concentrações de uma pluma de resíduos orgânicos dissolvidos, usando os inorgânicos como indicadores indiretos.

Importante destacar que a profundidade de investigação depende da distância entre as bobinas. Podem ser utilizados cabos de 10, 20 e 40m de espaçamento entre as bobinas, sendo as profundidades médias detectadas 7,5m, 15m e 30m, respectivamente.

## **6.2 APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE GEOFÍSICA**

No mundo globalizado de hoje, o uso de técnicas modernas para monitorar a qualidade das águas e o estudo das águas subterrâneas assume, a cada dia, fundamental importância, como instrumentos capazes de promover soluções para os problemas de suprimento hídrico e de controle de poluição, intrínsecos às atividades humanas.

Segundo Bear (1979), devido ao grande armazenamento e ao lento movimento, os níveis de água subterrânea, nos aquíferos regionais, refletem o efeito acumulado de um longo período de tempo. As variações são relativamente pequenas e lentas, em comparação às variações dos níveis de água superficial. Por isso, registros de curta duração de níveis de água subterrânea são suficientes para fins de planejamento e monitoramento. Já nas águas de superfície, são necessários registros muito mais longos para caracterizar suas flutuações, que são mais frequentes e rápidas.

Com base nas características das águas subterrâneas e devido à área de estudo ser classificada como de risco, em função do mau gerenciamento dos resíduos sólidos ali depositados, produzidos pela cidade de Porto Alegre, nas

décadas de 1980 e 1990, buscou-se realizar um monitoramento na área, através de um levantamento geofísico.

A metodologia aplicada no Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes foi a da eletrorresistividade, desenvolvida por MC Neill (1980). A aplicação do método eletrorresistividade, através da técnica de sondagens elétricas verticais, permite mapear a variação de resistividade elétrica em subsuperfície e, com isso, identificar alvos para serem investigados quanto à existência de contaminação ou não no subsolo e das águas subterrâneas. Além disso, a técnica permite determinar parâmetros hidrogeológicos importantes, tais como profundidade do nível freático, gradiente hidráulico e outros.

O equipamento utilizado para realizar as medidas de condutividade elétrica aparente foi o eletromagnético transmissor e receptor EM 34-3, da Geonics. Foram utilizados os cabos de 10, 20 e 40m de espaçamento entre as bobinas, e as profundidades médias detectadas, com bobinas verticais, foram: 7,5m, 15m e 30m, respectivamente. O equipamento utilizado pode ser visualizado nas fotos 20 e 21.



**Foto 20: Eletromagnético transmissor e receptor EM 34-3, da Geonics**  
Fonte: TROLEIS, 2007.



**Foto 21: Cabos de 10, 20 e 40m de espaçamento e bobinas transmissora e receptora**  
Fonte: TROLEIS, 2007.

Os trabalhos de campo e todo o levantamento geofísico, na área, foram realizados no período de 26 de setembro de 2006 até o dia 07 de dezembro de 2006, quando foram coletados os dados de condutividade elétrica, nas três profundidades. Utilizou-se o *Global Position Satellite (GPS)* e TREX VISTA, para a locação das coordenadas geográficas, em cada um dos 427 pontos de monitoramento. Nesses pontos, foram coletados dados das 1281 unidades de medida de condutividade elétrica. Esse levantamento teve como objetivo estabelecer a posição real de cada ponto de coleta monitorado e detectar o valor da condutividade elétrica, para posterior elaboração da rede de pontos de geofísica e dos mapas de condutividade elétrica aparente.

A aplicação da técnica de geofísica, em toda a área de estudo, possibilitou demarcar, no terreno, 18 linhas que podem ser visualizadas na Figura 7.



### MAPA COM A REDE DE LINHAS E PONTOS DE GEOFÍSICA NO ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE E ÁREAS ADJACENTES

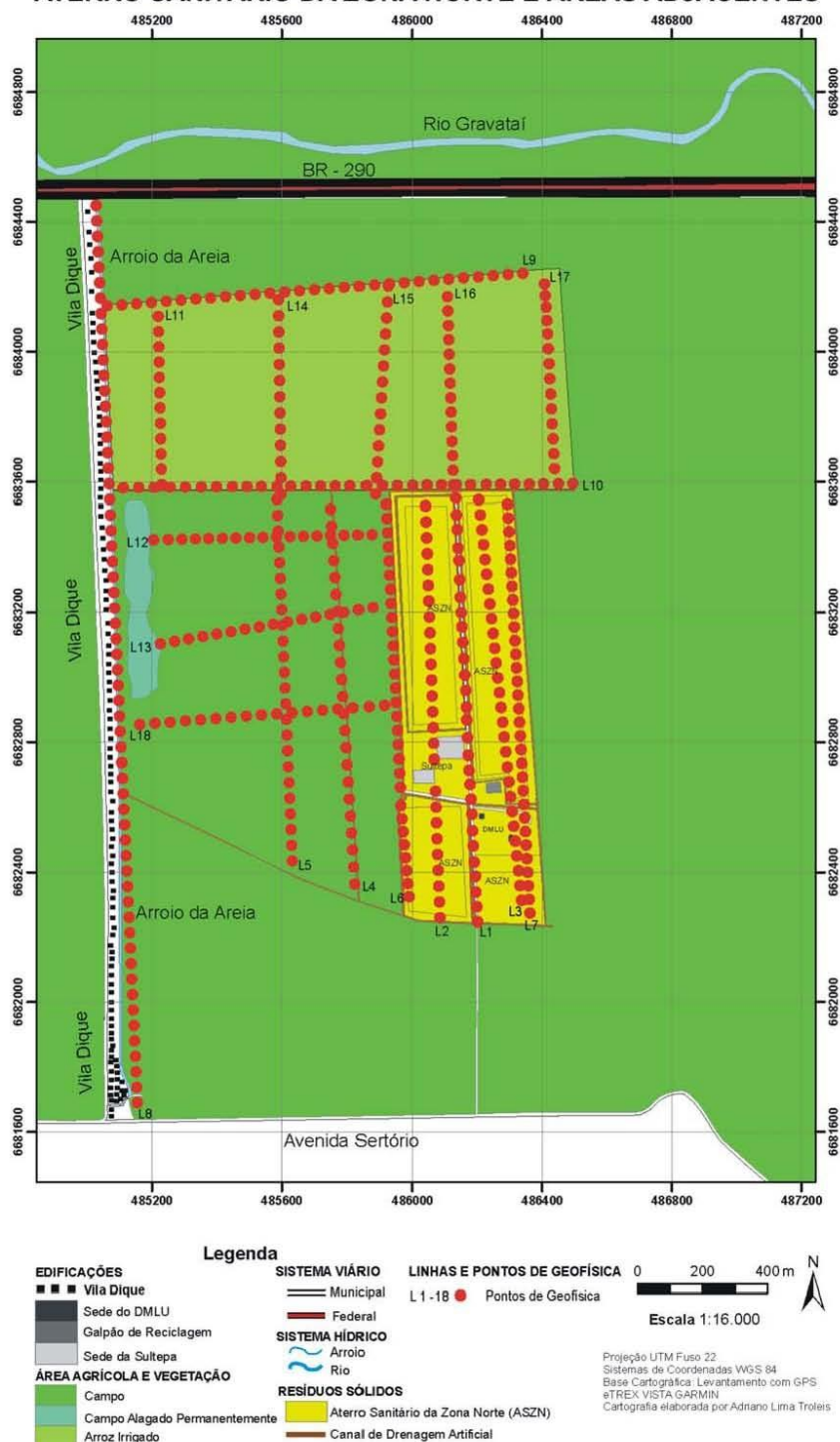


Figura 7 - Mapa com a rede de linhas e pontos de geofísica no aterro sanitário da zona norte e áreas adjacentes.

As linhas de geofísica 1, 2, 3, 6 e 7 localizam-se dentro da área do ASZN, distribuídas nas diferentes células de depósito de lixo. O monitoramento dessas linhas objetiva identificar, delimitar e caracterizar o grau de intensidade das lixívias, através do comportamento da condutividade elétrica aparente, evidenciada através da resposta da geofísica aplicada. É importante destacar que os diferentes resíduos urbanos (hospitalar, industrial e residencial), produzidos pela cidade de Porto Alegre, entre os anos de 1985 e 2000, encontram-se nas células de depósito de lixo.

Outro importante objetivo, durante a análise dos resultados da geofísica, é estabelecer uma relação entre a condutividade elétrica revelada do lixo mais jovem e a do lixo mais antigo, ali depositados.

Nas linhas 2, 3, 6 e 7, foram instaladas 114 estações de geofísica, sendo possível estabelecer 342 leituras de condutividade elétrica, nas três profundidades onde o lixo do aterro foi depositado.

Já os dados geofísicos da linha 1 foram coletados sobre uma via de acesso que separa o aterro sanitário em duas grandes células. O principal objetivo do levantamento geofísico, na linha 1, foi identificar se as lixívias das células adjacentes estão interferindo, nas diferentes profundidades, com a mesma intensidade evidenciada nas células de depósito de lixo. Ela compreende 27 estações de geofísica, com 81 leituras, nas três profundidades descritas.

As linhas 4, 5, 12, 13 e 18 localizam-se em uma propriedade particular, que fica a oeste do aterro e não possui depósito de lixo. Elas compreendem 98 estações de geofísica, com 294 leituras de condutividade elétrica, nas três profundidades descritas. A instalação das estações justifica-se da seguinte maneira:

- é uma área que pode estar poluída, pois não há um controle eficaz das lixívias do aterro, e a declividade do terreno ocorre no sentido leste-oeste, facilmente identificada pelo escoamento das águas superficiais;
- é uma área de várzea e o nível freático está a 0,20m da superfície; e
- é fundamental, para se detectar, delimitar e identificar a presença e o provável fluxo dessa pluma.

As linhas 9, 10, 11, 14, 15, 16 e 17 localizam-se em outra propriedade particular que fica ao norte, nordeste e noroeste do aterro. Também não possui depósito de lixo sobre ela, mas, se o sistema de controle de lixívias do aterro não

estiver funcionando, torna-se uma área de risco de poluição subterrânea e de provável contaminação do rio Gravataí. Elas compreendem 128 estações de geofísica, com 384 leituras de condutividade elétrica nas três profundidades descritas.

A linha 8 encontra-se paralela ao dique, à vila Dique e ao arroio da Areia. Ela compreende 60 estações de geofísica, com 180 leituras, nas três profundidades descritas. Tem por objetivo verificar se a pluma poluidora, através dos resultados da geofísica, misturou-se com o lençol freático, se ela chegou até o arroio da Areia e se seu escoamento está direcionado para o rio Gravataí ou não.

Após todo o levantamento e coleta de dados de geofísica, descritos anteriormente, foram criadas planilhas, no Excel, com a rede de pontos de monitoramento de geofísica.

### **6.3 ELABORAÇÃO DA CARTOGRAFIA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE**

A preparação da base cartográfica iniciou pela utilização dos dados dos 427 pontos de monitoramento de geofísica, coletados na área de estudo, que foram inseridos no software Excel. Foram criadas 18 planilhas (APÊNDICE 2), contendo o número de cada estação: as coordenadas geográficas, com datum horizontal WGS 84, como referência; e os respectivos valores de condutividade elétrica, em cada ponto, com as medidas de 7,5m, 15m, e 30m de profundidade.

Após, criadas as planilhas, com a rede de pontos de geofísica, foi realizado seu georreferenciamento. Com isso, foi gerado um *grid* de pontos e medidas. Utilizando o recurso mapas de contornos, foi inserido o *grid*, tendo sido criado três arquivos: (LZN – 10 – Tgrid), (LZN – 20 – T grid) e (LZN – 40 – T grid). Os arquivos correspondem aos mapas de condutividade elétrica aparente, de 7,5m, 15m e 30m.

O trabalho de editoração final e acabamento foi realizado no software *surfer*, assim como a calibração das cores e sua projeção foram convertidas para *Universal Transversa Mercator (UTM)*, fuso 22.

Para a elaboração da imagem em 3D, de condutividade elétrica aparente de 7,5m, 15m e 30m de profundidade, foram seguidos os mesmos passos da

elaboração do mapa de condutividade elétrica aparente, acrescidos da utilização do recurso Surface, do Software Surfer Versão 8.0 e da realização da interpolação, utilizando o método *Kriging*, para gerar a imagem em 3D, que revela os focos de maior e menor concentração de condutividade elétrica podendo-se, com ela identificar, delimitar e mapear o fluxo da pluma poluidora.

O software utilizado para a elaboração dos planos de informação, editoração e acabamento foi o ARC VIEW GIS 3.2.

#### **6.4 ANÁLISE DA CARTOGRAFIA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE**

A análise da cartografia foi realizada através da interpretação dos resultados obtidos pela aplicação da geofísica, na área de estudo, e da consequente geração dos mapas de condutividade elétrica aparente, de 7,5m, 15m e 30m de profundidade (FIGURAS 9, 10 e 11), e das Imagens em 3D, de condutividade elétrica aparente de 7,5m, 15m e 30m de profundidade (FIGURAS 12, 13 e 14).

É importante lembrar que o Aterro Sanitário da Zona Norte possui nove células de depósito de lixo, sendo que elas possuem diferentes comprimentos e alturas. Isso se deve à quantidade de resíduos sólidos depositados em cada célula e à técnica de compactação, desenvolvida no período de 1985 a 2000, que evoluiu ao longo dos 15 anos de depósito de lixo na área.

Outro fator que influencia na altura da célula é a idade do lixo ali depositado, pois, segundo Cotrim (1997), quanto mais antiga for a célula do lixo, mais avançado será o processo de decomposição da matéria orgânica e mais próximo da estabilização estarão os resíduos ali depositados. Consequentemente, menor volume e tamanho terá a célula de depósito de lixo. Tal decomposição gera inúmeros gases - entre eles, o gás metano, além da constante formação e da consequente percolação do chorume. Assim, consequentemente, a célula de depósito de lixo irá diminuindo de tamanho, ao longo dos anos. Em virtude disso, é importante caracterizar a altura das células do ASZN, referente ao ano de 2006, período em que foi realizada a aplicação da geofísica, em três níveis:

- as células 1, 2 e 3 variam de um a três metros de altura;
- as células 4, 5, 8 e 9 variam de cinco a sete metros de altura; e
- as células 6 e 7 variam de doze a quinze metros de altura.

A distribuição das células de depósito de lixo do ASZN pode ser visualizada na Figura 8.

A análise da geofísica ocorreu através dos resultados da condutividade elétrica aparente, nas três profundidades 7,5m, 15m e 30m. Estabeleceu-se uma relação entre a altura de cada célula e a profundidade da geofísica detectada em cada momento.

### ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE E SUAS CÉLULAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS



**Legenda**

<p><b>EDIFICAÇÕES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ■ Vila Dique</li> <li>■ Sede do DMLU</li> <li>■ Galpão de Reciclagem</li> <li>■ Sede da Sultepla</li> </ul> <p><b>ÁREA AGRÍCOLA E VEGETAÇÃO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Campo</li> <li>■ Campo Alagado Permanentemente</li> <li>■ Arroz Irrigado</li> </ul>	<p><b>SISTEMA VIÁRIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Municipal</li> </ul> <p><b>SISTEMA HÍDRICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>~ Arroyo</li> </ul> <p><b>RESÍDUOS SÓLIDOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aterro Sanitário da Zona Norte (ASZN)</li> <li>■ Canal de Drenagem Artificial</li> </ul>	<p>0 100 200 300m</p> <p><b>Escala 1:10.000</b></p> <p>Projeção UTM Fuso 22 Sistemas de Coordenadas WGS 84 Base Cartográfica: Levantamento com GPS e TREX VISTA GARMIN Cartografia elaborada por Adriano Lima Troleis</p>
---	--	---

Figura 8: Aterro Sanitário da Zona Norte e suas células de resíduos sólidos.

#### **6.4.1 Resultados dos Mapas de Condutividade Elétrica Aparente a 7,5m, 15m e 30m de profundidade**

Os resultados da sondagem elétrica vertical, representados nos Mapas de Condutividade Elétrica Aparente do ASZN e áreas adjacentes, com profundidade de 7,5m, 15 e 30m (FIGURAS 9, 10 e 11), revelaram grandes variações de condutividade elétrica.

De uma maneira geral, dentro da área de depósito do lixo, foram detectados valores de condutividade elétrica elevadíssimos, que variaram entre 25 e 180 mS/m, nas três profundidades, podendo-se, assim, identificar as lixívias geradas no aterro. Segundo Mc Neill (1980), áreas de várzea, com características de solo mal drenado e com presença de terraços inundáveis, apresentam valores de condutividade elétrica aparente em torno de 25 a 30mS/m, quando não poluídas.

Os resultados da geofísica nas áreas adjacentes ao Aterro Sanitário da Zona Norte, revelaram um extravasamento da pluma nas três profundidades, variando de 35 a 95mS/m, sendo que seu fluxo está direcionado para oeste, em direção ao arroio da Areia e do rio Gravataí.

**MAPA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE E ÁREAS ADJACENTES A 7,5M DE PROFUNDIDADE**

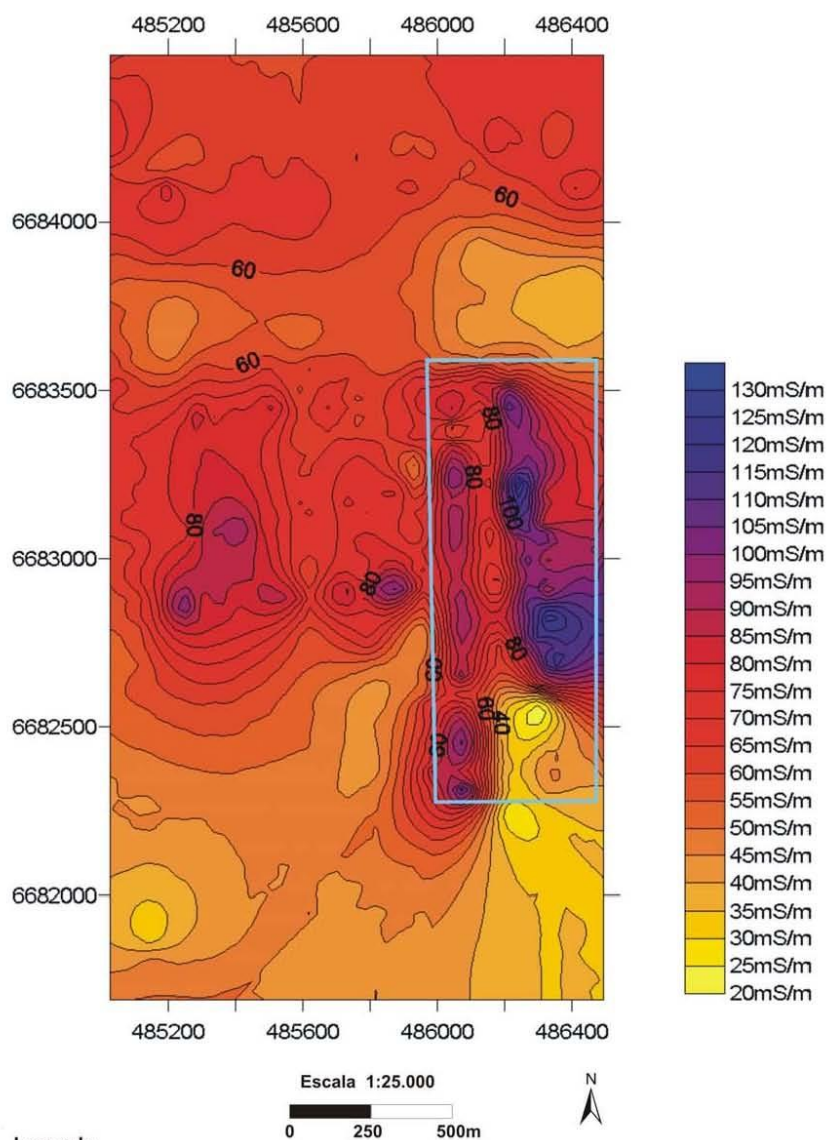


Figura 9 - Mapa de condutividade elétrica aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 7,5m de profundidade.



**MAPA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE E ÁREAS ADJACENTES A 15M DE PROFUNDIDADE**

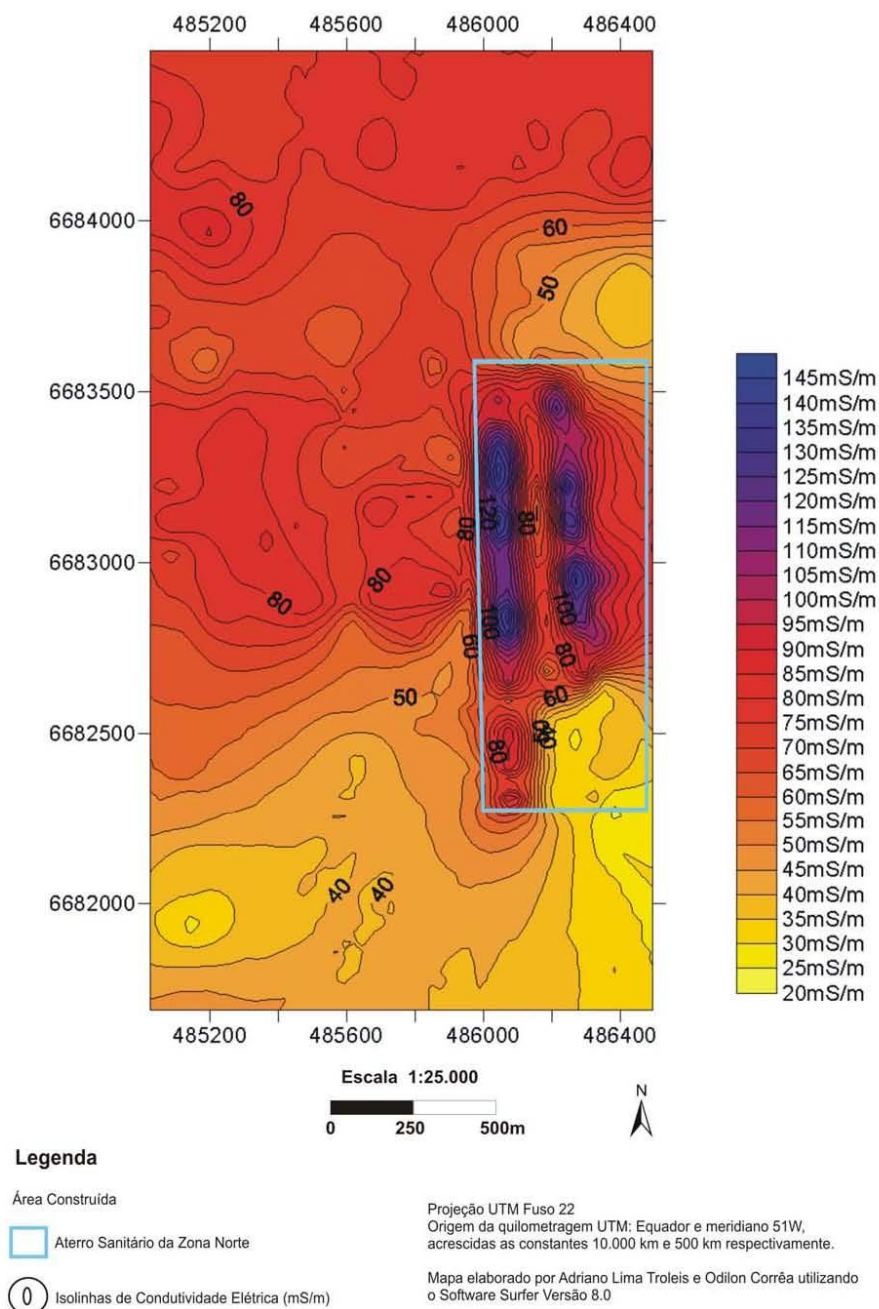


Figura 10: Mapa de condutividade elétrica aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 15m de profundidade.

### MAPA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE E ÁREAS ADJACENTES A 30M DE PROFUNDIDADE

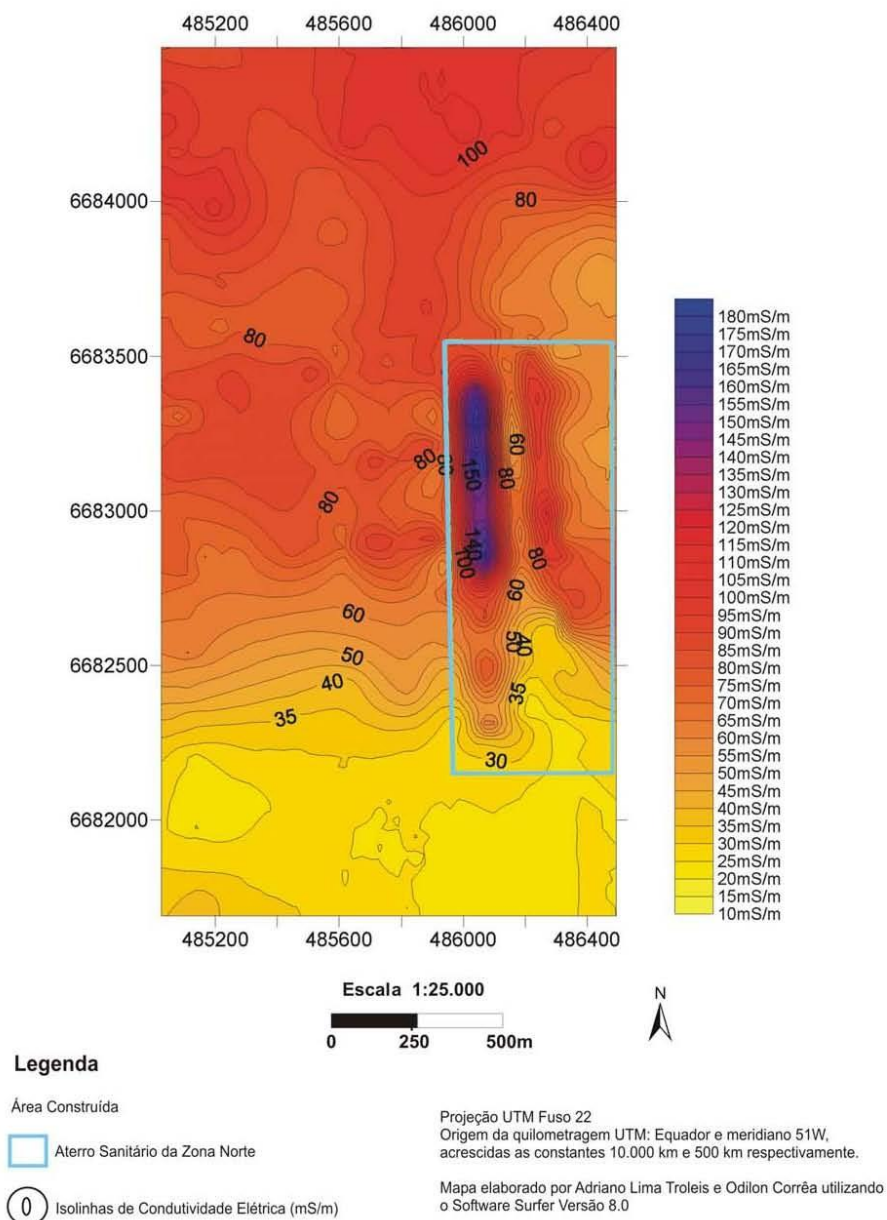


Figura 11: Mapa de condutividade elétrica aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 30m de profundidade.

Os dados obtidos permitiram perceber diferenças entre as células do aterro, tanto em função do tempo de instalação do depósito de lixo, quanto em relação à profundidade da coleta.

As células mais antigas, 1 e 2, localizadas ao sul da área do aterro, que receberam a carga de dejetos entre os períodos de 1985 e 1990, apresentaram valores maiores de condutividade elétrica da superfície até 15m de profundidade, o que caracteriza uma forte percolação dos poluentes no subsolo, e valores menores nas profundidades de 15 e 30m. Já a célula 3 apresentou baixos valores de condutividade elétrica, nas três profundidades, caracterizando uma estabilização da matéria orgânica ali depositada.

Como as células de lixo 1 e 2 variam de um a três metros de altura, os resultados da geofísica revelaram elevadas cargas de poluição das camadas de lixo, a 12 metros de profundidade, resultante da percolação das lixívia geradas no aterro.

Já as células 4, 5 e parte da 8, que ficam no centro do aterro, apresentaram valores maiores de condutividade elétrica, a uma profundidade de 7,5m, indicando forte presença de poluição, e valores gradativamente menores, mas ainda muito elevados, nas profundidades de 15m e 30m, respectivamente. Cabe salientar que, segundo o DMLU, essas células receberam depósitos de lixo até o ano de 1995, aproximadamente.

Como as células 4, 5 e parte da 8 variam de cinco a sete metros de altura, os resultados da condutividade elétrica detectaram elevados índices de poluição, nas camadas de depósito de lixo, até 15m de profundidade e menores índices de condutividade elétrica a 22m de profundidade no solo. Com isso, pode-se chegar à conclusão que a pluma apresentou valores menores, revelando uma tendência de estabilização, em profundidades maiores, nas células de depósito de lixo mais antigas e mostrou-se de forma mais intensa, nas camadas próximas à superfície.

Já a célula 6, que também se localiza no centro do aterro, apresentou elevados valores de condutividade elétrica na superfície, e valores gradativamente maiores dos 15m aos 30m de profundidade. Esse resultado mostra que há forte presença das lixívia geradas no aterro nesta célula e que elas estão percolando de forma intensa, atingindo o freático e o subsolo. Como a célula 6 possui cerca de 12 metros de altura, os resultados da geofísica revelaram uma elevada carga de poluição no interior das camadas de lixo, e também a 18m abaixo delas.

As células 7, parte da 8 e 9 que ficam ao norte do aterro, apresentaram valores de condutividade elétrica bastante elevados, nas três profundidades. Isto indica forte presença de poluição e uma considerável percolação das lixívias. Esses valores dão conta de que, quanto mais novos forem os depósitos de lixo, maior é a sua condutividade elétrica, o que significa forte presença de poluição.

Como as células de lixo 8 e 9 variam de cinco a sete metros de altura, os resultados da geofísica revelaram poluição a 23m de profundidade. Cabe ressaltar que as células 8 e 9 receberam depósitos de lixo até o ano de 1995; portanto, encontram-se em um avançado estágio de decomposição e estabilização da matéria orgânica e, conseqüentemente, de geração das lixívias. Nota-se, ainda, que os valores de condutividade elétrica, de 15 para 30m de profundidade, baixaram gradativamente. Isto caracteriza uma estabilização da matéria orgânica e dos índices de poluição e uma redução da percolação das lixívias.

Já a célula de lixo 7, que varia de 12 a 15 metros de altura, apresentou elevada poluição, no interior das camadas de lixo e também a 15m de profundidade no solo, evidenciando uma forte percolação das lixívias. É importante destacar que a célula 7 recebeu os resíduos da cidade de Porto Alegre, até o ano de 2000, quando se deu o fechamento do ASZN.

Quanto à resposta da geofísica nas áreas adjacentes ao ASZN, pode-se afirmar que há um extravasamento da pluma nas três profundidades e que seu fluxo migra para oeste, em direção ao arroio da Areia e do rio Gravataí. A pluma apresentou cerca de 1.200 m de largura e um comprimento de 2.200 m, como pode ser visto nas três figuras.

Nota-se, logo após a área delimitada do aterro, ao norte, uma queda da condutividade elétrica, que ocorre em virtude da presença de um dique na área. Após essa interferência, é possível visualizar a incidência da pluma de forma intensa novamente.

A condutividade elétrica, medida nas áreas adjacentes ao aterro, apresentou valores elevados, variando entre 45 mS/m e 90 mS/m nas profundidades de 7,5 e 15m. Como não existe depósito de resíduos sólidos nessa área, tal poluição é resultante das lixívias geradas e não controladas no aterro, que migraram lentamente para essa área. Já a 30m de profundidade, a condutividade elétrica variou de 30mS/m a 100mS/m, ou seja, apresentou uma oscilação na concentração de poluição bastante considerável, que pode ser caracterizada de duas formas:

- a primeira indica a redução bastante significativa dos resultados de condutividade, tanto em relação ao sul da área do aterro, quanto ao sul da área adjacente ao aterro, evidenciando-se uma redução do volume espacial da pluma;
- a segunda refere-se à presença de pontos isolados de concentração, que evidenciam a condutividade entre 80mS/m e 100mS/m.

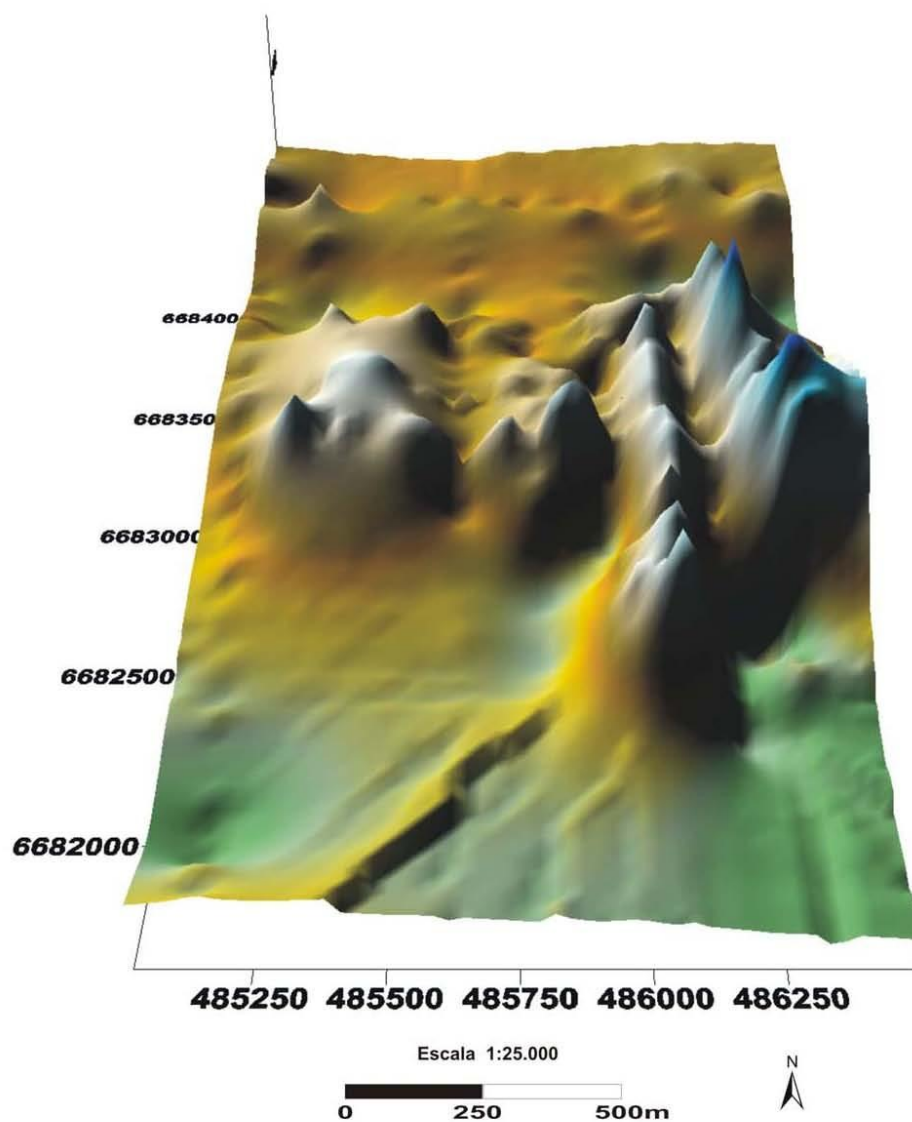
Portanto, pode-se concluir que há uma forte migração e percolação das lixívias, dentro e fora da área do aterro, caracterizando-o como um foco de poluição das águas superficiais e subterrâneas, dentro das bacias do arroio da Areia e Passo das Pedras.

#### **6.4.2 Resultados da Imagem em 3D da Condutividade Elétrica Aparente a 7,5m, 15m e 30m de profundidade**

Os resultados revelados nas imagens em 3D, pelos ensaios geofísicos realizados na área do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes, possibilitaram uma avaliação geral da área de monitoramento. As figuras (12,13 e 14), que retratam as Imagens em 3D da Condutividade Elétrica Aparente de 7,5, 15 e 30m, permitiram destacar:

- a elevada presença da pluma e seus principais pontos de poluição, revelados pelos picos de condutividade.
- a área em que está inserida a pluma poluidora;
- maior concentração da pluma poluidora, na região do aterro sanitário, com extravasamento das lixívias, para as áreas adjacentes;
- fluxo da pluma poluidora, em direção às áreas adjacentes, nas três profundidades analisadas, o que denota uma poluição dessas áreas, que pode ter consequências em curto, médio e longo prazo.

**IMAGEM EM 3D DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE E ÁREAS ADJACENTES A 7,5M DE PROFUNDIDADE**

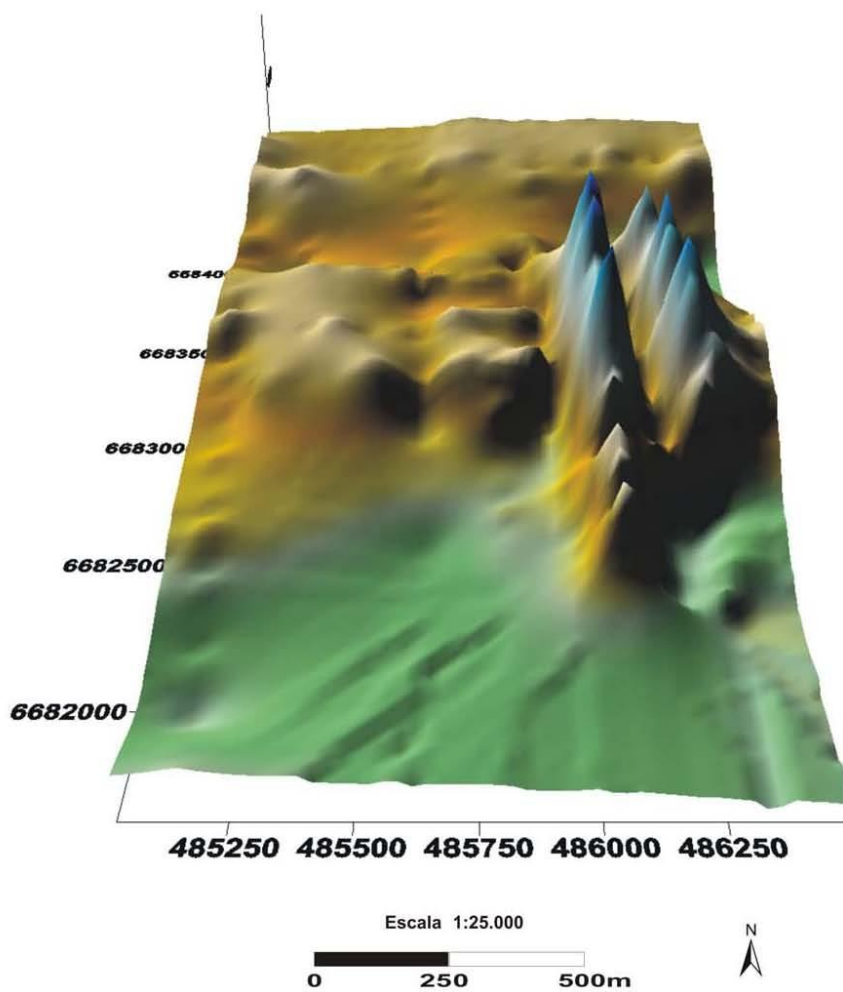


Projeção UTM Fuso 22  
Origem da quilometragem UTM: Equador e meridiano 51W,  
acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km respectivamente.

Mapa elaborado por Adriano Lima Troleis e Odilon Corrêa utilizando  
o Software Surfer Versão 8.0

Figura 12: Imagem em 3d de condutividade elétrica aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 7,5m de profundidade.

**IMAGEM EM 3D DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE E ÁREAS ADJACENTES A 15M DE PROFUNDIDADE**

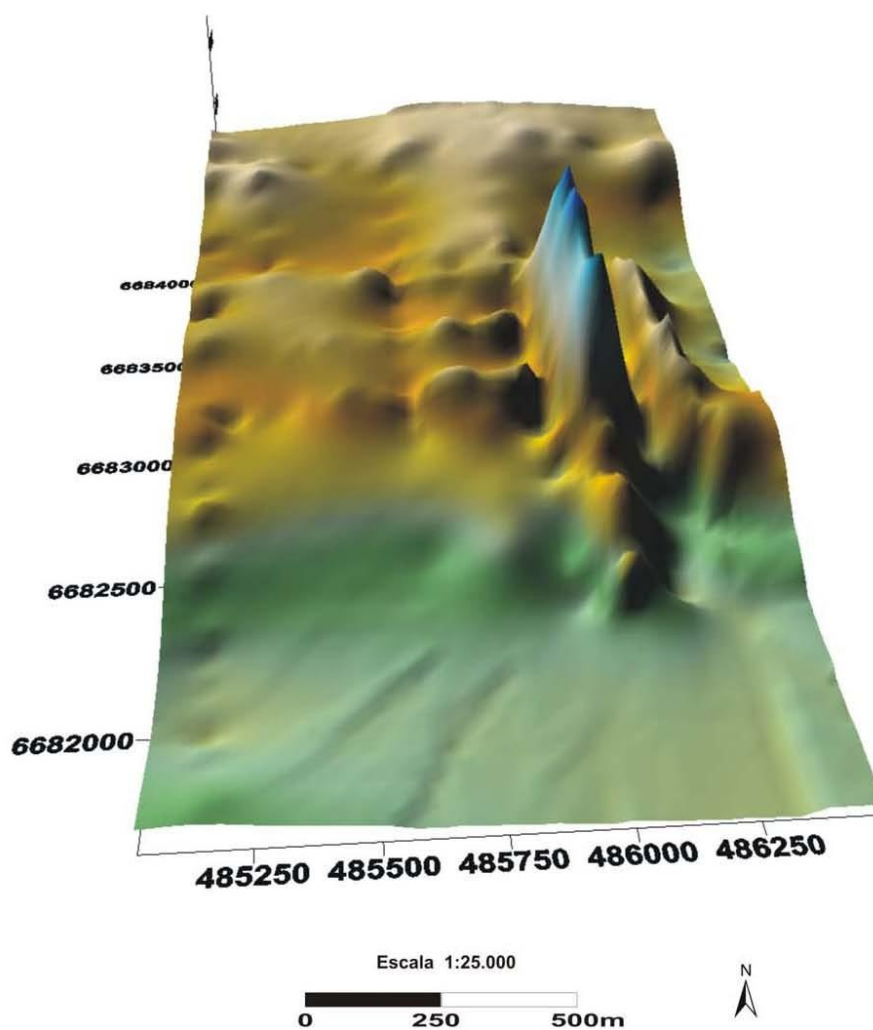


Projeção UTM Fuso 22  
Origem da quilometragem UTM: Equador e meridiano 51W,  
acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km respectivamente.

Mapa elaborado por Adriano Lima Troleis e Odilon Corrêa utilizando  
o Software Surfer Versão 8.0

Figura 13: Imagem em 3d de condutividade elétrica aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 15m de profundidade.

**IMAGEM EM 3D DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE E ÁREAS ADJACENTES A 30M DE PROFUNDIDADE**



Projeção UTM Fuso 22  
Origem da quilometragem UTM: Equador e meridiano 51W,  
acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km respectivamente.

Mapa elaborado por Adriano Lima Troleis e Odilon Corrêa utilizando  
o Software Surfer Versão 8.0

Figura 14: Imagem em 3d de condutividade elétrica aparente do Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes a 30m de profundidade.



De uma maneira geral, as figuras mostram, de forma destacada, algumas anomalias, que se referem às áreas de depósito de lixo do ASZN e às áreas de escoamento das lixívia, resultantes da ineficácia do aterro em conter as mesmas, afetando, assim, a qualidade das águas subterrâneas, em toda a área monitorada.

As três figuras apresentaram concentrações de condutividade elétrica maior, nos pontos de geofísica, coletados sobre as células de lixo do que nos pontos coletados nas áreas adjacentes. Apesar disso, foram detectadas elevadas concentrações de condutividade elétrica nas três profundidades, dentro dos limites do aterro e também nas áreas adjacentes.

Observa-se, ainda, que grande parte das lixívia está percolando, dentro dos limites do aterro, para as camadas inferiores, gerando pontos de maior e menor concentração. Um dado que torna ainda mais complexa a análise dos resultados da geofísica é o fato de que o lixo foi depositado em quantidades diferentes, em cada célula, ao longo dos anos. Além disso, as células de depósito de lixo são diferenciadas, porque algumas são mais antigas, datam de 1980, período que marca a abertura do lixão da zona norte. No caso destas, o lixo tem uma tendência de estabilização da matéria orgânica, o que gera uma redução nos resultados da condutividade elétrica e, conseqüentemente, uma redução de poluentes. Nas células mais jovens, o resultado é inverso, o que quer dizer que existe uma maior concentração de poluentes.

Estabelecendo uma relação entre as figuras, é possível concluir que, na área do aterro, houve grandes variações de condutividade elétrica e foram detectados elevados valores de poluição, nas diferentes profundidades. Já nas áreas adjacentes ao aterro, os valores detectados de condutividade elétrica foram elevados. Em relação à incapacidade de o aterro controlar suas lixívia e do extravasamento da pluma continuar ocorrendo na direção oeste, a 30m de profundidade sua intensidade foi reduzida de forma significativa, se comparada às reveladas nas camadas anteriores, mas ainda é presente. Isto indica um grave problema, já que o aterro sanitário não está cumprindo sua função de controle de poluentes, e que deveria ter sido resolvido na época da transformação do lixão em aterro sanitário, com um sistema adequado de drenagem e confinamento das lixívia. Com o extravasamento da pluma, nas diferentes profundidades, tem-se a contaminação das áreas adjacentes, tanto do solo, como das águas superficiais e subterrâneas, em direção ao arroio da Areia e a vila Dique.

## **7 EVOLUÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS**

### **7.1 PONTOS DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS, SUBTERRÂNEAS E DO LÍQUIDO PERCOLADO NO ASZN E ÁREAS ADJACENTES**

Em virtude da necessidade de se remediar a área do antigo Lixão da Zona Norte, que recebia toneladas de lixo, diariamente, depositados a céu aberto e da necessidade de aumentar sua vida útil, a Prefeitura Municipal de Porto Alegre contratou, em 1990, a empresa SPA (Sistema de Proteção Ambiental), para realizar um programa de monitoramento e destino final do lixo, na área do lixão, de forma menos impactante, sob o ponto de vista ambiental. Neste sentido, várias medidas foram tomadas, como: a disposição de resíduos novos sobre os antigos; a separação das células de depósito de lixo e a construção de drenos, para o escoamento do chorume e do gás metano, produzido no interior das células.

Com o objetivo de atender à legislação e de monitorar o comportamento e evolução das lixívias, que se formaram e se formam em decorrência da decomposição da matéria orgânica, foram construídos, pela SPA, através de um plano de monitoramento, vários poços. Esses poços foram distribuídos nas diferentes células de depósito de lixo e objetivaram a coleta e o monitoramento da água subterrânea e do líquido percolado. Paralelamente, foi realizado um monitoramento das águas superficiais, em diferentes pontos, no entorno do lixão.

O projeto inicial, segundo os documentos de planejamento e execução da empresa Sistema de Proteção Ambiental (SPA), deveria ser implantado em duas etapas. Na primeira, foram construídos “poços rasos” e, de acordo com os resultados obtidos, pela implantação desses, seria definido o local dos poços profundos.

Os “poços rasos” foram implantados na primeira camada, onde parte do solo é argiloso, com uma profundidade que varia de 3 a 5m, até que se encontre a camada de solo arenosa. Foi necessário muito cuidado, no local da perfuração, pois não se poderia perfurar um poço sobre o local onde havia camada de lixo e também se deveria evitar que a área escavada ficasse fora da área do aterro. Cada poço foi

construído com uma caixa de proteção, que impede a introdução de objetos estranhos, além de possuir um tampão roscável, que limita a entrada de água da chuva ou de inundação, preservando, assim, a retirada da amostra no momento da coleta.

Os pontos de coleta de água superficial foram escolhidos para identificar a qualidade das águas, através da análise dos constituintes químicos, bacteriológicos e metais, do entorno das células de depósito dos resíduos sólidos do ASZN e áreas adjacentes.

O monitoramento dos poços de coleta do líquido percolado apresenta as concentrações dos efluentes líquidos, gerados pelo ASZN, através da análise dos constituintes químicos, bacteriológicos e metais, no entorno das células do aterro.

Através dos poços de coleta das águas subterrâneas, foi possível saber se o aterro sanitário está contribuindo com a poluição das águas subterrâneas, em dois pontos, a oeste das células 6 e 7 do ASZN.

Foram construídos, pela SPA, dois poços profundos PJ1 e PJ2, de 20m cada, para coleta de amostras de água subterrânea; oito poços rasos, chamados de Ponto de Monitoramento de Efluente (PME), de 3 a 5m, para coleta de amostras do líquido percolado, distribuídos ao longo das células de depósito de lixo; e oito estações, chamadas de A, DM e DJ, para coleta de amostras de águas superficiais, distribuídas ao longo do ASZN e áreas adjacentes.

O DMLU, através da parceria estabelecida neste estudo, disponibilizou os dados das coletas de todos os pontos descritos, desde o início do monitoramento, até as últimas coletas, realizadas nos pontos e poços, período este compreendido de 1991 a 2008.

## **7.2 ELABORAÇÃO DO MAPA DE PONTOS DE COLETA DAS ÁGUAS**

Para a elaboração da base cartográfica, do mapa de pontos de coleta das águas, utilizou-se o croqui do ASZN, fornecido pelo DMLU. Do croqui, foram extraídos os seguintes planos de informação: o sistema viário, a rede de drenagem no entorno das células de depósito de lixo, a localização das nove células existentes no aterro e a localização da vila popular.

Com o objetivo de inserir novos elementos na base cartográfica, foram realizadas diversas idas a campo, sendo feito um levantamento com GPS, nos pontos: sede do DMLU, galpão de reciclagem, empresa Sultepa e ao longo do arroio da Areia. Além disso, foram utilizadas fotos aéreas, cedidas pela Metroplan, com datas de 1982 e 1990, em escalas 1:5000 e 1:8000, respectivamente.

Os reconhecimentos e registros no campo permitiram inserir mais três planos de informação: os pontos de coleta de água superficial e os poços de coleta de água subterrânea e de captação do líquido percolado, em cada célula do ASZN e áreas adjacentes.

É importante destacar que os dois poços de água subterrânea, chamados de PJ1 e PJ2, passaram a ser monitorados em 1992 e continuam sendo monitorados, até os dias de hoje.

Já em relação aos 13 poços, de monitoramento do líquido percolado construídos a partir de 1991, somente oito continuam sendo monitorados até os dias de hoje, chamados de PME1, PME2, PME4, PME5, PME6, PME7, PME8 e PME9.

Também foi definido, pelos engenheiros do DMLU e pela empresa SPA, a partir de 1991, o monitoramento de 10 pontos de coleta de água superficial. No momento de pesquisa somente seis pontos permaneciam monitorados, no entorno das células do ASZN, e fizeram parte deste estudo, chamados de A1, A2, A5, A6, A7 e A9. Além destes, considerou-se para a pesquisa dois outros pontos de coleta superficial, localizados no arroio da Areia chamados de DM e DJ.

O software utilizado para a elaboração dos planos de informação, editoração e acabamento foi o *ARC VIEW GIS 3.2*.

A figura 15 retrata o Mapa de Pontos de Coleta de Água Superficial, Subterrânea e Líquido Percolado, no Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes.

**MAPA DE PONTOS DE COLETA DE ÁGUA SUPERFICIAL, SUBTERRÂNEA E LÍQUIDO PERCOLADO NO ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE E ÁREAS ADJACENTES**

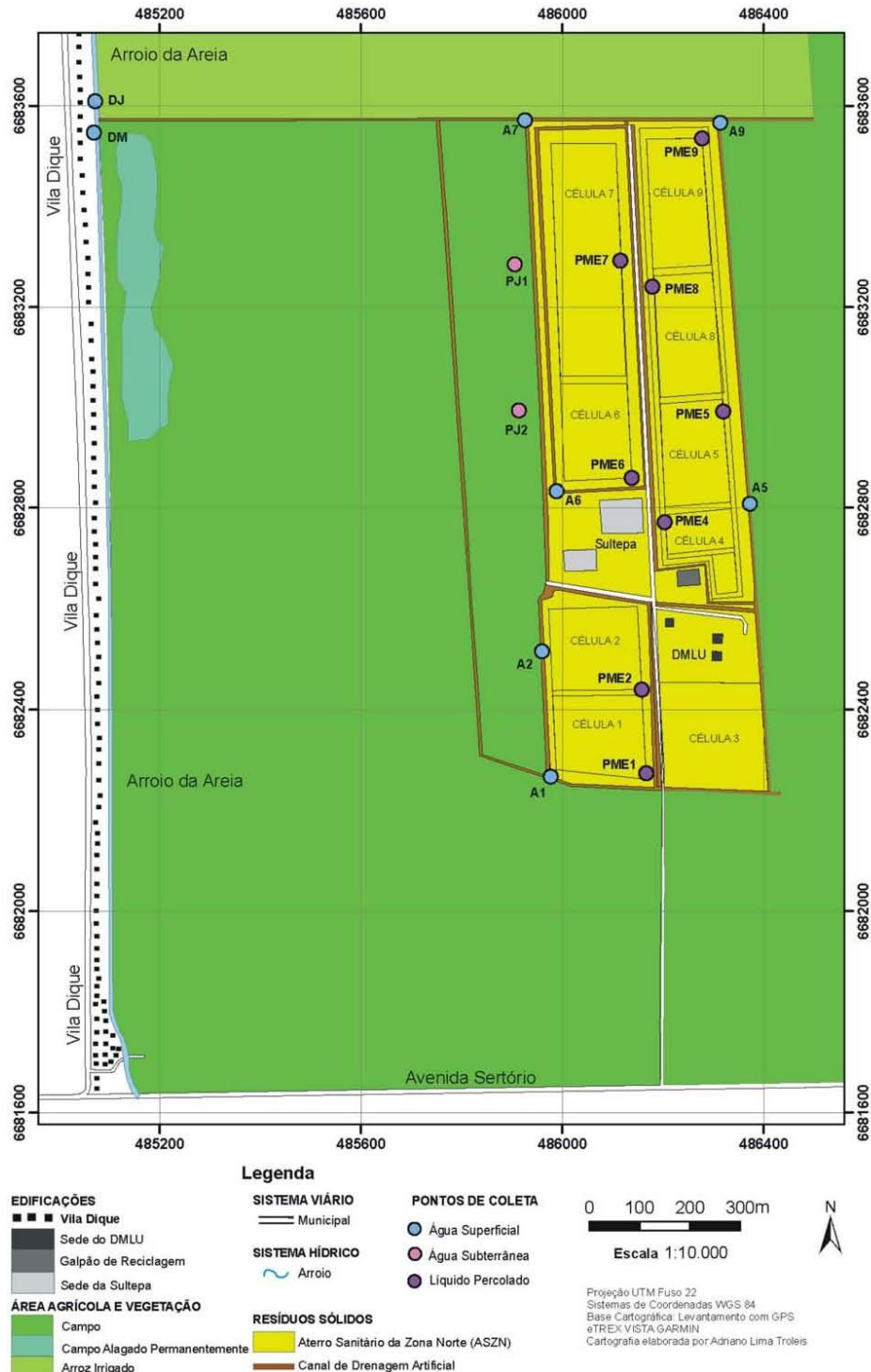


Figura 15: Mapa de pontos de coleta de água superficial, subterrânea e líquido percolado no Aterro Sanitário da Zona Norte e áreas adjacentes.

### **7.3 EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS**

O presente subcapítulo será desenvolvido através da análise da evolução temporal dos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Coliforme Fecal (CF), Alumínio (Al), Cádmio (Cd), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn). Essa análise foi realizada nos pontos de coleta das águas superficiais A1, A2, A5, A6, A7 e A9, localizados no aterro sanitário, e nos pontos DJ e DM, situados no arroio da Areia, ao longo do período de 1991 a 2006.

As águas das duas bacias hidrográficas, onde se encontram o arroio da Areia e o arroio Passo das Pedras, são enquadradas como classe 2, no que diz respeito aos usos. Portanto, todos os gráficos a serem analisados, de diferentes parâmetros, terão destacados os limites mínimos ou máximos, estabelecidos pela Resolução 357, de 2005, do Conama, para as águas doces da Classe 2.

#### **7.3.1 Comportamento dos parâmetros químicos, bacteriológicos e de metais no ASZN**

- **Oxigênio Dissolvido**

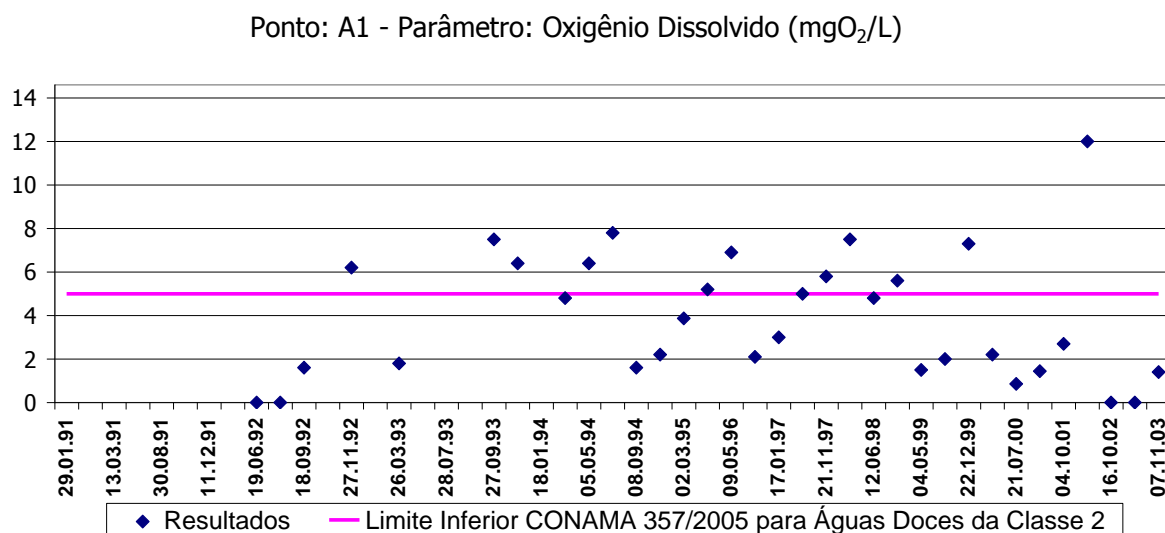
Sua importância justifica-se por ser fundamental para a manutenção da vida aquática aeróbica. Águas poluídas por resíduos orgânicos, como os do ASZN, tendem a desencadear um consumo do OD e podem afetar adversamente a sobrevivência das comunidades biológicas aquáticas, provocando a morte de peixes e de outras espécies que ali habitam.

É importante observar que, quanto maior a existência de poluentes, nos corpos hídricos, menor será a concentração de oxigênio. Variações do OD, em águas de superfície, podem ocorrer num período de 24h, em função das variações de temperatura e da atividade fotossintética de plantas e algas. Águas não poluídas apresentam concentrações pouco inferiores a 10mgO<sub>2</sub>/L. Concentrações de

5mgO<sub>2</sub>/L podem afetar, de modo prejudicial, a sobrevivência das comunidades biológicas e abaixo de 2mgO<sub>2</sub>/L podem provocar a morte da maioria dos peixes.

Foram escolhidos os pontos A1 e A7, para representarem a evolução temporal do OD, ao longo do período de coleta nos pontos de água superficial, localizados no entorno do ASZN. Essa escolha foi feita, pelo fato de esses pontos apresentarem dois comportamentos distintos, que podem ser identificados nos gráficos 4 e 5, respectivamente.

O gráfico 4 mostra o comportamento do parâmetro OD, ao longo do período de análise, no ponto A1.

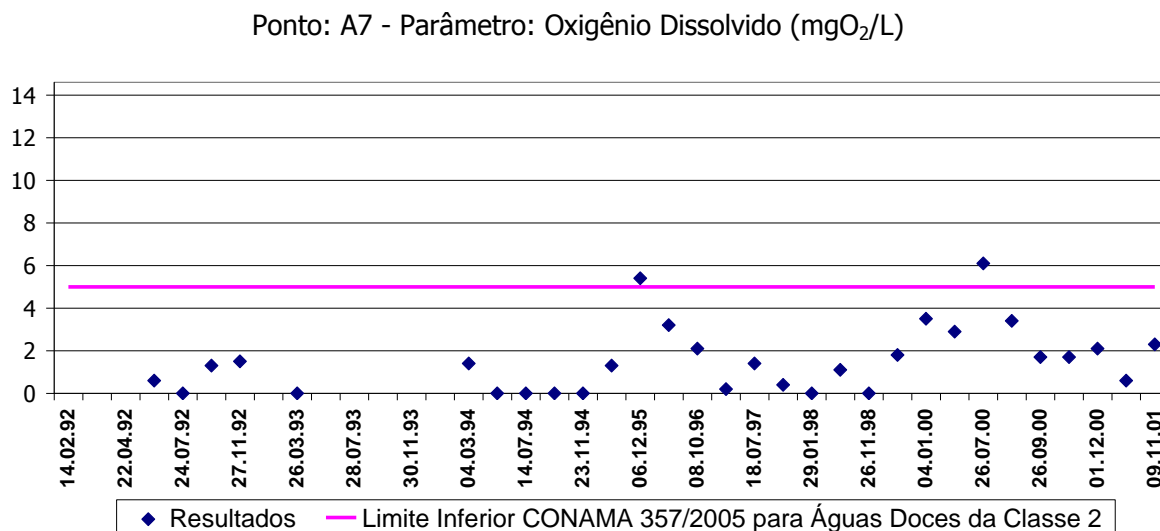


**Gráfico 4: Evolução Temporal do Parâmetro Oxigênio Dissolvido, no Ponto A1 das águas superficiais.**

Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 4 mostra que, ao longo do período de coleta, compreendido entre 1992 e 2003, vinte e uma coletas apresentaram valores inferiores ao limite mínimo, estabelecido pela Resolução Conama n° 357, para a classe 2, e apenas onze coletas foram superiores. Em geral, os resultados evidenciaram grande variabilidade do parâmetro, com predomínio de baixos valores de OD, no canal de água superficial no entorno do aterro, próximo à célula 1. Isso caracteriza a presença de poluição orgânica, decorrente das lixívias liberadas pelas células de lixo do aterro. A célula 1 é a mais antiga do ASZN, e a que apresenta o processo de estabilização da matéria orgânica mais avançado. Por isso, apresentou, em onze coletas, valores de OD acima do limite mínimo estabelecido para a classe 2.

O gráfico 5 mostra o comportamento do parâmetro OD, ao longo do período de análise, no ponto A7.



**Gráfico 5: Evolução Temporal do Parâmetro Oxigênio Dissolvido, no Ponto A7 das águas superficiais.**

Fonte: DMLU, 2008

Os resultados revelados, pelo gráfico 5, mostram que apenas duas das trinta coletas apresentaram valores de OD superiores ao limite mínimo, estabelecido pela Resolução Conama nº 357, para a classe 2. É importante destacar que os meses que antecederam as duas coletas com melhor concentração de oxigênio apresentaram superávit hídrico. Isto pode ter contribuído para a diluição dos poluentes e para uma melhora temporária na concentração de oxigênio na água.

Já os baixíssimos valores de OD evidenciam a presença de poluição de origem orgânica, no canal de água superficial, no entorno do aterro próximo à célula 7. A célula 7 é a mais jovem do ASZN, e a que apresenta o processo de estabilização da matéria orgânica menos avançado. Por isso, apresentou valores de OD acima do limite mínimo, estabelecido para a classe 2, somente em duas coletas.

Cabe destacar que o comportamento do OD, no ponto A2, foi muito semelhante ao do A1, em virtude de as células 1 e 2 terem a mesma idade de depósito de resíduos sólidos. Já o comportamento das células 5, 6 e 9, representadas pelo monitoramento dos pontos A5, A6 e A9, apresentaram concentrações de OD semelhantes ao do ponto A7, pois o seu estágio de estabilização da matéria orgânica é semelhante.



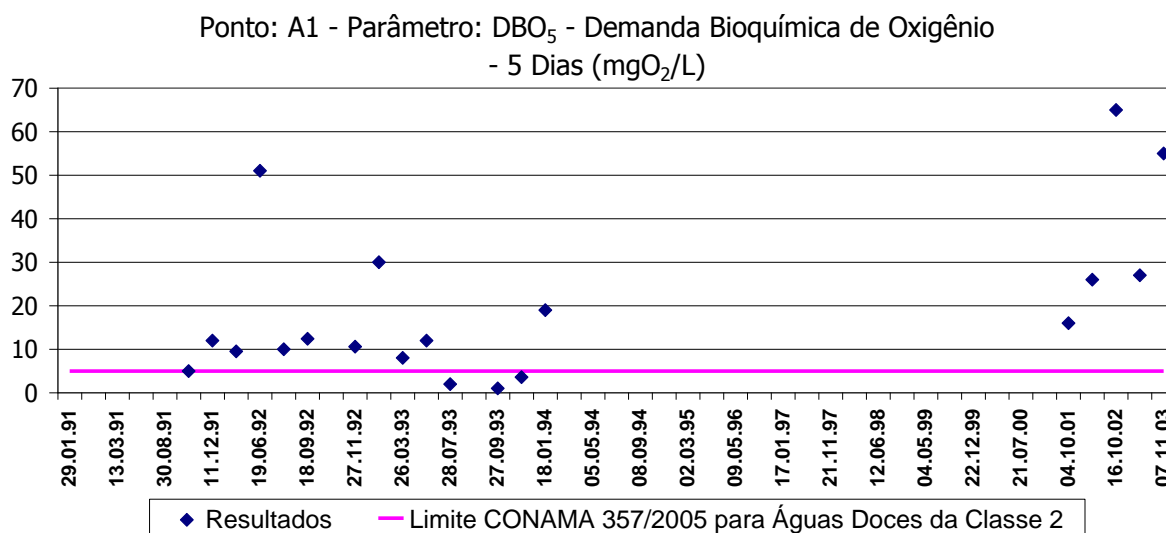
Assim, é possível concluir que a concentração do OD é maior, nas águas superficiais próximas às células mais antigas, devido ao avançado estágio de estabilização da matéria orgânica. Nas células mais jovens, é menor, pois o processo de estabilização encontra-se na sua fase inicial e, com isso, há um grande consumo do OD. De qualquer forma, as lixívias produzidas pelo aterro estão contribuindo para a poluição das águas superficiais, no seu entorno.

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio**

A DBO é o parâmetro mais usual para medição da poluição orgânica das águas residuárias. O teste da DBO tende a simular a estabilização da matéria biodegradável, fornecendo o “grau de poluição orgânica” do efluente líquido. Águas não poluídas têm valores de DBO em torno de 2,0mgO<sub>2</sub>/L ou menos, enquanto que aquelas que receberam águas servidas podem registrar valores acima de 10mgO<sub>2</sub>/L.

Foram escolhidos, para representar a evolução temporal da DBO, ao longo do período de coleta, os pontos A1, A5 e A7 de água superficial, localizados no entorno do ASZN. Esses pontos são significativos, por apresentarem três comportamentos distintos, que podem ser identificados nos gráficos 6, 7 e 8, respectivamente.

O gráfico 6 mostra o comportamento do parâmetro DBO, ao longo do período de análise, no ponto A1.



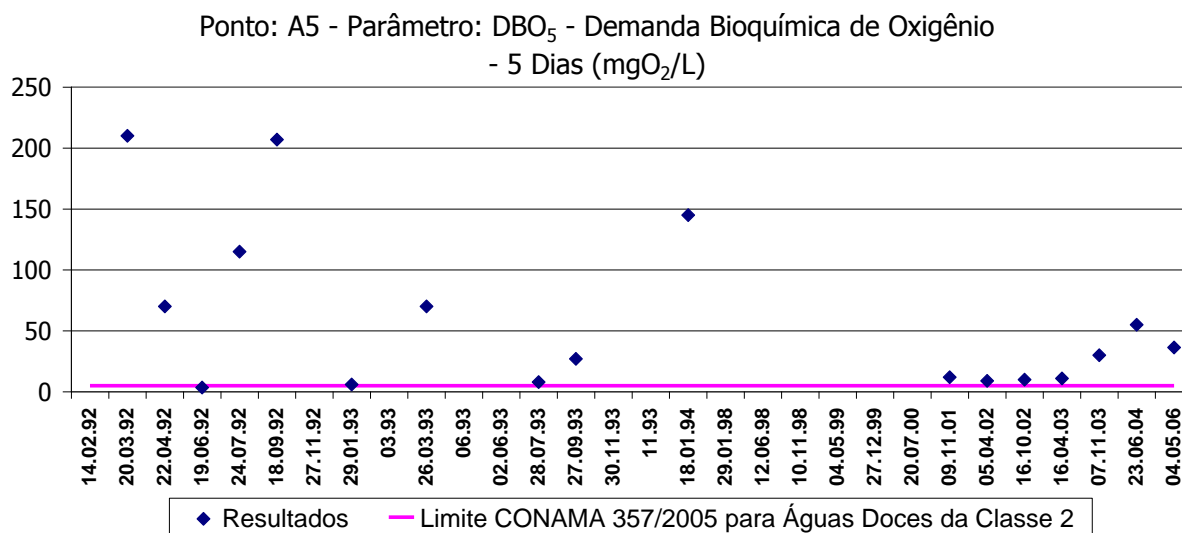
**Gráfico 6: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto A1, das águas superficiais.**

Fonte: DMLU, 2008

Os elevados resultados da DBO, em quase todas as coletas, realizadas ao longo do período de monitoramento, caracterizam a presença de grande quantidade de matéria orgânica, nos canais de drenagem do ASZN. A Resolução Conama nº 357 limita, para classe 2, o valor de 5,0mgO<sub>2</sub>/L. O grau de concentração evidenciado, no entanto, variou abaixo desse valor, apenas em julho e setembro de 1993. Nos demais anos, atingiu valores entre 10 e 65mgO<sub>2</sub>/L, extrapolando 11 vezes o limite máximo estabelecido.

Um dos fatores que podem ter contribuído para que os resultados desses dois meses tenham sido baixos foi que, no período, houve um superávit hídrico na área; conseqüentemente, ocorreu a diluição dos poluentes nas águas superficiais, reduzindo, assim, temporariamente, a concentração da DBO. Destaca-se que o ponto A1 monitora as águas da célula 1 e esta, por sua vez, é a mais antiga do ASZN, datando de 1985.

O comportamento do parâmetro DBO, no ponto A5, pode ser identificado no gráfico 7.



**Gráfico 7: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto A5, das águas superficiais.**

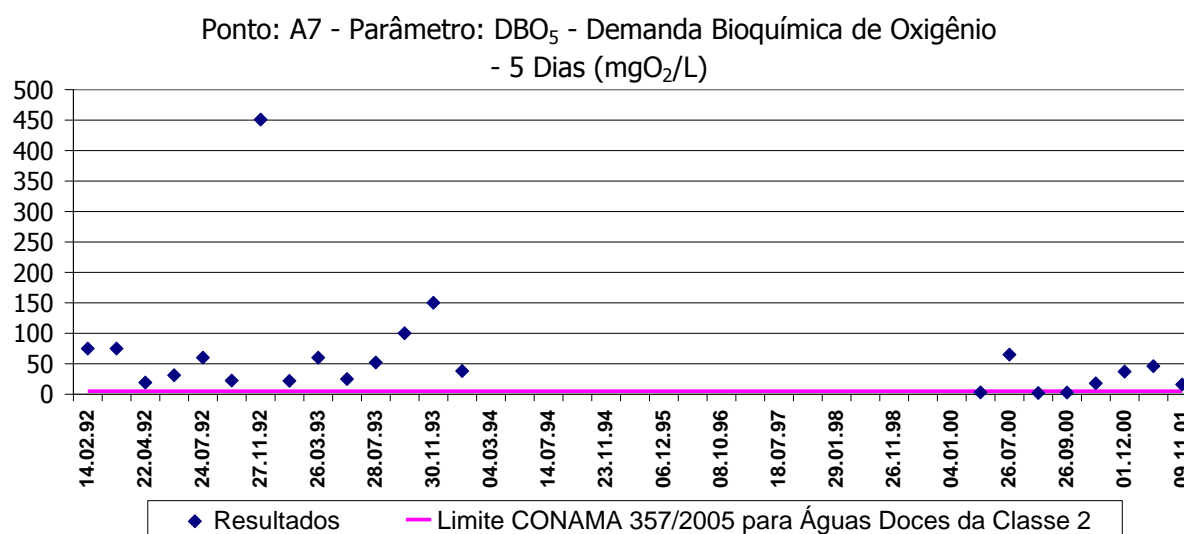
Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 7 mostra que o resultado da DBO, no ponto de coleta A5, revelou elevadas concentrações, em todas as coletas realizadas, apresentando valores que variaram dos 5mgO<sub>2</sub>/L até 210mgO<sub>2</sub>/L. Esses valores extrapolaram quarenta e duas

vezes o limite máximo estabelecido, caracterizando elevado grau de poluição, nas águas superficiais, superior aos resultados apresentados no ponto A1.

Nos anos de 1995 a 2000, não foram realizadas análises de DBO, no ponto A5. Destaca-se que o ponto A5 monitora as águas das células 4 e 5, e que estas receberam os resíduos sólidos de Porto Alegre, até o ano de 1995.

Já o comportamento do parâmetro DBO, no ponto A7, é possível identificar no gráfico 8.



**Gráfico 8: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto A7, das águas superficiais.**

Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 8 mostra que o resultado da DBO, no ponto A7, revelou elevadas concentrações, em dezenove das vinte e duas coletas realizadas, apresentando valores que variaram de 3mgO<sub>2</sub>/L até 450mgO<sub>2</sub>/L. Esses valores extrapolaram 90 vezes o limite máximo estabelecido, caracterizando elevado grau de poluição, nas águas superficiais, superior aos resultados apresentados nos pontos A1 e A5. O ponto A7, que monitora a qualidade das águas da célula 7, recebeu resíduos sólidos da cidade de Porto Alegre, até dezembro de 2000, quando ocorreu o fechamento do aterro.

É importante destacar que, no período de 1994 a 1999, não foram realizadas análises de DBO. Novas coletas foram feitas pelo DMLU, nos anos de 2000 e 2001, onde as concentrações apresentadas variaram dentro e fora dos limites máximos, estabelecidos pela Resolução 357, do Conama.

Os valores de DBO, revelados entre 2000 e 2001, ficaram entre 3,0mgO<sub>2</sub>/L e 65mgO<sub>2</sub>/L, o que mostra uma redução significativa, se comparados com os resultados obtidos nos anos de 1992 a 1994. Destaca-se que a DBO do efluente de aterro tende ao rebaixamento progressivo, com o tempo, devido à estabilização da matéria orgânica.

É possível concluir que a concentração da DBO é menor, nas águas superficiais próximas às células mais antigas, devido ao avançado estágio de estabilização da matéria orgânica. Nas células mais jovens, é maior, pois o processo de estabilização encontra-se na sua fase inicial. Pode atingir elevados valores, nos primeiros anos de decomposição da matéria orgânica, e ir reduzindo sua concentração, gradativamente, até a estabilização da mesma. De qualquer forma, os resultados apresentados, das lixívias produzidas pelo aterro, estão contribuindo para a poluição das águas superficiais, no seu entorno, tanto nas células antigas quanto nas células jovens.

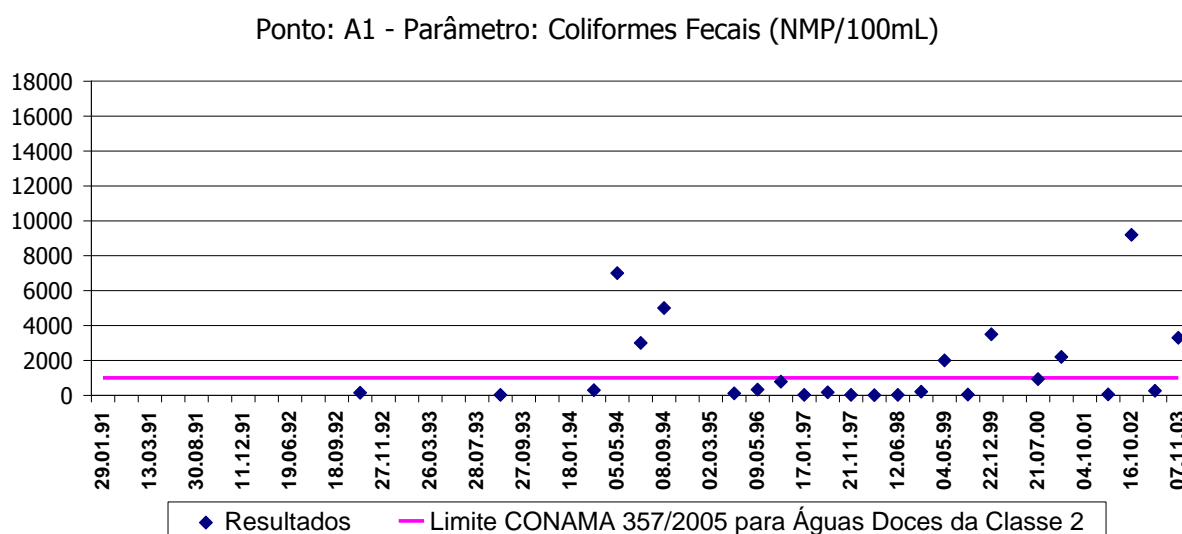
- **Coliformes Fecais**

Os CF são encontrados nas excretas de animais de sangue quente, não sendo patógenos. Se algum indivíduo for portador de alguma doença infecciosa, no entanto, há grande possibilidade de a água, onde forem depositadas as excretas, conter organismos patogênicos.

No monitoramento de águas próximas a aterros de resíduos sólidos, o aparecimento de elevado número de CF poderá, juntamente com outros resultados avaliados, significar contaminação por chorume. Isto pode se verificar, desde que seja descartada a contribuição de outros despejos. Uma contagem expressiva de CF indica que, muito provavelmente, a contaminação dá-se por esgotos ou excretas “in natura”.

Para representar a evolução temporal dos CF, ao longo do período de coleta, foram escolhidos os pontos A1 e A7 de água superficial, localizados no entorno do ASZN. A opção decorreu do fato de esses pontos apresentarem dois comportamentos distintos, que podem ser identificados nos gráficos 9 e 10, respectivamente.

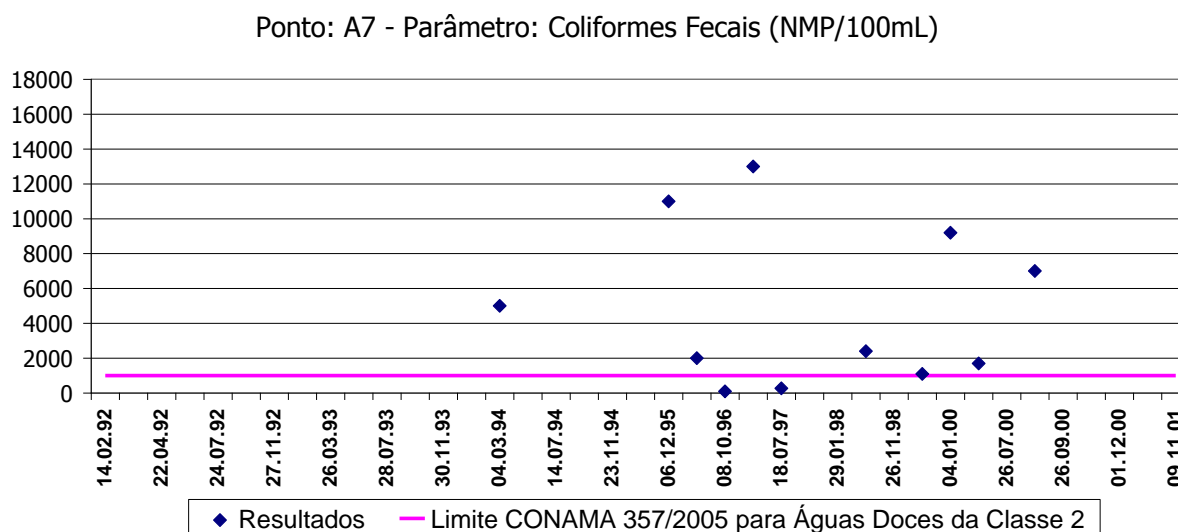
O comportamento dos CF, no ponto A1, pode ser visualizado no gráfico 9.



**Gráfico 9: Evolução Temporal do Parâmetro CF, no Ponto A1, das águas superficiais.**  
 Fonte: DMLU, 2008

Os resultados revelados pelo gráfico 9, no ponto A1, mostraram que 15 das 30 coletas apresentaram valores dentro do limite máximo, estabelecido pela Resolução Conama 357, para a classe 2. No período monitorado, os elevados valores de coliformes ocorrem em função da contaminação das águas superficiais pelo chorume, formado através da decomposição da matéria orgânica, depositada no aterro sanitário. Destacam-se os períodos de 1994, 1995 e 1999 a 2003, como os que apresentaram as maiores concentrações. O ponto A1 foi escolhido para representar os resultados do monitoramento e o grau de poluição das células mais antigas do aterro.

Já o comportamento dos coliformes fecais, no ponto A7, pode ser visualizado no gráfico 10.



**Gráfico 10: Evolução Temporal do Parâmetro Coliforme Fecal, no Ponto A7, das águas superficiais.**

Fonte: DMLU, 2008

Os resultados revelados pelo gráfico 10, no ponto A7, mostraram que apenas duas das 11 coletas apresentaram valores dentro do limite máximo, estabelecido pela Resolução Conama 357, para a classe 2. Elevadas concentrações de coliformes fecais indicam que o ponto monitorado sofreu influência do chorume, produzido na célula 7, em função do seu extravasamento para as áreas adjacentes.

O monitoramento dos coliformes fecais, a partir do ano de 2000, foi suspenso pelo DMLU, ficando dúvidas a respeito do seu comportamento. Esse ponto foi escolhido para representar os resultados do monitoramento, porque apresenta duas características fundamentais: escoar as lixívias superficiais produzidas pelo aterro, em direção ao arroio da Areia e da vila Dique, e monitorar a célula de depósito de lixo mais jovem do mesmo. Salienta-se que os coliformes, gerados em aterro sanitário, tendem ao rebaixamento progressivo, com o tempo, devido à estabilização da matéria orgânica.

É possível concluir que é menor a concentração de CF, nas águas superficiais próximas às células mais antigas, ao contrário do que ocorre nas células mais jovens. Essa concentração é resultante da decomposição da matéria orgânica, formada no aterro. Observou-se, também, que as lixívias produzidas no ASZN não estão confinadas e migram, pelo canal artificial, onde se localiza o ponto A7, em direção ao arroio da Areia e, posteriormente, em direção ao rio Gravataí.

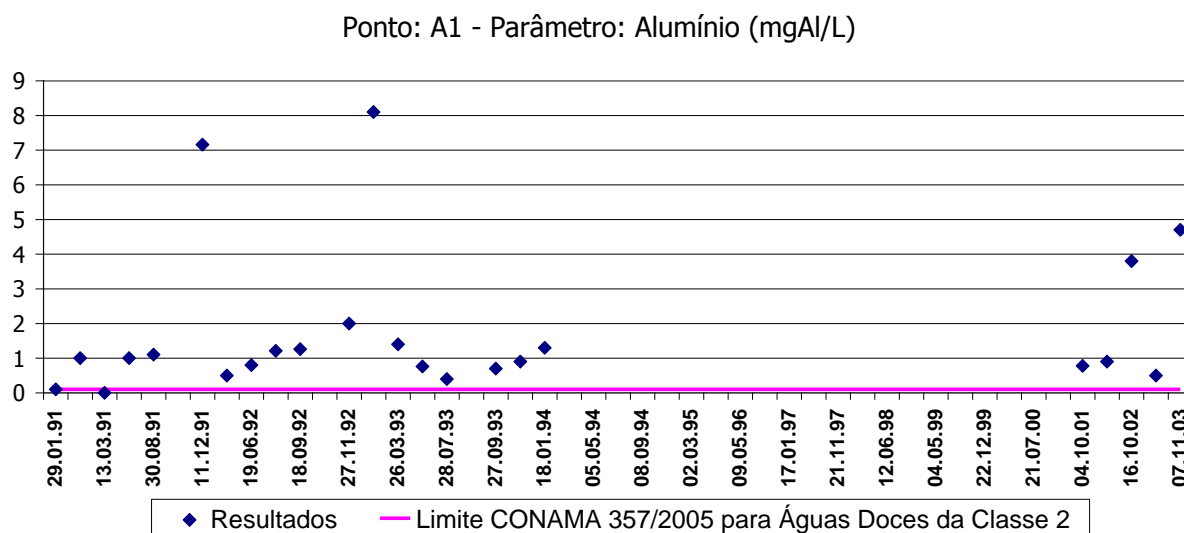
- **Alumínio**

O Al é um metal encontrado nos solos e sua presença, nos resíduos sólidos, é abundante, principalmente nas embalagens industriais. Se for consumido em elevadas concentrações, ele é responsável por doenças degenerativas do sistema nervoso central, causando efeito cumulativo.

No monitoramento de águas próximas a aterros de resíduos sólidos, o aparecimento elevado desse metal deve-se, principalmente, à presença de plásticos, papéis e papelão no aterro.

Para representar a evolução temporal do Al, nas águas superficiais do entorno do ASZN, foram escolhidos os pontos A1 e A5, porque esses pontos apresentaram comportamentos semelhantes aos evidenciados em todos os pontos monitorados. Tais comportamentos podem ser identificados nos gráficos 11 e 12, respectivamente.

O comportamento do Alumínio, no ponto A1, pode ser visualizado no gráfico 11.



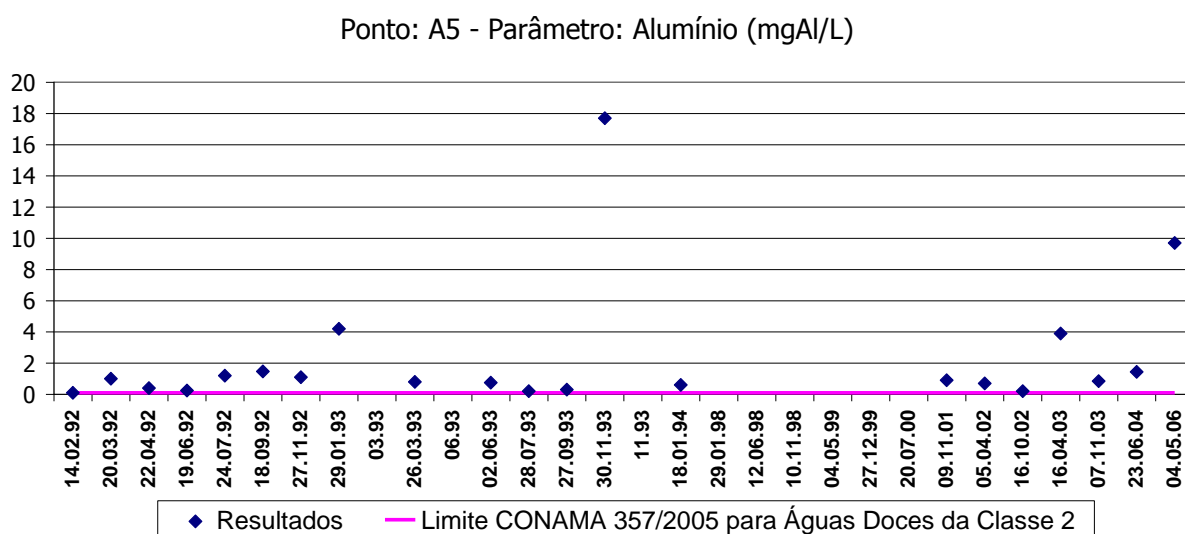
**Gráfico 11: Evolução Temporal do Parâmetro Alumínio, no Ponto A1, das águas superficiais.**

Fonte: DMLU, 2008

Os elevados resultados de Al, em 95% dos pontos de amostragem, das coletas realizadas ao longo do período de monitoramento, caracterizam a presença de grande quantidade de resíduos de origem industrial, depositados no aterro. A Resolução nº 357, do Conama, estabelece, como limite máximo de Al, o valor de 0,1mgAl /L. O grau de concentração evidenciado, no entanto, variou entre zero e

8,1mgAl /L, extrapolando oitenta e uma vezes o limite máximo estabelecido, revelando elevados índices de poluição. Esse resultado torna-se preocupante, porque, ao longo dos anos, não há uma redução desse parâmetro, em função da estabilização da matéria orgânica. Destaca-se que, no período compreendido entre 1995 e 2000, não foi realizado monitoramento de Al, no ponto A1.

Já o comportamento do parâmetro Al, no ponto A5, é possível identificar no gráfico 12.



**Gráfico 12: Evolução Temporal do Parâmetro Alumínio, no Ponto A5, das águas superficiais.**

Fonte: DMLU, 2008

Os elevados resultados de Al, apresentados no ponto A5, em 18 das 21 coletas realizadas, evidenciaram, novamente, a presença desse metal. Foram detectados valores que variaram de 0,1mgAl /L até 18mgAl /L. O limite de concentração, estabelecido pela Resolução n° 357, do Conama, no entanto, é de 0,1mgAl /L, tendo sido, portanto, extrapolado 180 vezes, o que revela elevados índices de poluição. Destaca-se que, no período compreendido entre 1995 e 2000, não foi realizado monitoramento de Al, no ponto A5.

É possível concluir que a elevada concentração de Al, nas águas superficiais, no entorno do ASZN, é resultante da presença de resíduos industriais, depositados nas células do mesmo. Isso ocorre porque as lixívias produzidas nas células do ASZN não estão confinadas e migram para as áreas adjacentes, tendo, como resposta, elevadas concentrações desse metal.



- **Cádmio**

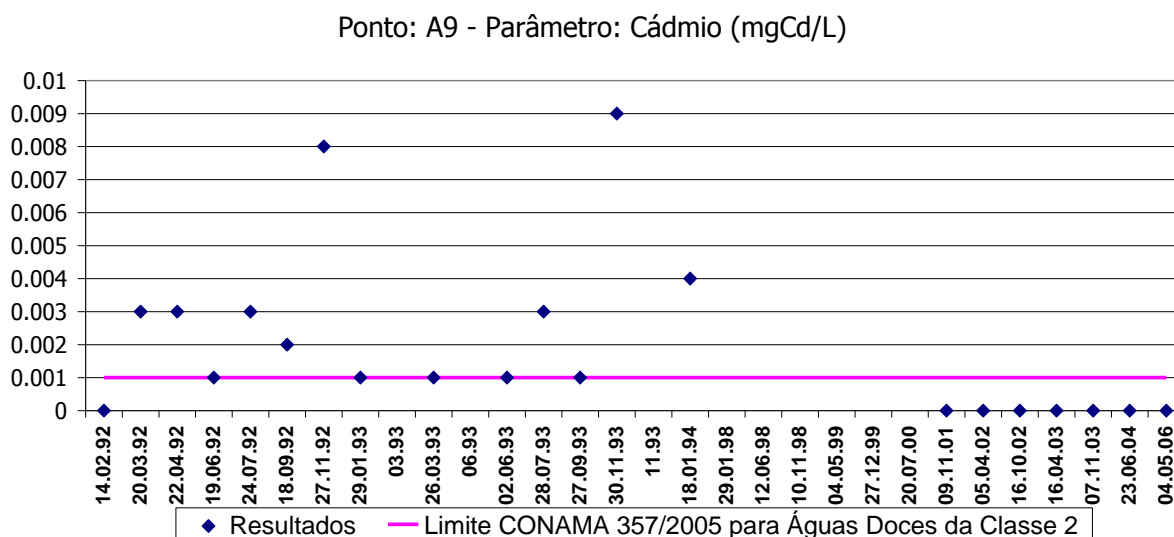
O Cd ocorre na natureza, principalmente como sulfeto, sendo insolúvel na água. Ele pode ser encontrado como sedimento em suspensão, em águas naturais. É extremamente tóxico, apresentando efeito cumulativo e podendo causar diversas enfermidades, ligadas ao sistema cardiovascular.

Em zonas poluídas por Cd, as culturas irrigadas com águas contaminadas pelo metal podem acumular concentrações suficientes para apresentar risco ao homem que consome estes alimentos.

No monitoramento de águas próximas a aterros de resíduos sólidos, as principais fontes de Cd são os plásticos, a matéria orgânica, os metais não ferrosos e as pilhas (Ni-Cd).

Para representar a evolução temporal do Cd, nas águas superficiais do entorno do ASZN, foi escolhido o ponto A9, em virtude de esse ponto estar localizado no canal de drenagem artificial, que recebe e escoas as lixívias produzidas no aterro, em direção ao arroio da Areia.

O comportamento do Cd, no ponto A9, pode ser visualizado no gráfico 13.



**Gráfico 13: Evolução Temporal do Parâmetro Cádmio, no Ponto A9, das águas superficiais.**

Fonte: DMLU, 2008

Os resultados das coletas realizadas, no ponto A9, revelaram grandes variações, com elevadas e baixas concentrações de Cd, entre os anos de 1992 e 1994. A Resolução Conama nº 357 limita, para classe 2, o valor de 0,001mgCd/L. O

grau de concentração evidenciado nesse período, no entanto, variou entre zero e 0,009mgCd/L, extrapolando nove vezes o limite máximo estabelecido.

No período de 1995 a 2000, não houve monitoramento. Novas coletas foram realizadas, do período de 2001 a 2006, quando as concentrações apresentadas ficaram, todas, dentro dos limites máximos estabelecidos pela Resolução 357 do Conama. Um dos fatores que pode explicar essa redução é que, em todos os meses coleta desse período, a área apresentou um superávit hídrico, podendo ter diluído a concentração dos poluentes ali presentes.

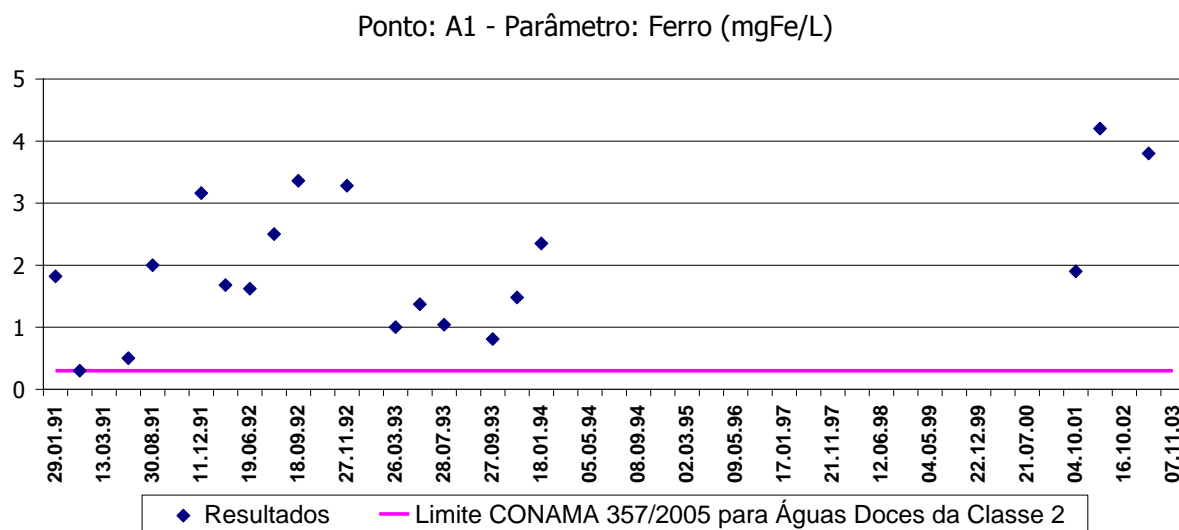
De uma maneira geral, os resultados das análises realizadas, nos pontos de coleta no entorno das células do ASZN, representadas pelo monitoramento no ponto A9, revelaram, de forma temporal, elevada poluição de Cd, nos anos entre 1992 e 1994, e baixas concentrações, entre os anos de 2001 e 2006. Esses resultados indicam que as lixívias geradas no aterro podem afetar a qualidade das águas superficiais e toda a comunidade aquática da região, restringindo, conseqüentemente, significativamente seus usos.

- **Ferro**

O Fe é um elemento necessário na vida aquática de muitos seres vivos, sendo um nutriente importante para a metagênese. Seu efeito negativo diz respeito à qualidade organoléptica da água, modificando sua cor e sabor. Ele se faz presente, de forma abundante, no lixo doméstico e nos resíduos industriais. Seu alto teor, na água, e sua presença, no corpo humano, atuam na formação da hemoglobina, sendo que, em excesso, esse elemento causa sérios problemas no sistema circulatório.

Para representar a evolução temporal do Fe, nas águas superficiais do entorno do ASZN, foram escolhidos os pontos: A1, por apresentar o resultado da célula de lixo mais antiga do aterro; e A7, pelo fato de esse ponto apresentar o resultado da célula de lixo mais jovem do aterro e estar localizado no canal de drenagem artificial que recebe e escoas as lixívias produzidas por ele, em direção ao arroio da Areia.

O comportamento do Fe, no ponto A1, pode ser visualizado no gráfico 14.

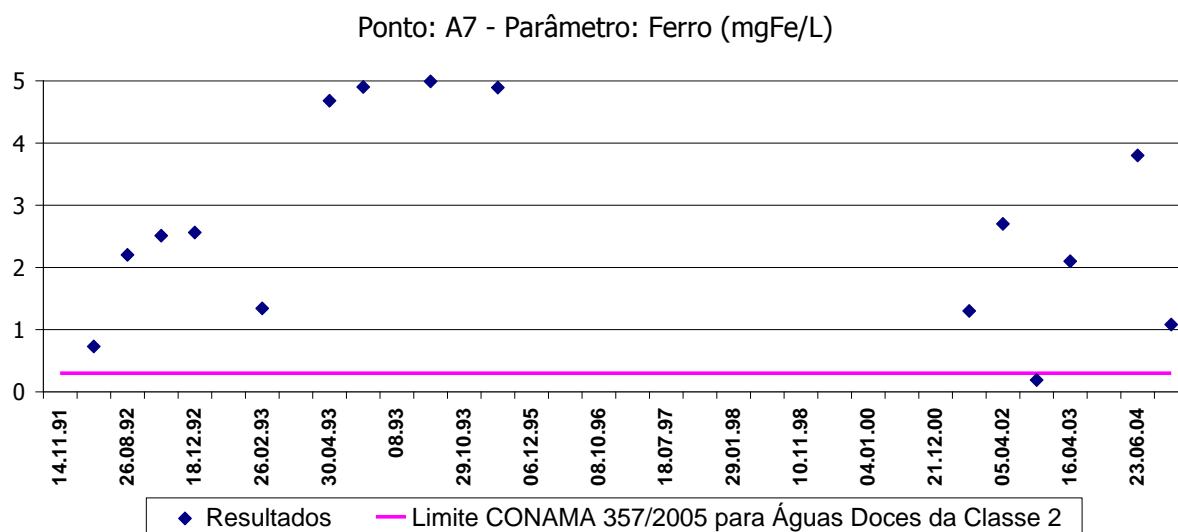


**Gráfico 14: Evolução Temporal do Parâmetro Ferro no Ponto A1 das águas superficiais.**

Fonte: DMLU, 2008.

O resultado da análise do Fe, no ponto A1, apresentou elevadas concentrações, acima dos limites estabelecidos pela Resolução Conama 357, para a classe 2, em 18 das 19 coletas realizadas, classificando-se como classe 3 e 4.

É importante destacar que, nos anos de 1995 a 2000, não foram realizadas análises de ferro, no ponto A1. A forte presença do Fe, no lixo doméstico e industrial, depositado no aterro, ao longo de todo o período de análise, está representada pelo gráfico 14. Os dados demonstram que, independente do avançado estágio de estabilização da matéria orgânica, seus valores continuam elevados. Já o comportamento do Fe, no ponto A7, pode ser visualizado no gráfico 15.



**Gráfico 15: Evolução Temporal do Parâmetro Ferro, no Ponto A7 das águas superficiais.**

Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 15 mostra que o ponto A7 apresentou, também, elevadas concentrações de Fe, em quase todas as coletas realizadas. Foram identificados valores que variaram acima dos limites máximos permitidos pela Resolução Conama 357, para a classe 2, caracterizando elevado grau de poluição desse metal, nas águas superficiais. A única coleta que apresentou valor abaixo do limite estabelecido foi a realizada em 12 de outubro de 2002. Um dos fatores que pode explicar essa redução é que, nos meses anteriores até a coleta, a área apresentou um superávit hídrico, podendo ter diluído a concentração dos poluentes ali presentes. Novamente, nos anos de 1995 a 2000, não foram realizadas análises de ferro.

De uma maneira geral, os resultados das análises realizadas nos pontos de coleta no entorno das células do ASZN, representadas pelo monitoramento nos pontos A1 e A7, revelaram, de forma temporal, elevada poluição de Fe. Esses resultados indicam que tanto as lixívias geradas nas células mais antigas, como a 1, quanto as mais jovens, como a 7, estão afetando a qualidade das águas superficiais.

- **Mercúrio**

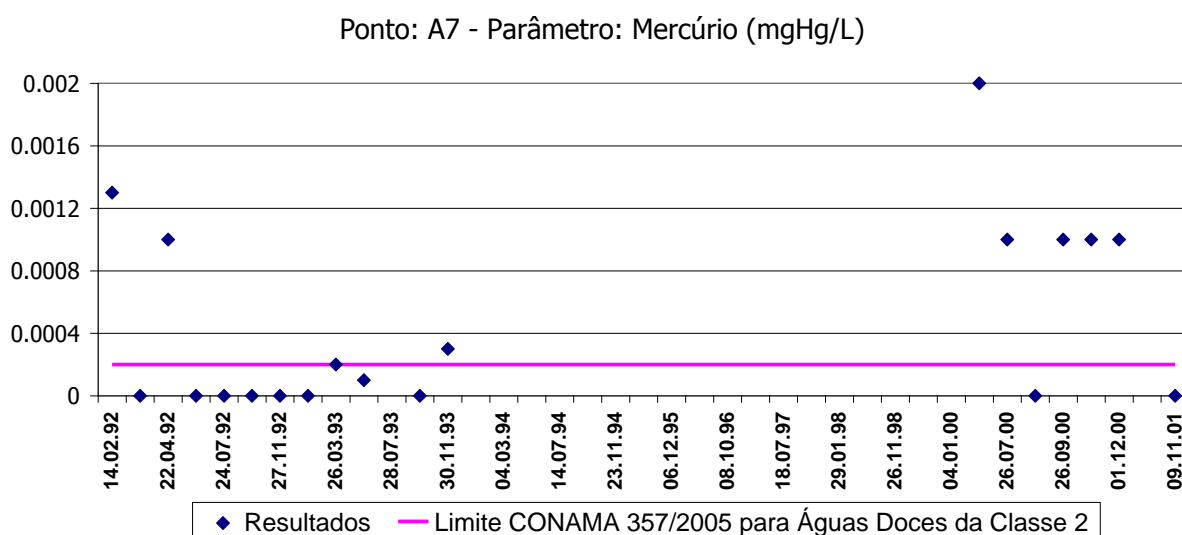
O Hg encontra-se amplamente distribuído no meio ambiente. Diversos são os seus usos, como ocorre nas atividades industriais, podendo resultar em poluição ambiental. A intoxicação aguda com Hg causa, ao homem, morte em 10 dias. A

intoxicação crônica ocasiona danos neurológicos, psicomotores e genéticos. As principais fontes de Hg, no lixo, são as matérias orgânicas, os papéis, os plásticos e as pilhas.

O mercúrio apresenta efeitos cumulativos, em plantas e animais, como peixes. Esses efeitos podem acumular concentrações do metal milhares de vezes mais elevadas do que as das águas em que vivem.

Para representar a evolução temporal do Hg, nas águas superficiais do entorno do ASZN, foi escolhido o ponto A7, por estar localizado no canal de drenagem artificial que recebe e escoas as lixívias produzidas pelo aterro, em direção ao arroio da Areia.

O comportamento do parâmetro Hg pode ser identificado no gráfico 16.



**Gráfico 16: Evolução Temporal do Parâmetro Mercúrio, no Ponto A7 das águas superficiais.**

Fonte: DMLU, 2008

Os resultados das coletas realizadas no ponto A7 revelaram grandes variações, com baixas e elevadas concentrações do Hg, entre os anos de 1992 e 1993. No período de 1994 a 1999, não foram realizadas análises de Hg. Novas coletas foram realizadas, do período de 2000 a 2001, quando as concentrações apresentadas variaram novamente, dentro e fora dos limites máximos estabelecidos pela Resolução 357, do Conama.

Um dos fatores que pode explicar os baixos valores de Hg, apresentados ao longo do período análise, é que a área de estudo obteve um superávit hídrico, podendo ter diluído a concentração dos poluentes ali presentes. A única coleta da

área de estudo, que apresentou baixas concentrações e que apresentou déficit hídrico, foi a realizada em 27 de novembro de 1992.

É importante destacar que o ponto A7 é um dos pontos mais representativos do ASZN, porque é através dele que as lixívias produzidas nas células escoam, superficialmente, em direção ao arroio da Areia e, posteriormente, para o rio Gravataí.

- **Chumbo, Cromo, Níquel e Zinco**

Os resultados dos metais pesados Pb, Cr, Ni e Zn, ao longo do período de análise, no ponto A7, podem ser vistos no quadro 4.

Parâmetro	Chumbo (mg Pb/L)	Cromo (mg Cr/L)	Níquel (mg Ni/L)	Zinco (mg Zn/L)
Limite Estabelecido Resolução 357/05 Conama- Classe 2	0,025	0,05	0,025	0,18
14.02.92	0,01	0,006	0,032	0,061
22.04.92	Zero	0,006	0,019	0,06
24.07.92	Zero	0,008	0,018	0,05
27.11.92	0,01	0,03	0,083	-
26.03.93	Zero	0,017	0,015	-
02.06.93	0,01	0,01	0,018	0,01
30.11.93	Zero	0,015	0,023	0,018
26.07.00	Zero	-	-	-
26.08.00	Zero	-	-	0,01
27.09.00	0,06	-	-	0,02

**Quadro 4: Resultados obtidos dos parâmetros Pb, Cr, Ni e Zn, no ponto A7, do ASZN e seus limites estabelecidos, para a classe 2, segundo a Resolução 357/05 do Conama.**

Fonte: Laudos do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (2008).

Adaptado por Troleis, Adriano Lima (2008)

- coleta não realizada

O quadro 4 mostra que os resultados dos metais pesados Pb, Cr, Ni e Zn, ao longo do período de análise, no ponto A7, revelaram baixos valores, dentro dos limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 357, em quase todas as coletas realizadas. Somente o Ni apresentou, em 1992, valores que excederam os limites estabelecidos, para a classe 2. Um dos fatores que pode explicar os elevados

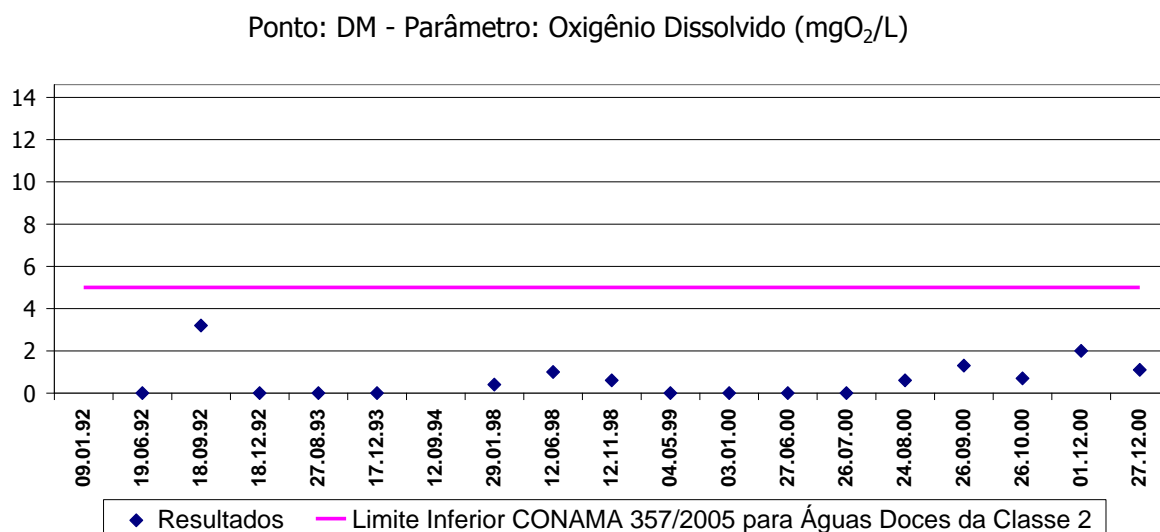
valores de Ni, apresentados em 1992, é que a área de estudo obteve um déficit hídrico, em fevereiro e novembro do mesmo ano, podendo ter contribuído com a concentração dos poluentes, ali presentes.

### 7.3.2 Comportamento dos parâmetros químicos e de metais, no arroio da Areia

Para representar a evolução temporal dos parâmetros químicos OD e DBO, nas águas superficiais do arroio da Areia, foi escolhido o ponto DM, por localizar-se no arroio e monitorar a qualidade das águas superficiais, decorrente do despejo dos dejetos lançados pela vila Dique.

- **Oxigênio Dissolvido**

O comportamento do parâmetro OD, no ponto DM, ao longo do período de análise, está descrito no gráfico 17.



**Gráfico 17: Evolução Temporal do Parâmetro Oxigênio Dissolvido no Ponto DM do arroio da Areia.**

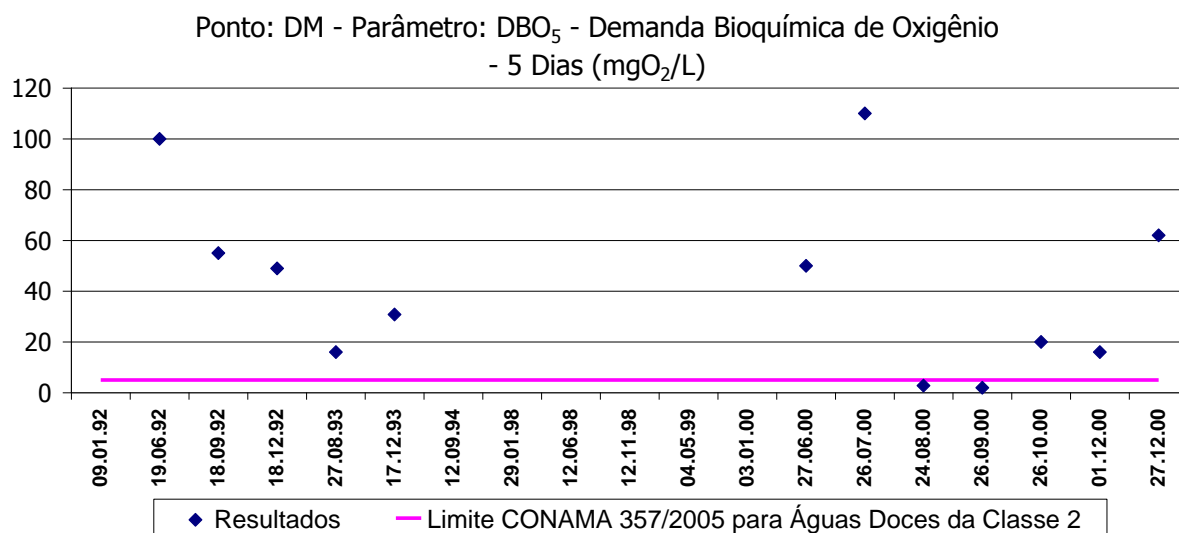
Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 17 mostra que todas as coletas apresentaram valores inferiores ao limite mínimo estabelecido pela Resolução Conama n° 357, para a classe 2. Os

resultados evidenciam baixíssimos valores de oxigênio dissolvido, no arroio da Areia. É importante destacar que várias coletas detectaram zero  $\text{mgO}_2/\text{L}$ , o que indica ausência desse elemento, caracterizando alto grau de poluição orgânica no corpo hídrico, ou seja, trata-se de um curso fluvial “morto” em várias épocas dos anos analisados. O maior valor detectado de oxigênio, no Ponto DM, foi  $3,2\text{mgO}_2/\text{L}$ , sendo classificado pela resolução como classe 4, ou seja, servindo apenas para navegação e usos menos exigentes. A importância desse parâmetro justifica-se por ele ser fundamental para a manutenção da vida aquática aeróbica.

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio**

É possível identificar o comportamento do parâmetro DBO, ao longo do período de análise, no gráfico 18.



**Gráfico 18: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto DM, do arroio da Areia.**

Fonte: DMLU, 2008.

Os elevados resultados da DBO, em quase todas as coletas realizadas, ao longo do período de monitoramento, caracterizam a presença de grande quantidade de matéria orgânica no arroio da Areia. A Resolução Conama nº 357/2005 limita, para classe 2, o valor de  $5,0\text{mgO}_2/\text{L}$ . O grau de concentração evidenciado, no entanto, variou entre 2 e  $110\text{mgO}_2/\text{L}$ , extrapolando vinte e duas vezes o limite máximo estabelecido. É importante destacar que os meses de baixa concentração da DBO, agosto e setembro de 2000, apresentaram superávit hídrico, o que pode ter contribuído para a diluição dos poluentes e para uma melhora momentânea na



qualidade das águas. É possível notar, no gráfico 18, que as coletas de outubro e dezembro de 2000, revelaram, novamente, elevados índices de poluição.

- **Cromo, Alumínio, Níquel, Ferro, Chumbo e Cádmio**

Para representar a evolução temporal dos metais pesados, nas águas do arroio da Areia, foi escolhido o ponto DJ. Isto se deu em função de este ponto se localizar no arroio e monitorar a qualidade das águas superficiais. Essa qualidade decorre do despejo dos dejetos, lançados pela vila Dique, e do escoamento das lixívias, produzidas pelo aterro, através do canal de drenagem artificial. Importante destacar que tais parâmetros somente foram monitorados nos anos de 1992, 1993 e 2000.

Os resultados dos metais pesados Cr, Al, Ni, Fe, Pb e Cd, no ponto DJ, podem ser vistos no quadro 5.

<b>Parâmetro</b>	<b>Cromo (mg Cr/L)</b>	<b>Alumínio (mg Al/L)</b>	<b>Níquel (mg Ni/L)</b>	<b>Ferro (mg Fe/L)</b>	<b>Chumbo (mg Pb/L)</b>	<b>Cádmio (mg Cd/L)</b>
Limite Estabelecido Resolução 357/05 Conama - Classe 2	0,05	0,1	0,025	0,3	0,01	0,001
09.01.92	0,017	2,12	0,027	3,98	0,012	0,002
19.06.92	Zero	0,06	0,042	0,22	Zero	0,002
18.09.92	0,006	1,2	0,025	2,09	0,01	0,001
18.12.92	0,011	0,4	0,051	1,54	Zero	Zero
27.08.93	0,006	0,1	0,035	4,25	Zero	0,001
17.12.93	0,006	0,2	0,018	2,34	0,01	0,002
24.08.00	-	-	-	-	0,26	0,05
26.10.00	-	-	-	-	0,41	0,03
27.12.00	-	-	-	-	0,06	Zero

**Quadro 5: Resultados dos parâmetros Cr, Al, Ni, Fe, Pb e Cd, no ponto DJ, e seus limites estabelecidos, para a classe 2, segundo a Resolução 357/05 do Conama.**

Fonte: Laudos do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (2008)

Adaptado por Troleis, Adriano Lima (2008)

- coleta não realizada

O quadro 5 mostra que os resultados do metal pesado Cr revelaram baixos valores, dentro dos limites estabelecidos pela Resolução Conama n° 357, em todas as coletas realizadas.

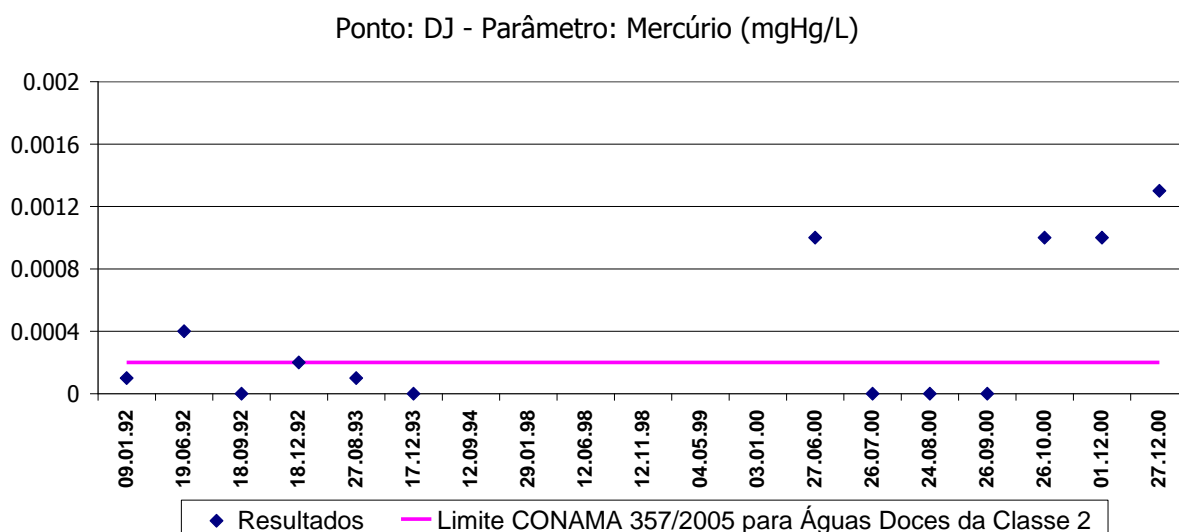
Já os metais pesados Al, Ni e Fe revelaram elevados valores, acima dos limites estabelecidos pela Resolução Conama n° 357, em quase todas as coletas realizadas, evidenciando poluição desses metais, no arroio da Areia.

O metal pesado Pb revelou baixos valores, nos anos de 1992 e 1993, e elevadas concentrações, no ano de 2000, acima dos limites estabelecidos pela Resolução Conama n° 357. Já o Cd apresentou grandes variações, revelando suas maiores concentrações no ano 2000.

Outro metal pesado que apresentou elevados valores, acima do limite estabelecido pela resolução 357/2005, do Conama, para a classe 2, ao longo do período de monitoramento no ponto DJ, foi o Hg.

- **Mercúrio**

Pode-se identificar o comportamento do parâmetro Hg, ao longo do período de análise, no gráfico 19.



**Gráfico 19: Evolução Temporal do Parâmetro Hg no Ponto DJ do arroio da Areia.**

Fonte: DMLU, 2008

Os resultados das coletas realizadas no Ponto DJ, entre os anos de 1992 e 1993, revelaram baixas concentrações de Hg, em quase todas as coletas, exceto em

junho de 1992. No período de 1994 a 1999, não foram realizadas análises de Hg. Novas coletas foram realizadas em 2000, onde as concentrações apresentadas variaram novamente, dentro e fora dos limites máximos estabelecidos pela Resolução 357/2005, do Conama, para águas doces da classe 2. As maiores concentrações apresentadas, no ponto DJ, excederam 6,5 vezes o valor máximo permitido pela resolução, indicando que as lixívias geradas no ASZN e os dejetos lançados pela vila Dique contribuem com elevadas cargas de metais na poluição das águas superficiais.

De uma maneira geral, os resultados das análises realizadas, nos pontos de coleta de água superficial, no entorno das células do Aterro Sanitário da Zona Norte e no arroio da Areia, revelaram, ao longo do tempo, elevada poluição orgânica, decorrente dos altos valores apresentados de DBO e CF e dos baixos valores de OD. Também ocorreu a presença elevada dos metais pesados Hg, Al e Fe durante o período de monitoramento, assim como foram detectados elevados valores, de forma pontual, em determinados anos, de Ni, Pb e Cd.

Troleis (2003) realizou estudo, na área envolvida neste trabalho, através da coleta e análise da qualidade das águas superficiais, de junho a dezembro de 2000. Na época, foram considerados três pontos, ao longo do arroio da Areia, e um ponto, no canal de drenagem artificial, que liga as lixívias do aterro ao arroio. Esse estudo revelou:

- que os pontos monitorados, ao longo do arroio, apresentaram significativas cargas de poluição orgânica, decorrentes dos elevados resultados obtidos de DBO, DQO, OD, CF, CT, NA e F.
- que o ponto monitorado no canal de drenagem artificial também apresentou elevadas cargas de poluição orgânica de DBO, DQO, OD, CF, CT, NA e F, além de ter apresentado significativas concentrações de Hg.

Todos esses resultados indicam que as lixívias geradas no aterro, em decorrência da decomposição da matéria orgânica, e que o esgoto da vila Dique, lançado *in natura* nas águas do arroio da Areia, são fatores que estão afetando a qualidade das águas superficiais, na área de estudo, assim como toda a

comunidade aquática que ali vive; conseqüentemente, estão restringindo significativamente seus usos.

#### **7.4 EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DO LÍQUIDO PERCOLADO**

O presente subcapítulo apresenta a análise da evolução temporal dos parâmetros químicos e de metais, realizada nos poços de coleta do líquido percolado, PME1, PME2, PME4, PME5, PME6, PME7, PME8 e PME9, localizados nas células do ASZN, ao longo do período de 1991 a 2008.

O objetivo dessa análise foi identificar o grau de concentração das lixívias, geradas no interior das células do aterro, decorrente da decomposição da matéria orgânica, ali depositada, e sua contribuição com a poluição das águas subterrâneas, em virtude de possíveis vazamentos.

Para a análise do líquido percolado, foi utilizada a Resolução Consema nº128, de 24 de novembro de 2006, que fixa novos critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos, para as fontes geradoras que lançam seus efluentes em águas superficiais, no Estado do Rio Grande do Sul. Segundo a resolução, os efluentes líquidos de fontes poluidoras somente podem ser lançados em corpos d'água, direta ou indiretamente, indiferentemente do uso que se quer fazer da água, quando isso não exceder os padrões de emissão previstos. Para tanto, a resolução estabelece um valor máximo permitido (VMP), para os parâmetros DBO<sub>5</sub>, DQO, P, NTK e NA de acordo com a faixa de vazão do líquido percolado do aterro, conforme descrito, anteriormente, nas tabelas 10 e 11 (p. 181-182).

Segundo Rocca et al (1979), em regiões de clima predominantemente úmido e chuvas regulares, a fração das águas de chuva, precipitada sobre as áreas de aterro e que resulta em infiltração, é o fator predominante na geração dos lixiviados. A faixa de vazão do líquido percolado, do Aterro Sanitário da Zona Norte, foi calculada segundo o denominado método suíço, que apresenta uma formulação racional bastante razoável, para o cálculo da vazão média anual de geração de lixiviado em um aterro:

$$Q = P.A.K$$

Q = vazão média anual (l/s);

P = precipitação média anual (mm);

A = área do aterro (m<sup>2</sup>);

K = coeficiente em função do grau de compactação do aterro [conforme ROCCA et al. (1979), para aterros fracamente compactados ( $0,4 \leq y \leq 0,7 \text{ t/m}^3$ ):  $0,25 \leq K \leq 0,50$ ; para aterros fortemente compactados ( $y > 0,7 \text{ t/m}^3$ ):  $0,15 \leq K \leq 0,25$ )].

Assim, temos, para o caso do Aterro Sanitário da Zona Norte, as seguintes estimativas:

P = 1400 mm/ano, segundo 8º Distrito de Meteorologia.

A = 500.000 m<sup>2</sup>

K = 0,3, segundo o DMLU, é o grau de compactação do ASZN.

Assim,  $Q_{\text{calculado}} = 6,66 \text{ L/s} = 575 \text{ m}^3/\text{d}$

A faixa de vazão do Aterro Sanitário da Zona Norte foi de 575 m<sup>3</sup>/d.

Através do projeto de remediação, realizado no aterro, já descrito anteriormente, foram construídos oito poços de monitoramento do líquido percolado, a partir de 1991, pela empresa SPA. A partir desta data, o DMLU passou a monitorar vários parâmetros de qualidade do líquido percolado; entre eles, os de maior probabilidade de ocorrência, segundo a Resolução nº128, do Consema: DBO, DQO, P, NA, Pb, Cr, Ni, Fe, Al, Zn, Cd e Hg.

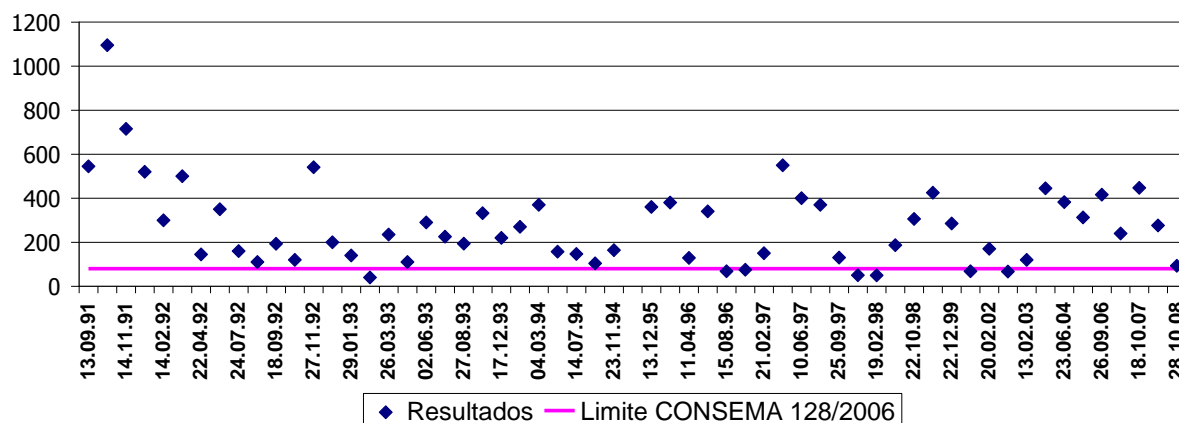
### 7.4.1 Comportamento dos parâmetros químicos e de metais, nos poços de coleta do líquido percolado

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio**

Foram escolhidos, para representar a evolução temporal da DBO, ao longo do período de coleta, os pontos PME1, PME7 e PME9 de líquido percolado, localizados nas células 1, 7 e 9 do ASZN. Esses pontos foram escolhidos, por apresentarem três comportamentos distintos, que podem ser identificados nos gráficos 20, 21 e 22, respectivamente.

A célula 1 de depósito de lixo é a mais antiga do ASZN e seus depósitos de resíduos sólidos datam entre 1985 e 1990. É possível identificar o comportamento do parâmetro DBO, no ponto PME1, ao longo do período de análise, no gráfico 20.

Ponto: PME 1 - Parâmetro: DBO<sub>5</sub> - Demanda Bioquímica de Oxigênio  
- 5 Dias (mgO<sub>2</sub>/L)



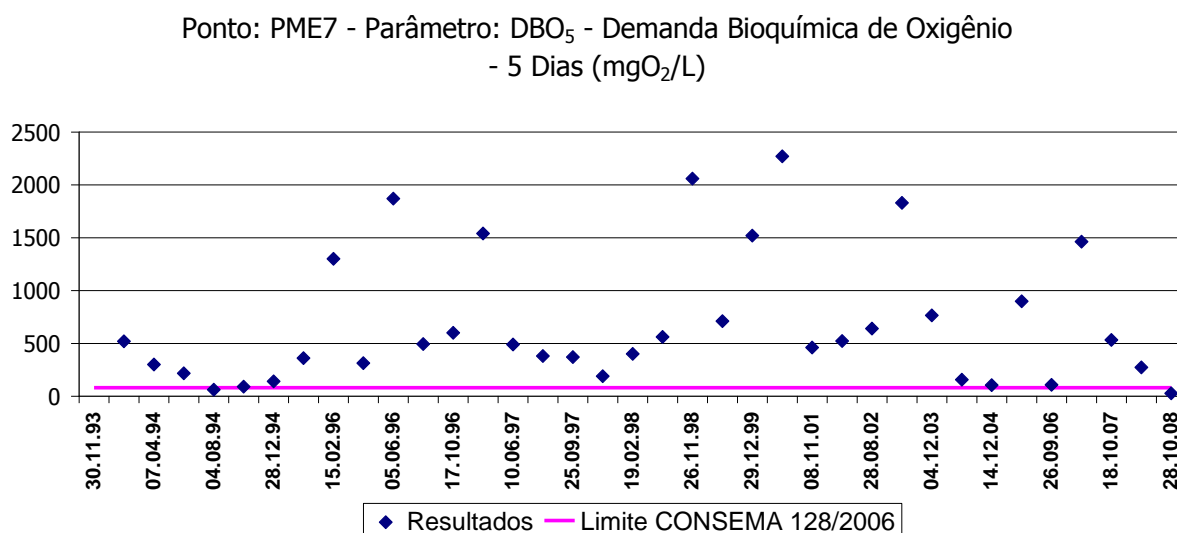
**Gráfico 20: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto PME1, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

Os elevados resultados da DBO, em quase todas as coletas realizadas, ao longo do período de monitoramento, caracterizam a presença de grande quantidade de matéria orgânica, no líquido percolado. A Resolução Consema n°128/2006 estabelece, como limite máximo de DBO, o valor de 80mgO<sub>2</sub>/L, para a faixa de vazão dos efluentes do ASZN. O grau de concentração evidenciado, no entanto, variou

entre 40 e 1.095mgO<sub>2</sub>/L, extrapolando 11 vezes o limite máximo estabelecido, revelando elevados índices de poluição. É importante destacar que os meses de baixa concentração da DBO apresentaram superávit hídrico, o que pode ter contribuído para a diluição dos poluentes e para uma melhora momentânea, na qualidade das águas.

Já o ponto PME7 monitora a qualidade do líquido percolado, da célula 7 de depósito de lixo. É importante destacar que a célula 7 foi a que recebeu o lixo da cidade de Porto Alegre até o ano 2000, momento que marcou o fechamento do ASZN. O comportamento do parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, ao longo do período de análise, pode ser observado no gráfico 21.



**Gráfico 21: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto PME7, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 21 mostra que o ponto PME7 apresentou elevadas concentrações de DBO, acima do limite estabelecido pela Resolução nº128 Consema, em 34 das 36 coletas realizadas, identificando valores que variaram de 27mgO<sub>2</sub>/L a 2.270mgO<sub>2</sub>/L.

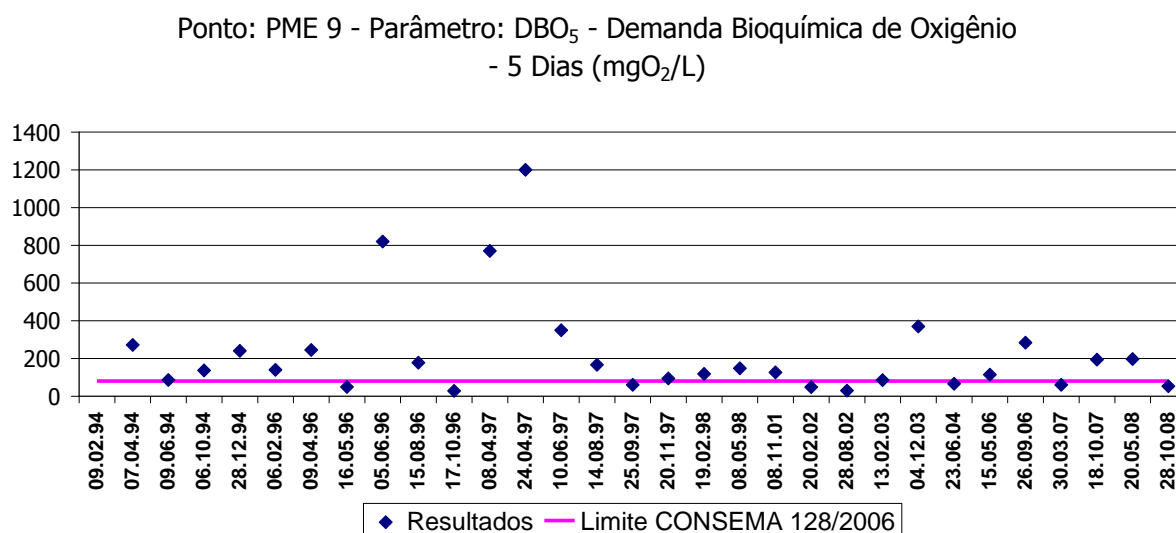
É importante destacar que os dois meses com baixa concentração de DBO apresentaram superávit hídrico, o que pode ter contribuído para a diluição dos poluentes e para uma melhora momentânea na qualidade das águas.

A resolução estabelece o limite de 80mgO<sub>2</sub>/L, para emissão de efluentes líquidos de fontes poluidoras, para a faixa de vazão dos dejetos do ASZN. Portanto, os maiores resultados revelaram concentrações 28 vezes acima do limite máximo

estabelecido, indicando elevados índices de poluição, muito maiores que os apresentados na célula 1, a mais antiga do ASZN. É importante destacar que a DBO do efluente de aterro tende ao rebaixamento progressivo, com o tempo, devido à estabilização da matéria orgânica.

Já o ponto PME9 monitora a qualidade do líquido percolado da célula 9 de depósito de lixo. Vale salientar, aqui, que a célula 9 recebeu o lixo da cidade de Porto Alegre até o ano de 1995; portanto, é uma célula mais jovem que a célula 1 e mais antiga que a célula 7.

É possível identificar, no gráfico 22, o comportamento do parâmetro DBO, no ponto PME9, ao longo do período de análise.



**Gráfico 22: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, no Ponto PME9, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 22 mostra que o ponto PME9 apresentou elevadas concentrações de DBO, acima do limite estabelecido pela Resolução nº128/2006, do Consema, em vinte e duas das trinta coletas realizadas, identificando valores que variaram de 28mgO<sub>2</sub>/L a 1.200mgO<sub>2</sub>/L. Estes dados indicam que a emissão de efluentes líquidos, para a faixa de vazão do ASZN, esteve 15 vezes acima do limite máximo estabelecido, revelando elevados índices de poluição.

É importante destacar que, no período de 1991 a 1994, não foram realizadas análises de DBO.



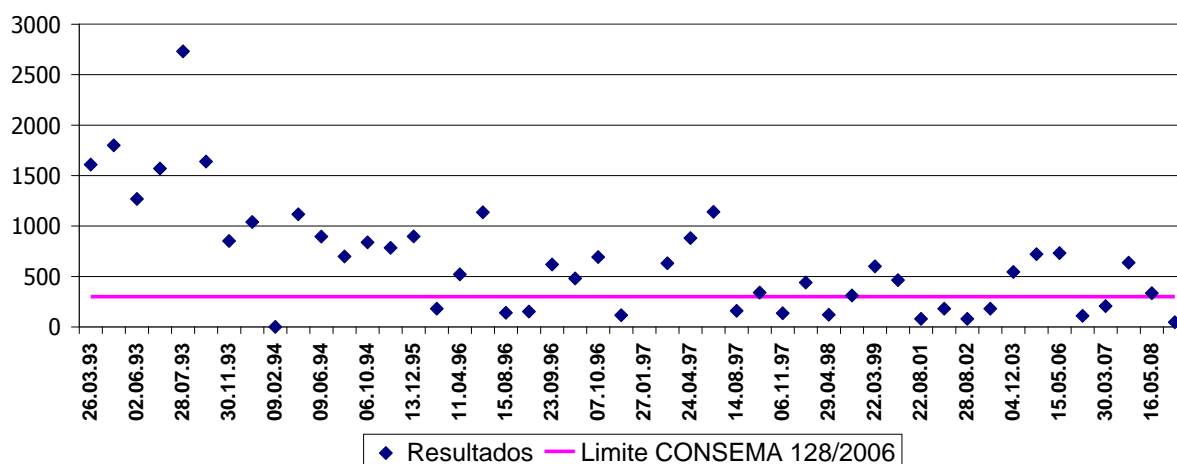
É possível concluir que a concentração da DBO, nas células mais antigas do ASZN, é menor, devido ao avançado estágio de estabilização da matéria orgânica. Nesse sentido, nas células mais jovens, a concentração é maior, pois o processo de estabilização encontra-se na sua fase inicial, podendo atingir elevados valores, nos primeiros anos de decomposição da matéria orgânica e, gradativamente, ir reduzindo sua concentração, até a estabilização da mesma. De qualquer forma, os resultados apresentados, das lixívias produzidas pelo aterro, estão contribuindo para a poluição das águas subterrâneas, uma vez que o ASZN não possui um sistema de impermeabilização na base das células.

- **Demanda Química de Oxigênio**

Para representar a evolução temporal da DQO, ao longo do período de coleta, foram escolhidos os pontos PME2 e PME6 de líquido percolado, localizados nas células 2 e 6 do ASZN. A escolha decorreu do fato de esses pontos apresentarem dois comportamentos distintos, que podem ser identificados nos gráficos 23 e 24, respectivamente.

A célula 2 de depósito de lixo é uma das mais antigas do ASZN e seus depósitos de resíduos sólidos datam entre 1985 e 1990. Verifica-se o comportamento do parâmetro DQO, no ponto PME2, ao longo do período de análise, no gráfico 23.

Ponto: PME 2 - Parâmetro: DQO - Demanda Química de Oxigênio ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )



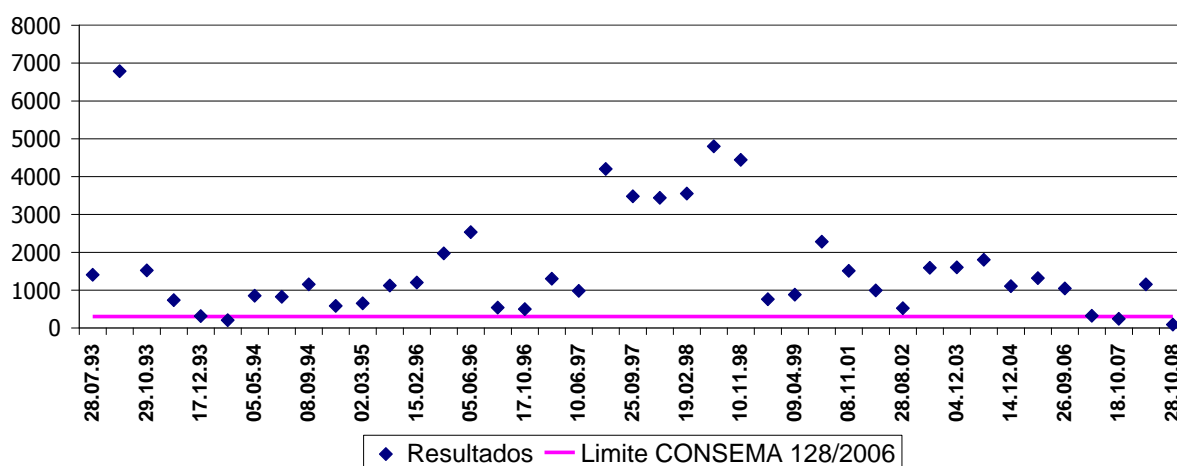
**Gráfico 23: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Química de Oxigênio, no Ponto PME2, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

Os elevados resultados da DQO, em trinta e duas das quarenta e sete coletas, realizadas ao longo do período de monitoramento, confirmaram a grande quantidade de matéria orgânica, presente no ponto PME2. A Resolução Consema nº 128/2006 estabelece, como limite máximo de DQO, o valor de 300mgO<sub>2</sub>/L, para a faixa de vazão dos efluentes do ASZN. O grau de concentração evidenciado, no entanto, variou entre zero e 2.700mgO<sub>2</sub>/L, extrapolando nove vezes o limite máximo estabelecido, revelando variados índices de poluição. Destaca-se que a concentração da DQO, ao longo dos anos, vem sendo gradativamente mais baixa, devido à estabilização da matéria orgânica, apesar de estar acima do limite permitido, na maioria das coletas.

Já o comportamento do parâmetro DQO, ao longo do período de análise, no ponto PME6, pode ser identificado no gráfico 24.

Ponto: PME 6 - Parâmetro: DQO - Demanda Química de Oxigênio (mgO<sub>2</sub>/L)



**Gráfico 24: Evolução Temporal do Parâmetro Demanda Química de Oxigênio, no Ponto PME6, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

Os elevados resultados da DQO, em trinta e oito das quarenta e uma coletas, realizadas ao longo do período de monitoramento, confirmaram a presença de poluição do líquido percolado, no ponto PME6. O grau de concentração evidenciado variou entre 89 e 6.784mgO<sub>2</sub>/L, extrapolando vinte e duas vezes o limite máximo estabelecido.

A célula 6 de depósito de lixo do ASZN recebeu os depósitos de resíduos sólidos, até o ano de 1995. Assim, é possível concluir que as concentrações

reveladas de DQO, nos pontos de monitoramento, foram menores na célula de lixo mais antiga e maiores na célula de lixo mais jovem. Isso ocorre em função dos diferentes estágios de estabilização da matéria orgânica das células de lixo. Destaca-se ainda que, apesar da idade das células e da sua variação de concentração, as lixívias apresentaram valores acima do estabelecido pela Resolução Consema nº 128, em 70 das 88 coletas realizadas, nos dois pontos.

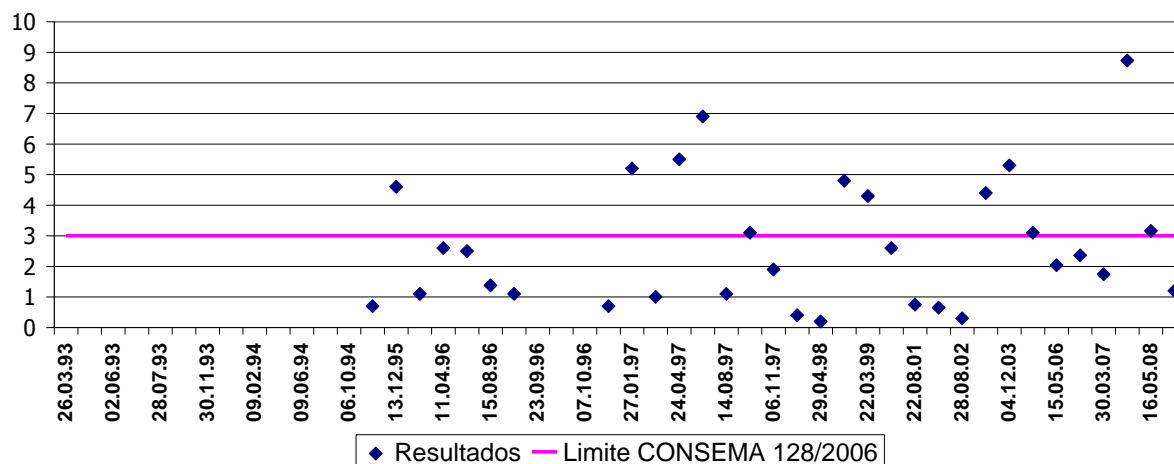
- **Fósforo**

O P é normalmente encontrado em águas naturais, como partículas originárias da fragmentação das rochas, que contêm esse elemento em sua composição. Também aparece nos esgotos, em concentrações aproximadas a 20 mgP/L. Águas com concentrações superiores de P indicam contaminação, especialmente por detergentes (domésticos e/ou industriais). Nos resíduos de aterro sanitário, a decomposição da matéria orgânica é o principal indicativo de poluição de P. Com o decorrer da estabilização dos resíduos dos aterros, há uma progressiva diminuição da concentração de P, nos líquidos percolados.

Para representar a evolução temporal do P, ao longo do período de coleta, foram escolhidos os pontos PME2 e PME7 de líquido percolado, localizados nas células 2 e 7 do ASZN. A indicação destes pontos ocorreu em função de que apresentam comportamentos distintos, que podem ser identificados nos gráficos 25 e 26, respectivamente.

O comportamento do parâmetro P, no ponto PME2, ao longo do período de análise, está descrito no gráfico 25.

Ponto: PME2 - Parâmetro: Fósforo Total (mgP/L)



**Gráfico 25: Evolução Temporal do Parâmetro Fósforo Total, no Ponto PME2, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

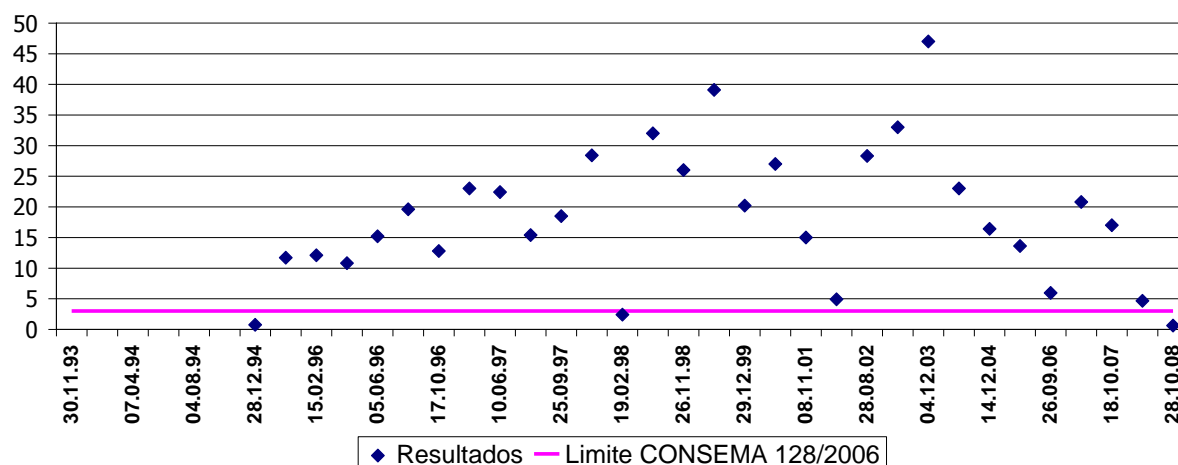
Os resultados do P, no ponto PME2, revelados pelo gráfico 25, apresentaram baixos valores em vinte das trinta e duas coletas, realizadas entre 1995 e 2008. Como a célula 2 é uma das mais antigas do ASZN, sua decomposição da matéria orgânica encontra-se em avançado processo de estabilização, havendo, assim, uma progressiva diminuição da concentração de P, nos líquidos percolados. Por isso, os resultados de P estiveram, em sua maioria, abaixo do limite tolerado pela Resolução Consema n° 128/2006.

Outro fator que pode ter contribuído para a obtenção dos mais baixos valores de P, ocorridos ao longo do período de análise, de abril de 1998 e agosto de 2002, pode ser explicado através do superávit hídrico, ocorrido nesses meses de coleta, devido à percolação da água das chuvas, no interior da célula, provocando uma diluição.

A resolução estabelece, como limite máximo de P, o valor de 3mgP/L, para a faixa de vazão dos efluentes do ASZN. O grau de concentração evidenciado, no entanto, em 12 coletas realizadas, variou entre 3,1 e 8,7mgP/L, extrapolando o limite máximo estabelecido, revelando, ainda, elevados índices de poluição.

Já o comportamento do parâmetro P, no ponto PME7, ao longo do período de análise, pode ser identificado no gráfico 26.

Ponto: PME 7 - Parâmetro: Fósforo Total (mgP/L)



**Gráfico 26: Evolução Temporal do Parâmetro Fósforo Total, no Ponto PME7, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

Os elevados resultados de P, em vinte e oito das trinta e uma coletas realizadas, entre 1994 e 2008, confirmaram a presença de poluição do líquido percolado, no ponto PME7. A concentração de P, para a faixa de vazão dos efluentes do ASZN, variou entre 2,4 e 47mgP/L, extrapolando 15 vezes o limite máximo estabelecido. Os meses que apresentaram as maiores quedas na concentração de P, dezembro de 1994; fevereiro de 1998; abril de 2002 e outubro de 2008 tiveram superávit hídrico, o que pode ter contribuído para a redução do P, devido à percolação da água das chuvas no interior das células do ASZN.

É importante destacar que a célula 7 é a mais jovem do aterro. Com o decorrer da estabilização dos resíduos do aterro, haverá uma progressiva diminuição da concentração de P, no líquido percolado.

Conclui-se que os resultados da célula 2, que data de 1990, apresentaram valores menores de P que os revelados na célula 7, que data de 2000. Essa diferença pode ser explicada pela diferença de idade de deposição e do estágio de estabilização dos resíduos sólidos nas células.

- **Nitrogênio amoniacal**

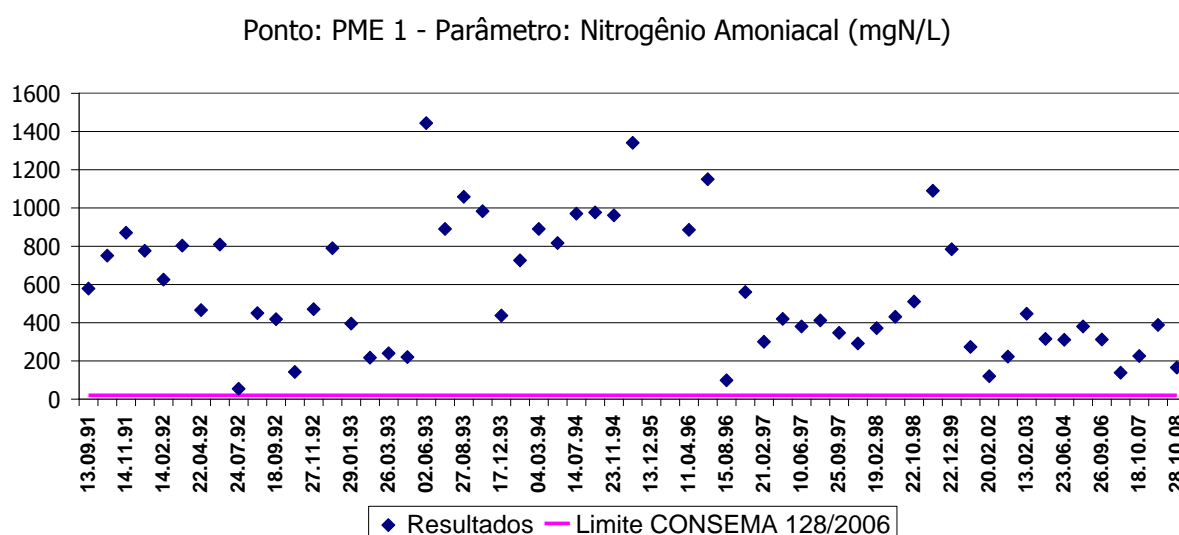
O NA ocorre naturalmente em corpos de água, sendo originário da quebra do nitrogênio orgânico da matéria orgânica do solo e da água. Pode aparecer em

corpos de água, como poluição por esgotos, efluentes industriais ou efluentes de aterro sanitário de resíduos sólidos (chorume).

Águas não poluídas apresentam, usualmente, concentrações totais de amônia e de seus compostos inferiores a 0,2mgN/L. Os esgotos contêm amônia precipitada a carbonato, resultante da hidrólise da uréia da urina. Em esgoto sanitário bruto, a concentração de NA normalmente oscila entre 15 e 50mgN/L.

Para representar a evolução temporal do NA, ao longo do período de coleta, foram escolhidos os pontos PME1 e PME6 de líquido percolado, localizados nas células 1 e 6 do ASZN.

É possível identificar o comportamento do parâmetro NA, no ponto PME1, ao longo do período de análise no gráfico 27.



**Gráfico 27: Evolução Temporal do Parâmetro Nitrogênio Amônia, no Ponto PME1, do líquido percolado.**

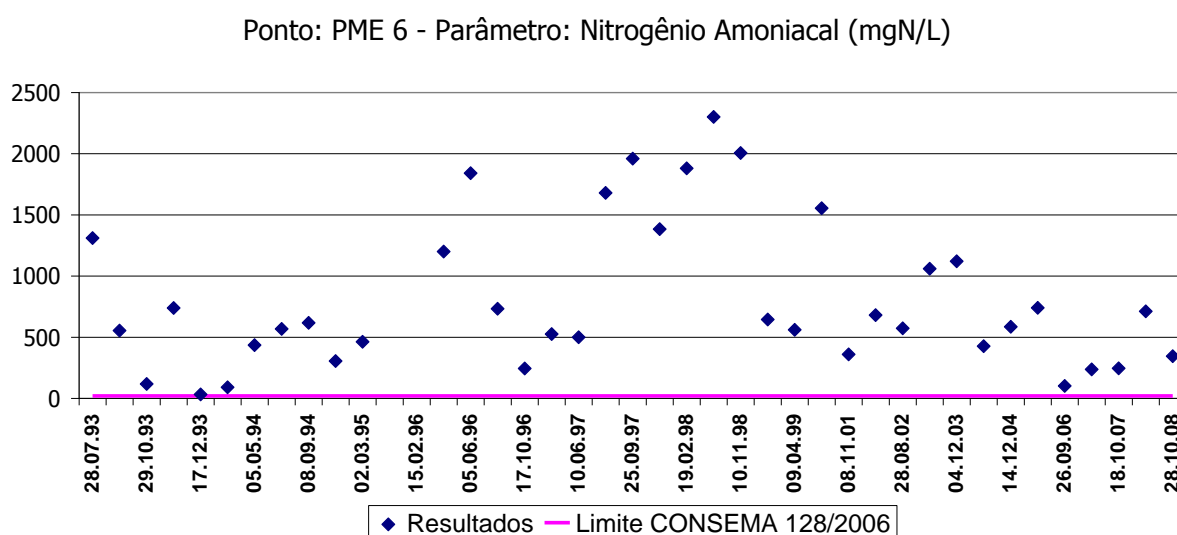
Fonte: DMLU, 2008

Os elevados resultados do NA, em todas as coletas realizadas ao longo do período de monitoramento, confirmaram a presença de grande quantidade de matéria orgânica, no líquido percolado. A Resolução Consema nº 128/2006 estabelece, como limite máximo de NA, o valor de 20mgN/L, para a faixa de vazão dos efluentes do ASZN. O grau de concentração evidenciado no ponto PME1, no entanto, variou entre 54 e 1.443mgN/L, extrapolando 72 vezes o limite máximo estabelecido, indicando elevados índices de poluição. Vale lembrar que a célula 1 é a mais antiga do ASZN e que seu encerramento ocorreu em 1990.

Os meses que apresentaram as maiores quedas na concentração de nitrogênio - julho de 1992, agosto de 1996 e outubro de 2008 - tiveram superávit hídrico, o que pode ter contribuído para a redução do NA, devido à percolação da água das chuvas.

Dos meses que apresentaram as maiores concentrações de nitrogênio - junho de 1993, março de 1995, maio de 1996 e março de 1999 – com exceção da coleta de 1993, todas as outras apresentaram déficit hídrico, o que pode ter contribuído para o aumento da concentração do NA. Importante destacar que um aterro esgotado pode apresentar grandes variações na concentração de nitrogênio, nas células de depósito de lixo, decorrente da carga de resíduos nela depositados e da sua idade de decomposição. Geralmente, aterros encerrados há bastante tempo apresentam uma progressiva redução de suas concentrações de nitrogênio, na forma amoniacal. Isto ocorre, porque o volume constituído pelo maciço de resíduos não é conservativo.

Já o comportamento do parâmetro NA, ao longo do período de análise no ponto PME6, pode ser identificado no gráfico 28.



**Gráfico 28: Evolução Temporal do Parâmetro Nitrogênio Amoniacal, no Ponto PME6, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

Os resultados do NA, em todas as coletas realizadas ao longo do período de monitoramento, foram elevados, confirmando a presença de chorume, no líquido percolado do aterro. O grau de concentração evidenciado no ponto PME6 variou

entre 32,6 e 2.300mgN/L, extrapolando 115 vezes o limite máximo estabelecido, revelando elevados índices de poluição.

Os meses que apresentaram as maiores quedas na concentração de nitrogênio - outubro e dezembro de 1993, outubro de 1996 e setembro de 2006 - tiveram superávit hídrico, o que pode ter contribuído para a redução do NA, devido à diluição causada pela percolação da água das chuvas nas células do aterro.

Os meses que apresentaram as maiores concentrações de nitrogênio - setembro de 1997 e junho de 1998 - apresentaram déficit hídrico, o que contribuiu para o aumento da concentração do NA.

Conclui-se que os resultados obtidos, em diferentes células de depósito de lixo, de diferentes idades de estabilização da matéria orgânica, foram muito elevados e acima do limite estabelecido pela Resolução Consema nº 128, em todas as coletas realizadas. Isto evidencia que o ASZN ainda possui elevados índices de poluição, mesmo nas células de lixo mais antigas.

- **Níquel, Cádmio e Mercúrio**

Para representar a evolução temporal dos parâmetros Ni, Cd e Hg, ao longo do período de coleta, foi escolhido o ponto PME7 de líquido percolado, localizado na célula 7 do ASZN.

É possível identificar o comportamento desses parâmetros, através dos dados apresentados no quadro 6.



Parâmetro	Níquel (mg Ni/L)	Cádmio (mg Cd/L)	Mercúrio (mg Hg/L)
Valor Máximo Permitido Resolução 128/06 Consema	1	0,1	0,008
30.11.93	0,1	0,027	0,0007
28.12.94	0,2	0,002	0,001
21.12.95	0,2	0,02	0,001
17.10.96	0,2	0,03	Zero
20.11.97	0,2	0,01	0,001
26.11.98	0,4	0,02	Zero
29.12.99	0,3	0,03	Zero
29.12.00	0,4	0,03	0,004
08.11.01	0,09	Zero	Zero
28.08.02	0,3	0,01	Zero
04.12.03	0,1	0,01	0,003
14.12.04	0,04	Zero	Zero
26.09.06	0,16	0,01	Zero
18.10.07	0,002	Zero	0,002
28.10.08	Zero	Zero	Zero

**Quadro 6: Resultados dos parâmetros Ni, Cd e Hg, no ponto PME7, e seu Valor Máximo Permitido (VMP), para lançamento de efluentes líquidos, segundo a Resolução 128/06 do Consema.**

Fonte: Laudos do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (2008)  
Adaptado por Troleis, Adriano Lima (2008)

O quadro 6 mostra que os resultados dos metais pesados Ni, Cd e Hg, no poço de coleta PME7 de líquido percolado, apresentaram baixas concentrações, dentro do valor máximo permitido (VMP), para emissão de efluentes líquidos de fontes poluidoras, pela Resolução do Consema n° 128, em todas as coletas realizadas.

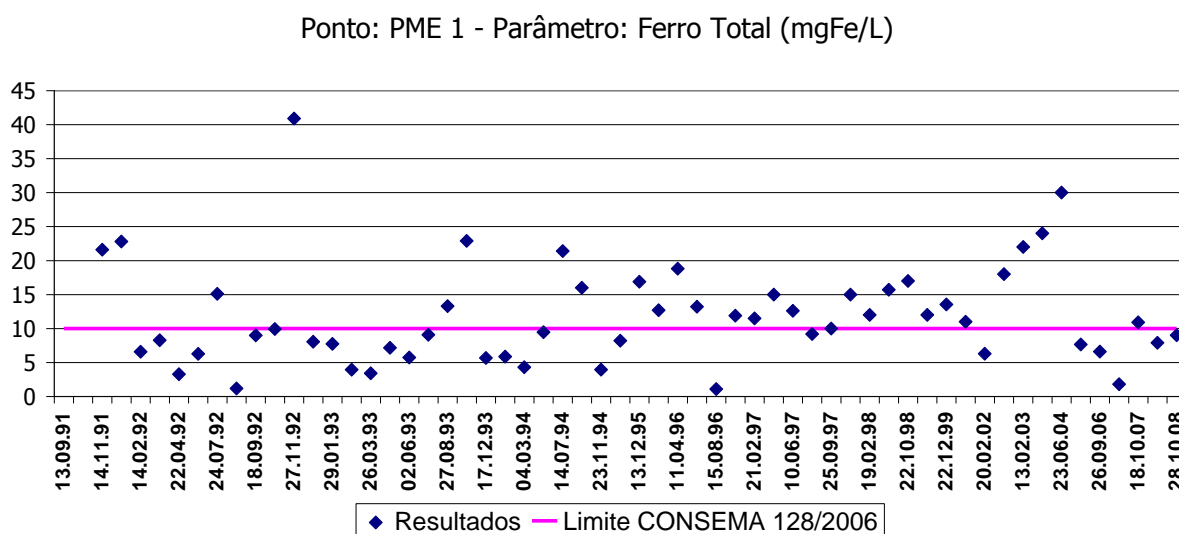
Já os metais Fe, Cr, Al e Pb apresentaram grande variabilidade nas suas concentrações, ao longo do período de coleta, de 1991 a 2008.

Em virtude desses resultados optou-se por descrever o comportamento, de cada parâmetro.

- **Ferro**

Para representar a evolução temporal do Fe, ao longo do período de coleta, foram escolhidos os pontos PME1 e PME9, de líquido percolado, localizados nas células 1 e 9 do ASZN, por apresentarem concentrações de Fe distintas.

É possível identificar, no gráfico 29, o comportamento do parâmetro Fe, no ponto PME1, ao longo do período de análise.



**Gráfico 29: Evolução Temporal do Parâmetro Ferro Total, no ponto PME1, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

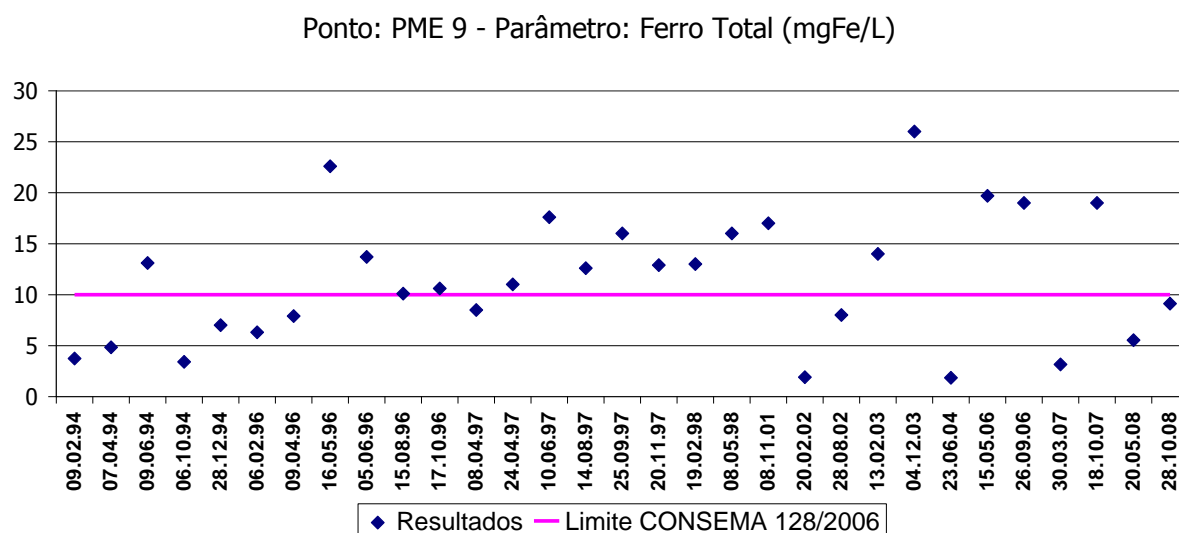
O gráfico 29 mostra que o ponto PME1 apresentou elevadas concentrações de ferro, acima do limite estabelecido pela Resolução n°128/2006 Consema, em trinta e uma das cinquenta e sete coletas realizadas, identificando valores que variaram de 1,1mgFe/L a 40,9mgFe/L. Destaca-se que a resolução estabelece o limite de 10mgFe/L, para emissão de efluentes líquidos de fontes poluidoras.

Os meses que apresentaram as maiores quedas na concentração de Fe - agosto de 1992, agosto de 1996 e março de 2007 - tiveram superávit hídrico, o que pode ter contribuído para a redução do Fe, devido à percolação da água das chuvas, no interior da célula, provocando uma diluição.

O mês que apresentou a maior concentração de Fe, novembro de 1992, apresentou déficit hídrico, o que pode ter contribuído para o aumento da concentração do Fe. Outro fator que contribui para sua concentração elevada, em determinadas coletas, é a presença de metais na forma estável (sólida), nas células

do ASZN. Esses metais são provenientes dos depósitos de construções e, ao longo do tempo, passam a ser disponibilizados na sua forma solúvel.

Já o comportamento do parâmetro Fe, no ponto PME9, ao longo do período de análise, pode ser conferido no gráfico 30.



**Gráfico 30: Evolução Temporal do Parâmetro Ferro Total, no ponto PME9, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 30 mostra que o ponto PME9 apresentou elevadas concentrações de Fe, acima do limite estabelecido pela Resolução nº128 Consema, em dezoito das trinta e uma coletas realizadas, identificando valores que variaram de 1,9mgFe/L a 26mgFe/L. Essa grande variação, ao longo do período de coleta 1994-2008, mostra que a célula 9 encontra-se instável, ora apresentando altos valores, acima dos tolerados pela legislação, e ora, valores abaixo desse limite. Tal oscilação pode ser explicada, através das concentrações e diluições, ocorridas na célula, em virtude dos superávits e déficit hídricos e do processo de estabilização da matéria orgânica, que, naturalmente, tende ao rebaixamento dos metais e das espécies químicas.

Conclui-se que os resultados obtidos, em diferentes células de depósito de lixo, de diferentes idades de estabilização da matéria orgânica, foram muito elevados e acima do limite estabelecido pela Resolução Consema nº 128, em muitas coletas realizadas. Este fato indica que o ASZN ainda possui elevados índices de poluição de Fe, mesmo nas células de lixo mais antigas.

Tais concentrações deveriam ser menores, em condições ideais, sem interferência das chuvas e da presença dos metais na forma estável, pois o maciço

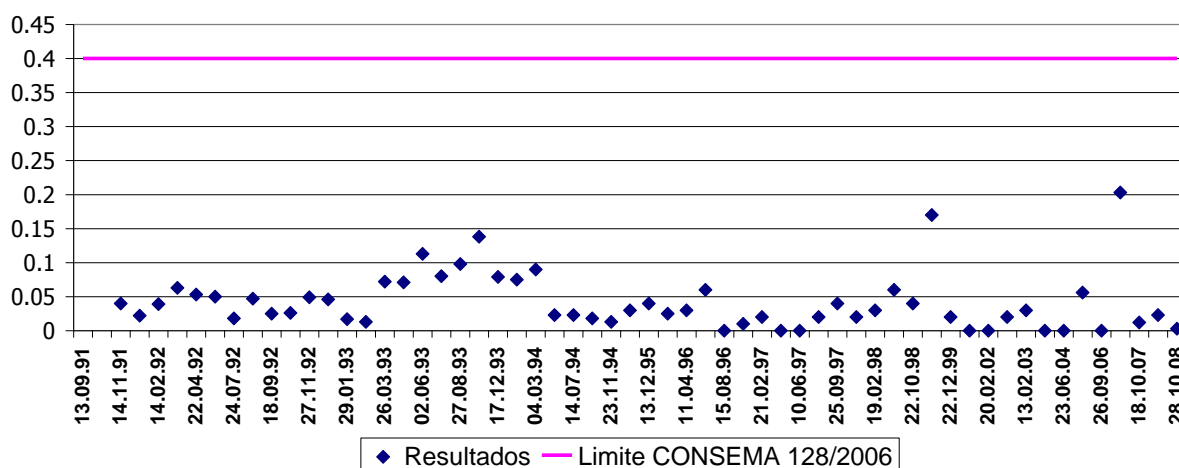
de sólidos aterrados tem, naturalmente, suas cargas de lixívia exaurindo-se progressivamente.

- **Cromo**

Para representar a evolução temporal do Cr, ao longo do período de coleta, foram escolhidos os pontos PME1 e PME7 de líquido percolado, localizados nas células 1 e 7 do ASZN, por apresentarem concentrações de Cr distintas.

É possível identificar o comportamento do parâmetro Cr, no ponto PME1, ao longo do período de análise, no gráfico 31.

Ponto: PME 1 - Parâmetro: Cromo Total (mgCr/L)



**Gráfico 31: Evolução Temporal do Parâmetro Cromo Total, no ponto PME1, do líquido percolado.**

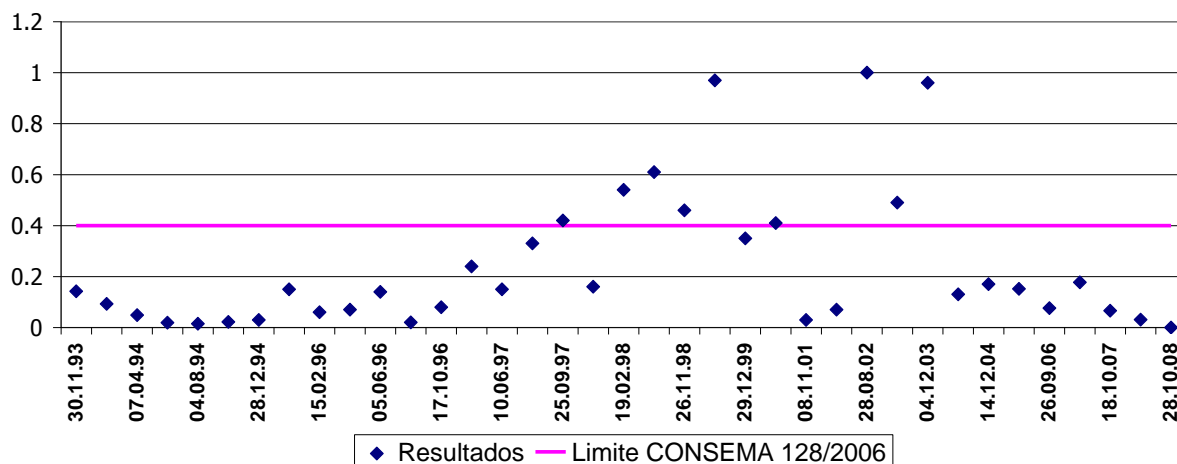
Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 31 mostra que o ponto PME1 apresentou baixas concentrações de Cr, dentro do limite estabelecido pela Resolução nº128/2006 do Consema, em todas as coletas realizadas, identificando valores que variaram de zero mgCr/L a 0,2mgCr/L. Destaca-se que a resolução estabelece o limite de 0,4mgCr/L, para emissão de efluentes líquidos de fontes poluidoras.

Os baixos valores, apresentados na célula de lixo 1, refletem um comportamento natural do Cr, em células de depósito de lixo antigas, onde as lixívia por percolação da água da chuva tendem a se reduzir gradativamente ou a se estabilizar.

Já o comportamento do parâmetro Cr, no ponto PME7, ao longo do período de análise, pode ser verificado no gráfico 32.

Ponto: PME 7 - Parâmetro: Cromo Total (mgCr/L)



**Gráfico 32: Evolução Temporal do Parâmetro Cromo Total, no ponto PME7, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 32 mostra que o ponto PME7 apresentou elevadas concentrações de Cr, acima do limite estabelecido pela Resolução nº128/2006 do Consema, em nove das trinta e sete coletas realizadas, identificando valores que variaram de zero mgCr/L a 1,0 mgCr/L.

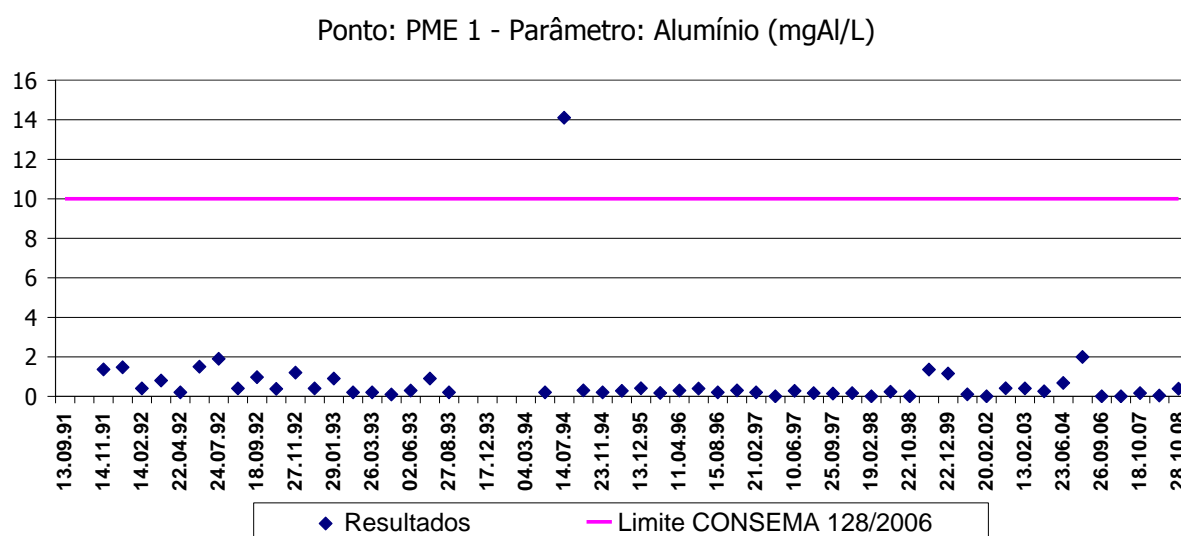
O período de aumento da concentração de Cr ocorreu entre 1996 e 2003, em virtude das maiores cargas de resíduos sólidos terem sido depositadas na célula 7, entre 1995 e 2000. No período de elevada concentração de Cr, houve uma brusca redução, em novembro de 2001, que pode ser explicada através do superávit hídrico, ocorrido no mês da coleta e da consequente percolação da água das chuvas, no interior da célula, provocando uma diluição dos níveis de Cr. Já o período compreendido entre 2004 e 2008 revelou, na célula 7, um comportamento de estabilização do Cr, nos resíduos sólidos do ASZN, sendo previsto o progressivo rebaixamento das concentrações de metais nas lixívias.

Conclui-se que os resultados obtidos, em diferentes células de depósito de lixo, de diferentes idades de estabilização da matéria orgânica, foram muito diferentes. A célula de depósito de resíduos mais antiga apresentou todos os valores de Cr abaixo do limite estabelecido pela Resolução Consema nº 128/2006, o que caracteriza uma estabilização das lixívias. Já a célula de resíduos mais jovem apresentou, ao longo do período de análise, um comportamento variado: no início da decomposição da matéria orgânica, ali depositada, as concentrações de Cr foram elevadas e, progressivamente, ao longo dos anos, foram diminuindo.

- **Alumínio**

Para representar a evolução temporal do Al, ao longo do período de coleta, foram escolhidos os pontos PME1 e PME7, de líquido percolado, localizados nas células 1 e 7, do ASZN, por apresentarem concentrações de Al distintas.

É possível identificar o comportamento do parâmetro Al, no ponto PME1, ao longo do período de análise, no gráfico 33.



**Gráfico 33: Evolução Temporal do Parâmetro Alumínio, no ponto PME1, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

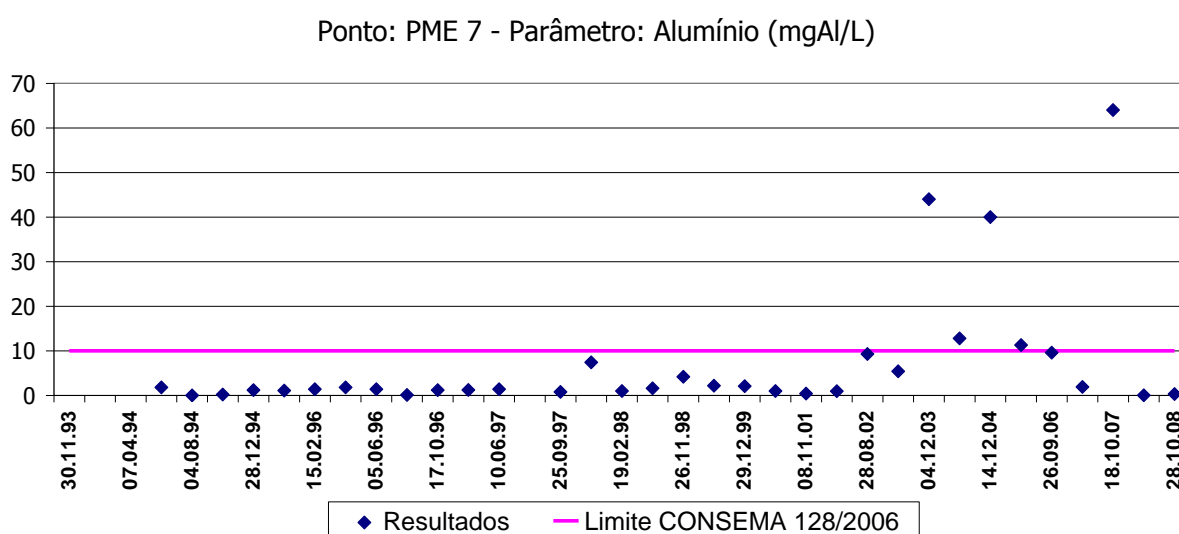
O gráfico 33 mostra que a evolução temporal do ponto PME1 apresentou baixas concentrações de Al, dentro do limite estabelecido pela Resolução nº128 do Consema, em cinquenta e duas das cinquenta e três coletas realizadas, identificando valores que variaram de zero mgAl /L a 14mgAl /L. Destaca-se que a resolução estabelece o limite de 10mgAl /L, para emissão de efluentes líquidos de fontes poluidoras.

Os baixos valores apresentados na célula de lixo 1 refletem um comportamento natural do Al, em células de depósito de lixo antigas, onde as lixívias tendem a se reduzir gradativamente ou a se estabilizar.

Somente a coleta de 14 de Julho de 1994 apresentou uma concentração de Al acima do limite estabelecido pela resolução. Seu comportamento, na análise

temporal, pode ser descartado, pois não apresenta relação com as coletas anteriores e posteriores a ela, também não houve nesse mês de coleta um déficit hídrico que pudesse justificar a brusca elevação da concentração. Em virtude disso, é possível que tenha ocorrido um erro de análise, de digitação ou, até mesmo, que o frasco estivesse contaminado, pois o fato é que o resultado de julho de 1994 é inconsistente.

Já o comportamento do parâmetro Al, no ponto PME7, ao longo do período de análise, pode ser identificado no gráfico 34.



**Gráfico 34: Evolução Temporal do Parâmetro Alumínio, no ponto PME7, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 34 mostra que o ponto PME7, entre os anos de 1994 e 2002, apresentou baixas concentrações de Al, dentro do limite estabelecido pela Resolução nº128 do Consema, em todas as coletas realizadas, identificando valores que variaram de zero mgAl /L a 10mgAl /L.

A partir de 2003, a célula 7 apresentou uma concentração de Al acima do limite estabelecido pela resolução, atingindo 63mgAl /L , na coleta de outubro de 2007. Tal concentração pode estar associada à lixiviação do meio, por águas de chuva que, inicialmente, revela valores elevados, quando a carga de poluentes está concentrada. Como o meio não é conservativo, depois de alguns anos, com o encerramento do aporte de resíduos, associado à diluição do lixiviado, por percolação das águas das chuvas, as concentrações de metais tendem ao

rebaixamento, à medida em que há o processo de estabilização dos resíduos sólidos, ali depositados.

Outros resultados importantes, no período de análise 2003-2008, referem-se a março de 2007; maio e outubro de 2008, quando houve uma redução brusca nos valores de Al. Essa redução pode ser explicada através do superávit hídrico, ocorrido nos meses de coleta descritos, provocando, assim, uma diluição dos poluentes, no interior das células do ASZN. Já na coleta de outubro de 2007, houve uma concentração do Al, que pode ser explicada através do déficit hídrico ocorrido no período da coleta.

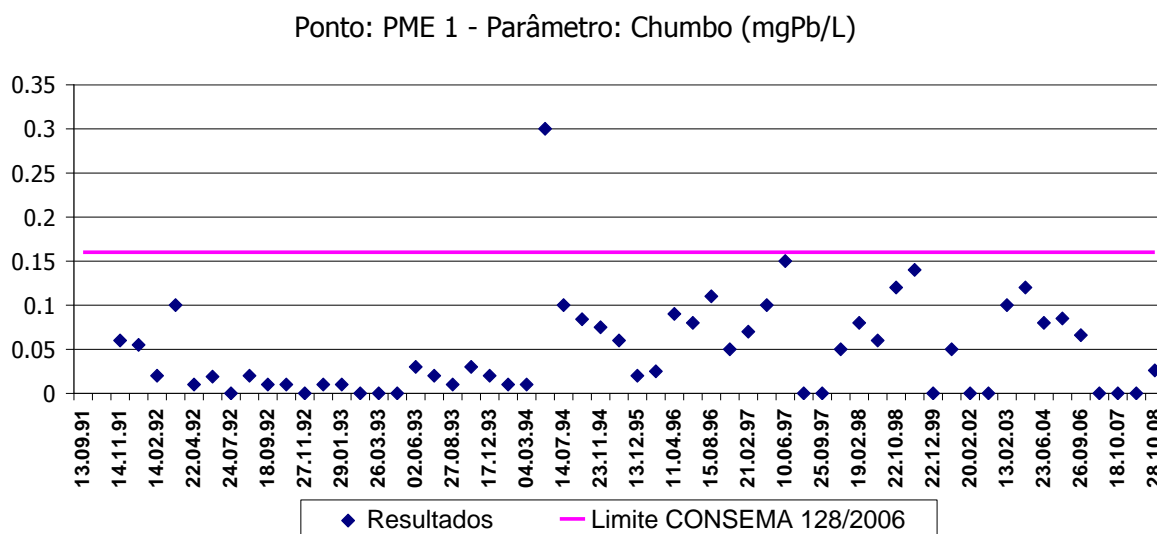
Conclui-se que os resultados da célula de depósito de resíduos mais antiga, a PME1, apresentou valores de Al abaixo do limite estabelecido pela Resolução Consema nº 128. Isto caracteriza uma estabilização das lixívias. Já a célula de resíduo mais jovem apresentou, ao longo do período de análise, um comportamento variado. No início da decomposição da matéria orgânica, as concentrações de Al foram pequenas. Ao longo dos anos, foram apresentados valores maiores, que diminuiram, com o processo de estabilização dos resíduos.

- **Chumbo**

Para representar a evolução temporal do Pb, ao longo do período de coleta, foram escolhidos os pontos PME1 e PME7, de líquido percolado, localizados nas células 1 e 7 do ASZN, por apresentarem concentrações de Pb distintas.

É possível identificar o comportamento do parâmetro Pb, no ponto PME1, ao longo do período de análise, no gráfico 35.





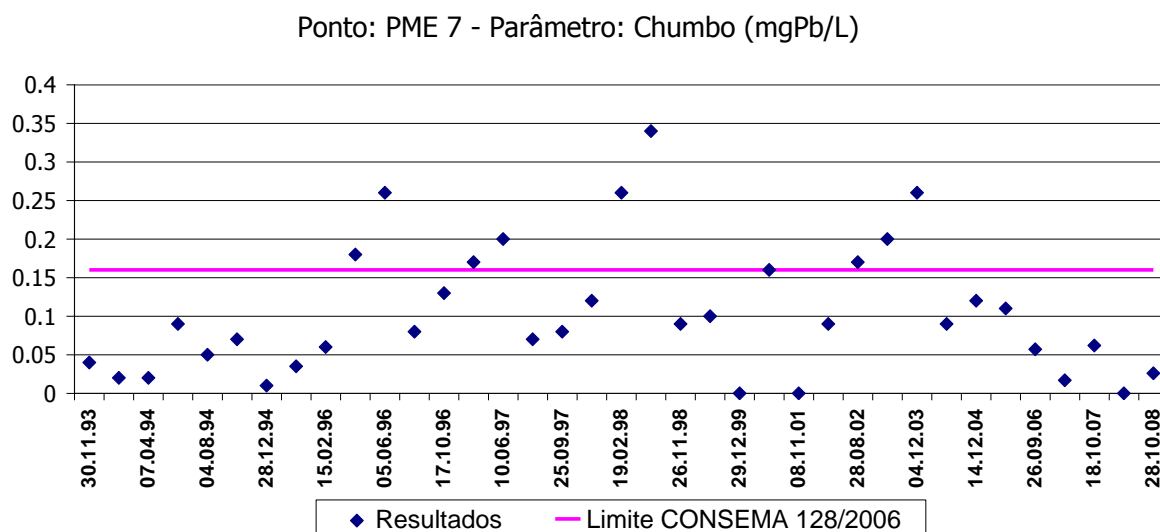
**Gráfico 35: Evolução Temporal do Parâmetro Chumbo, no ponto PME1, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 35 mostra que o ponto PME1 apresentou baixas concentrações de Pb, dentro do limite estabelecido pela Resolução nº128 do Consema, em quase todas as coletas realizadas, identificando valores que variaram de zero mgPb/L a 0,15mgPb/L. Tais valores caracterizam o processo de estabilização dos resíduos antigos, na célula 1 do ASZN. Isto se verifica, pois tanto as concentrações dos metais quanto as das outras espécies químicas tendem ao rebaixamento, na fase líquida.

Somente a coleta de 14 de Julho de 1994 apresentou uma concentração de Pb acima do limite estabelecido pela Resolução. Seu comportamento, em uma análise temporal, pode ser descartado, pois não apresenta relação com as coletas anteriores e posteriores a ela. Considera-se, então, que é possível que tenha ocorrido um erro de análise, de digitação ou, até mesmo, que o frasco estivesse contaminado, em função de que o resultado de julho de 1994 é inconsistente.

Já o comportamento do parâmetro Pb, no ponto PME7, ao longo do período de análise, pode ser observado no gráfico 36.



**Gráfico 36: Evolução Temporal do Parâmetro Chumbo, no ponto PME7, do líquido percolado.**

Fonte: DMLU, 2008

O gráfico 36 mostra que o ponto PME7 apresentou elevadas concentrações de Pb, acima do limite estabelecido pela Resolução nº128/2006 do Consema, em nove coletas das 36 realizadas, identificando valores que variaram de zero mgPb/L a 0,35mgPb/L.

O comportamento do Pb, entre 1993 e 2008, pode ser caracterizado em três momentos:

- Entre 1993 e 1995, a célula 7 do ASZN apresentou baixos valores de Pb, em virtude de receber pequenas cargas de resíduos e por estar no início de seu processo de estabilização dos resíduos sólidos aterrados;
- Entre 1995 e 2000, a célula 7 passou a receber toda a carga de dejetos, produzida pela cidade de Porto Alegre, resultando em toneladas de resíduos diários e, conseqüentemente, passou a gerar uma carga de Pb bastante elevada, registrada até o ano de 2003;
- Entre 2004 e 2008, a célula 7, em virtude do avançado processo de estabilização dos resíduos sólidos aterrados, passou a apresentar valores cada vez menores de Pb, devido ao fato de o maciço não ser conservativo.

Conclui-se que os resultados da célula de depósito de resíduos mais antiga, PME1, apresentaram valores de Pb abaixo do limite estabelecido pela Resolução Consema nº 128/2006, o que caracteriza uma estabilização das lixívias. Já a célula de resíduo mais jovem apresentou, ao longo do período de análise, um comportamento variado. As concentrações de Pb foram pequenas, no início da decomposição da matéria orgânica, ali depositada. Ao longo dos anos, foram registrados valores maiores, que, com o processo de estabilização dos resíduos, diminuiriam.

Tais resultados revelam que, ao longo da estabilização da matéria orgânica, é previsto um progressivo rebaixamento das concentrações de metais nos lixiviados, em função do meio ser não conservativo.

## **7.5 EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

O presente subcapítulo será desenvolvido através da análise da evolução temporal de parâmetros químicos, bacteriológicos e de metais, realizada nos pontos de coleta de água subterrânea PJ1 e PJ2, localizados a oeste das células 6 e 7, do ASZN, ao longo do período de 1992 a 2008. O objetivo dessa análise é identificar se o ASZN está contribuindo com a poluição das águas subterrâneas, em virtude de possíveis vazamentos, das lixívias produzidas pelo aterro.

Através do projeto de remediação, realizado no aterro desde 1990, já descrito anteriormente, foram escavados, em 1992, pela empresa SPA, dois poços de água subterrânea. A partir desta data, o DMLU passou a monitorar vários parâmetros de qualidade de água; entre eles, os de maior probabilidade de ocorrência, segundo a Resolução nº396/2008, do Conama: Cl, NO<sub>3</sub>, CF, Pb, Cr, Ni, Fe, Al e Zn.

A Resolução nº396, de 03 de abril de 2008, do Conama, foi utilizada, porque determina os padrões de qualidade das águas subterrâneas, a serem mantidos ou atingidos, adequando os níveis exigidos, de acordo com os usos que se pretende fazer do corpo hídrico. É importante destacar que o uso escolhido, para determinar os padrões de qualidade das águas subterrâneas, foi o “consumo humano”. Para isso, a resolução estabelece um valor máximo permitido (VMP), para cada

parâmetro. Portanto, todos os gráficos a serem analisados, de diferentes parâmetros, terão destacados o valor máximo, permitido pela Resolução nº396, de 2008, do Conama, conforme foi descrito, anteriormente, na tabela 8 (p. 178).

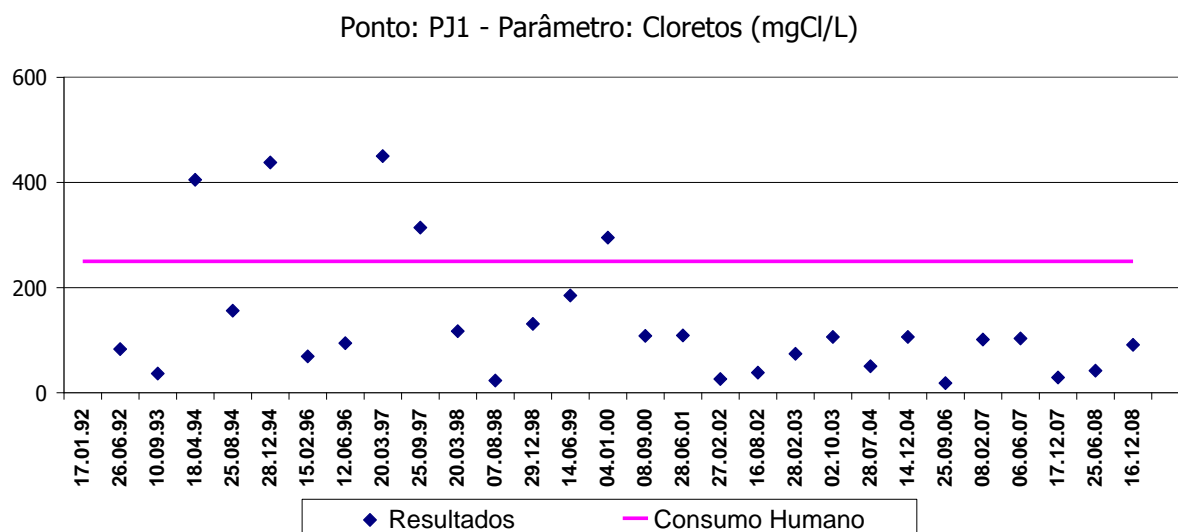
### **7.5.1 Comportamento dos parâmetros químicos, bacteriológicos e de metais, nos poços de coleta das águas subterrâneas**

- **Cloreto**

Nas águas naturais, sua ocorrência é frequente em concentrações baixas. O íon Cl é extremamente abundante, nos esgotos e nos resíduos sólidos, tendo a particular propriedade de possuir alta mobilidade no solo. Dessa maneira, é um eficiente indicador de contaminação ambiental. Sua concentração pode variar entre 0,1mgCl/L e 250mgCl/L, em águas doces.

O ponto PJ1 foi escolhido para representar a evolução temporal do parâmetro químico Cl, por monitorar a qualidade das águas subterrâneas, em local próximo à célula 7, de depósito lixo. A célula 7, além de ser a mais jovem do aterro, foi a que recebeu a maior carga de resíduos, ao longo do período de funcionamento do ASZN.

É possível identificar o comportamento do parâmetro Cl, ao longo do período de análise no gráfico 37.



**Gráfico 37: Evolução Temporal do Parâmetro Cloreto, no Ponto PJ1, das águas subterrâneas.**

Fonte: DMLU, 2008

Os resultados revelados pelo gráfico 37 mostram que cinco das 14 análises, realizadas entre 1992 e 2000, apresentaram, no ponto PJ1, valores superiores ao limite estabelecido de Cl, pela Resolução n° 396, do Conama, para o consumo humano. Tais resultados indicam poluição das águas subterrâneas.

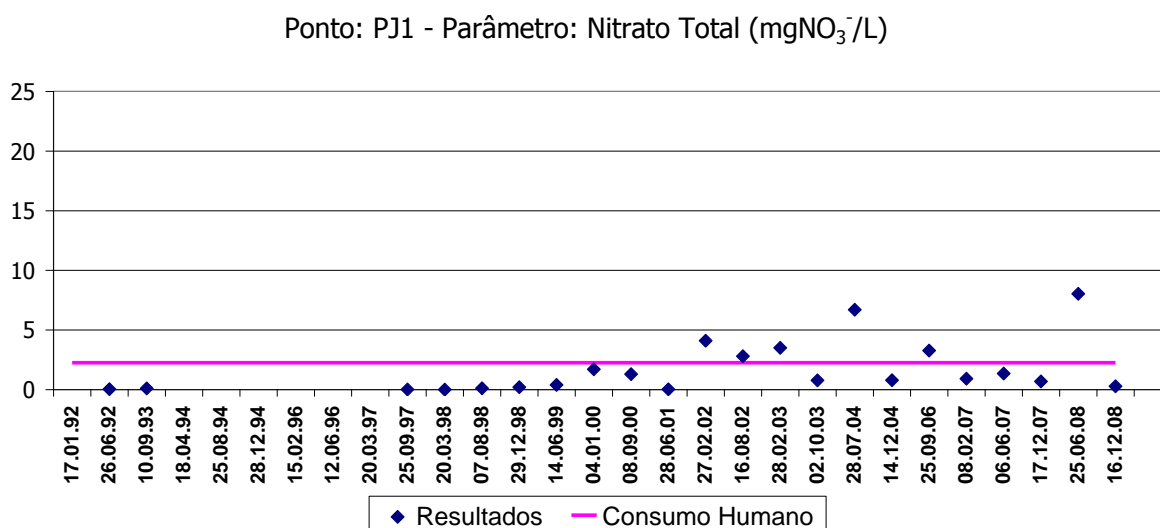
Os resultados revelados entre 2001 e 2008, no entanto, apresentaram, nas quatorze coletas realizadas, valores pequenos de Cl, dentro do limite estabelecido pela resolução. Isso caracteriza uma estabilização desse parâmetro, nas águas subterrâneas próximas do ASZN.

- **Nitrato**

Outro parâmetro analisado foi o  $\text{NO}_3$ . Ele pode ser encontrado em águas naturais, assim como o nitrogênio. Níveis naturais de  $\text{NO}_3$ , em águas não poluídas, raramente excedem 0,1mg/l como N. Em esgoto sanitário bruto, normalmente a concentração de nitratos oscila entre 0,1 e 0,4 mg/l como N. A poluição de corpos superficiais e subterrâneos pode ser produzida por arraste de fertilizantes, contaminação por efluentes industriais, esgotos ou líquidos percolados de aterros sanitários. Nesses casos, sua concentração apresenta alto risco potencial à saúde humana. Os níveis de  $\text{NO}_3$ , encontrados nas águas subterrâneas próximas ao ASZN,

são decorrentes do extravasamento do churume, formado no aterro para as áreas adjacentes.

Foram escolhidos, para representar a evolução temporal do parâmetro químico  $\text{NO}_3$ , os pontos PJ1 e PJ2, por apresentarem dois comportamentos distintos, que podem ser identificados nos gráficos 38 e 39, respectivamente.



**Gráfico 38: Evolução Temporal do Parâmetro Nitrato, no Ponto PJ1, das águas subterrâneas.**

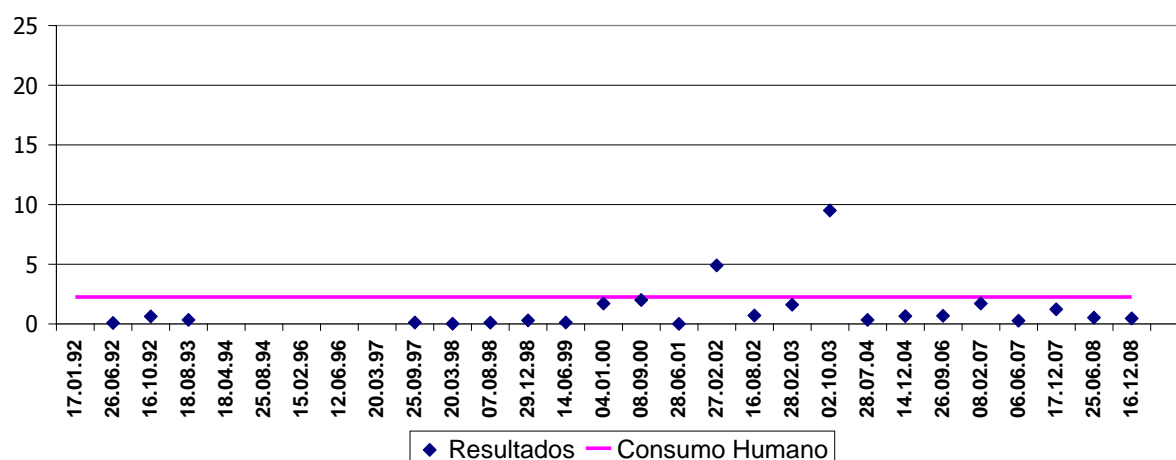
Fonte: DMLU, 2008

Os resultados de  $\text{NO}_3$ , obtidos através das análises, realizadas entre o ano de 1992 e de 2001, apresentaram, no ponto PJ1, baixos valores e dentro dos limites estabelecidos pelo Conama. A Resolução Conama nº396 limita os valores de  $\text{NO}_3$ , para o consumo humano, em  $2,5\text{mgNO}_3/\text{L}$ .

Os resultados revelados, entre 2002 e 2008, em seis das doze coletas realizadas, apresentaram valores elevados de  $\text{NO}_3$ , acima do limite estabelecido pela resolução. Isto caracteriza a presença das lixívias da célula 7 do aterro, nas águas subterrâneas.

Como a célula 7 recebeu grande parte dos resíduos da cidade de Porto Alegre, no período de 1995 a 2000, e o  $\text{NO}_3$  ser um parâmetro que representa o estado final da mineralização da matéria orgânica, é lógico que as maiores concentrações tenham sido identificadas no período entre 2002 e 2008.

Já o comportamento do parâmetro  $\text{NO}_3$ , no ponto PJ2, ao longo do período de análise, pode ser identificado no gráfico 39.

Ponto: PJ2 - Parâmetro: Nitrato Total ( $\text{mgNO}_3^-/\text{L}$ )

**Gráfico 39: Evolução Temporal do Parâmetro Nitrato, no Ponto PJ2, das águas subterrâneas.**

Fonte: DMLU, 2008

Os resultados de  $\text{NO}_3$ , obtidos através das análises realizadas entre o ano de 1992 e 2001, indicaram, também no ponto PJ2, baixos valores, dentro dos limites estabelecidos pelo Conama.

Os resultados revelados, entre 2002 e 2008, no entanto, apresentaram valores elevados de  $\text{NO}_3$ , acima do limite estabelecido pela resolução, somente em duas das 12 coletas realizadas. Esses dados revelam que a célula 6 está contribuindo em menor intensidade que a célula 7, para a poluição das águas subterrâneas. Como a célula 6 recebeu grande parte dos resíduos da cidade de Porto Alegre, no período de 1990 a 1995, os valores de  $\text{NO}_3$  revelados devem ser menores, em função do avançado estágio de estabilização da matéria orgânica, ali depositada.

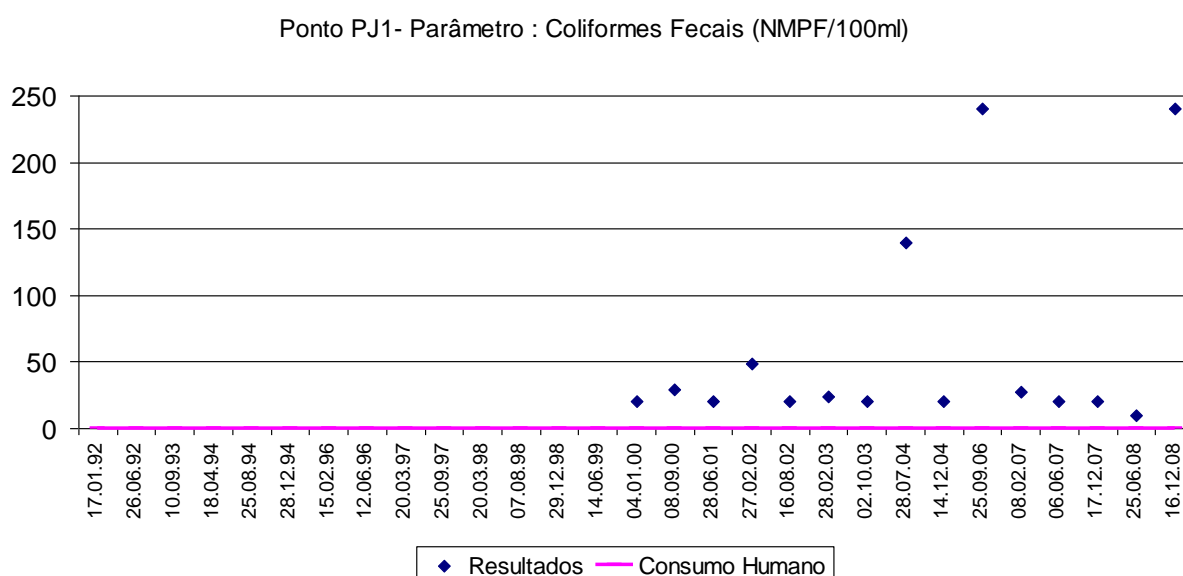
Conclui-se que os resultados do ponto PJ1, que se localiza próximo da célula mais jovem de depósito de resíduos, representaram valores de  $\text{NO}_3$  elevados e acima do limite estabelecido pela Resolução Conama n° 396/2008, em 50% das coletas, no período entre 2002 e 2008. Esses resultados caracterizaram que o processo de estabilização das suas lixívias está na sua fase intermediária. Já o ponto PJ2, que se localiza próximo da célula de resíduo mais antiga, apresentou valores de  $\text{NO}_3$  elevados e acima do limite estabelecido pela resolução, somente em duas coletas, revelando que seu processo de estabilização está na sua fase final.

- **Coliforme Fecal**

O CF foi outro parâmetro analisado, sendo que seu significado sanitário reside no fato de que sua presença indica a contaminação do manancial, por excretas ou pela presença de chorume produzido em aterros de resíduos sólidos.

Foi escolhido para representar a evolução temporal dos CF, ao longo do período de coleta, o ponto PJ1, por monitorar a qualidade das águas subterrâneas próximas da célula mais jovem de depósito de lixo.

É possível identificar o seu comportamento, ao longo do período de análise, no gráfico 40.



**Gráfico 40: Evolução Temporal do Parâmetro Coliforme Fecal no Ponto PJ1 das águas subterrâneas.**

Fonte: DMLU, 2008

Os resultados revelados pelo gráfico 40, no ponto PJ1, apresentaram a presença de CF em todas as coletas realizadas, no período de 2000 a 2008. Destaca-se que o monitoramento dos coliformes, nesse ponto, não ocorreu durante o período de 1992 a 1999, ficando dúvidas a respeito do seu comportamento. A Resolução Conama n° 396 determina que as águas subterrâneas para consumo humano não devem ter coliformes. As concentrações de CF, reveladas no ponto PJ1, indicam que o ponto monitorado sofreu influência do chorume produzido na célula 7, em função do seu extravasamento para as áreas adjacentes.

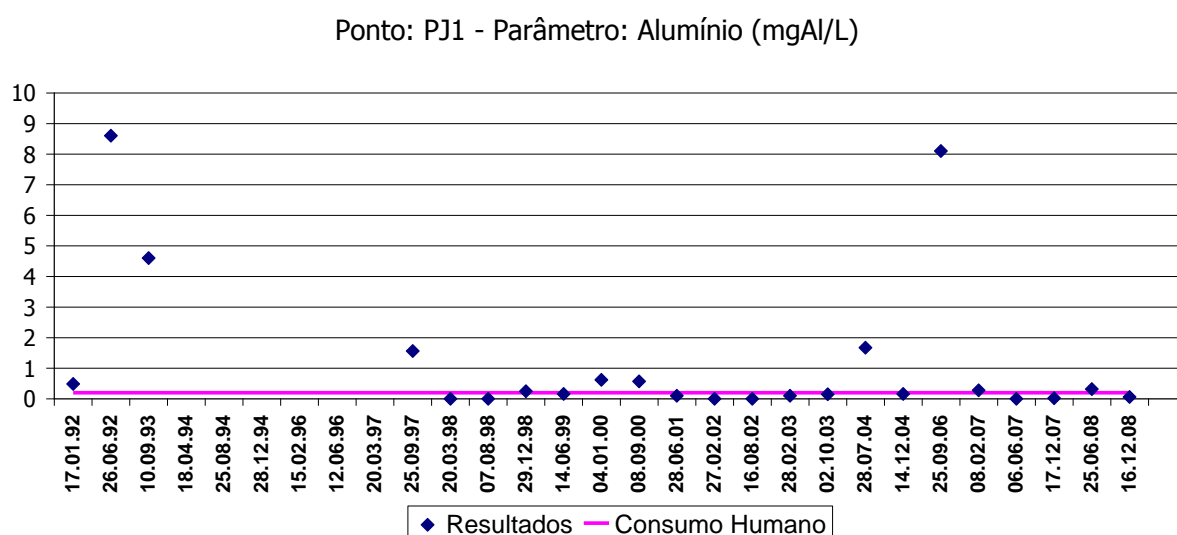
Salienta-se que os coliformes gerados em aterro sanitário tendem ao rebaixamento progressivo, com o tempo, devido à estabilização da matéria orgânica.



- **Alumínio**

Em relação aos metais pesados, o Al foi o que apresentou as maiores variações. Para representar a evolução temporal do Al foi escolhido o ponto PJ1, por monitorar a qualidade das águas subterrâneas próximas da célula mais jovem de depósito de lixo e por apresentar comportamento semelhante ao evidenciado no ponto PJ2.

É possível identificar o comportamento do parâmetro Al, no ponto PJ1, ao longo do período de análise no gráfico 41.



**Gráfico 41: Evolução Temporal do Parâmetro Alumínio, no Ponto PJ1, das águas subterrâneas.**

Fonte: DMLU, 2008

Como resultado das coletas realizadas no ponto PJ1, o parâmetro Al apresentou valores que variaram de zero mgAl /L até 8,6mgAl /L, extrapolando 43 vezes o limite máximo estabelecido, revelando elevados índices de poluição. O limite estabelecido, para consumo humano, pela resolução nº 396, do Conama, é de 0,2mgAl /L.

É importante destacar que os resultados das últimas cinco coletas, revelados nos anos de 2007 e 2008, foram baixos, o que indica um rebaixamento da concentração desse metal, nas águas subterrâneas, decorrente da estabilização dos resíduos do aterro, já que o meio é não conservativo.

- **Chumbo, Cromo, Níquel, Cádmio e Zinco**

Para representar a evolução temporal dos metais pesados, Pb, Cr, Ni, Cd e Zn, das águas subterrâneas na área de estudo, foi escolhido o poço PJ1. Isto se deu em função de este poço monitorar a qualidade das águas subterrâneas que recebe as lixívias da célula 7, a que recebeu a maior quantidade de resíduos e a mais jovem do aterro. Essa qualidade decorre do escoamento das lixívias, produzidas pelo aterro, para as áreas adjacentes, através da decomposição da matéria orgânica depositada nas células de resíduos sólidos.

Os resultados dos metais pesados Pb, Cr, Ni, Cd e Zn, no ponto PJ1, podem ser vistos no quadro 7.

<b>Parâmetro/ Poço PJ1</b>	<b>Chumbo (mgPb/L)</b>	<b>Cromo (mgCr/L)</b>	<b>Níquel (mgNi/L)</b>	<b>Cádmio (mgCd/L)</b>	<b>Zinco (mgZn/L)</b>
Valor Máximo Permitido Resolução 396/2008 Conama-	0,01	0,05	0,02	0,05	5,0
26.06.92	0,03	0,01	0,01	0,001	0,09
10.09.93	0,01	0,01	0,01	Zero	-
25.09.97	Zero	Zero	Zero	Zero	-
07.08.98	Zero	Zero	Zero	Zero	-
14.06.99	Zero	Zero	Zero	Zero	-
08.09.00	Zero	Zero	Zero	Zero	0,04
28.06.01	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero
14.12.04	0,05	Zero	Zero	Zero	0,15
25.09.06	Zero	Zero	Zero	Zero	0,04
16.12.08	0,03	0,002	0,01	0,001	0,006

**Quadro 7: Resultados dos parâmetros Pb, Cr, Ni, Cd e Zn, no ponto PJ1, e seus limites, estabelecidos para o consumo humano, segundo a Resolução 396/2008 do Conama.**

Fonte: Laudos do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (2008)

Adaptado por Troleis, Adriano Lima (2008)

- coleta não realizada

O quadro 7 mostra que os resultados das análises dos metais pesados Pb, Cr, Ni, Cd e Zn, no Ponto PJ1, revelaram baixas concentrações e dentro do valor

máximo permitido para o consumo humano (VMP), estabelecido pela Resolução do Conama nº 396, em quase todas as coletas realizadas.

Como conclusão, os resultados das análises realizadas, no ponto PJ1, evidenciaram variadas concentrações de poluição de origem orgânica, reveladas pelos parâmetros Cl e NO<sub>3</sub>. Outro grande indicativo de poluição orgânica decorre da elevada presença dos CF nas águas subterrâneas.

No que diz respeito aos metais pesados, somente o Al apresentou elevados valores, ao longo do período de coleta, 1991 a 2008. Em relação aos outros metais pesados, foi detectada a presença de Pb, Cr, Ni, Cd e Zn, nas águas subterrâneas, mesmo que com valores pequenos.

Esses resultados, portanto, são suficientes para concluir que houve um extravasamento das lixívias geradas no ASZN, através da célula 7, para as áreas adjacentes, contaminando, assim, as águas subterrâneas.

## **7.6 ELABORAÇÃO DA CARTOGRAFIA DE QUALIDADE DAS ÁGUAS**

A cartografia de qualidade das águas superficiais, subterrâneas e do líquido percolado do ASZN foi elaborada, utilizando-se a base cartográfica do mapa de pontos de coleta das águas; a rede de pontos de coleta de água superficial, de poços de água subterrânea e do líquido percolado, no entorno do aterro e adjacências; os laudos técnicos fornecidos pelo DMLU, desde o início do monitoramento, realizado em 1991, até as coletas realizadas em 2008; e a legislação vigente. Seu principal objetivo é retratar, especialmente, a qualidade das águas, através das análises química, bacteriológica e de metais, realizadas em cada ponto ou poço de coleta da área de estudo, decorrente das interferências das lixívias do ASZN, do lançamento de lixo doméstico e do despejo de esgoto da vila Dique, nas águas das bacias do arroio Passo das Pedras e da Areia, ao longo do período de coleta. Outro objetivo da elaboração da cartografia visa estabelecer relações do comportamento dos pontos e seus parâmetros ao longo do período de monitoramento.

A partir dos dados descritos, para cada tipo de amostra de água coletada foi utilizada uma legislação específica, sendo possível, assim, elaborar a cartografia de qualidade das águas da área de estudo.

Para as águas superficiais, utilizou-se a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conama, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água doce em diferentes classes - Especial, 1, 2, 3 e 4 - e determina diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Para isso, foram inseridas na base cartográfica as classes do Conama e atribuída uma cor a cada classe, que resulta da menor à maior concentração de poluentes no corpo hídrico, naquele ponto e parâmetro, em um dado momento. Ficou definido o uso do verde para a classe 1, o amarelo à classe 2, o laranja à classe 3 e o vermelho à classe 4.

Para as águas subterrâneas, utilizou-se a Resolução nº396, de 03 de abril de 2008, do Conama, que determina os padrões de qualidade das águas subterrâneas, a serem mantidos ou atingidos, adequando os níveis exigidos, de acordo com os usos que se pretende fazer do corpo hídrico. É importante destacar que o uso escolhido para determinar os padrões de qualidade das águas subterrâneas foi o “consumo humano”. Para isso foram inseridas, duas classes na base cartográfica, e atribuída uma cor para cada uma delas. A cor expressa da menor à maior concentração de poluentes, no corpo hídrico naquele ponto e parâmetro, em um dado momento. O verde foi usado para a classe que não excede o limite máximo permitido pelo Conama; portanto, que serve para o consumo humano. Já o vermelho diz respeito à classe que excede o limite máximo permitido, não servindo para o consumo humano.

Para o líquido percolado, utilizou-se a Resolução Consema nº 128, de 24 de novembro de 2006, que fixa novos critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos, para as fontes geradoras, que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Segundo a resolução, os efluentes líquidos de fontes poluidoras somente podem ser lançados em corpos d'água superficiais, direta ou indiretamente, indiferente do uso que se quer fazer da água, quando os índices não excederem os padrões de emissão previstos. Igualmente, aqui também foram inseridas na base cartográfica, duas classes e atribuída uma cor a cada classe. O uso da cor representa da menor à maior concentração de poluentes, no corpo hídrico, naquele ponto e parâmetro, em um dado momento. Foi definido o verde para

a classe que não excede o limite máximo permitido pelo Conama, e o vermelho foi relacionado à classe que excede o limite máximo permitido.

O objetivo de utilizar essas resoluções é que elas determinam os padrões de qualidade da água, a serem mantidos ou atingidos, atendendo, assim, às necessidades das comunidades aquáticas e o compromisso com a saúde e o bem-estar humano.

Importante destacar que, nesse período de monitoramento, as coletas não seguiram uma periodicidade definida de tempo, tendo variado na análise dos pontos e parâmetros, o que acarretou na ausência de dados, em alguns momentos, ao longo do período descrito.

O software utilizado para a elaboração dos planos de informação, editoração e acabamento foi o *ARC VIEW GIS 3.2*.

## **7.7 EVOLUÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS**

O presente subcapítulo apresenta uma análise da evolução espacial dos parâmetros químicos, bacteriológicos e de metais, realizada nos pontos e poços de coleta de água superficial, subterrânea e do líquido percolado, localizados nas células do ASZN e áreas adjacentes.

Seu principal objetivo é retratar, espacialmente, a qualidade das águas em cada ponto ou poço de coleta da área de estudo, decorrente das interferências das lixívias do ASZN, do lançamento de lixo doméstico e do despejo de esgoto da vila Dique, nas águas das bacias do arroio Passo das Pedras e da Areia. Outro objetivo da elaboração da cartografia é estabelecer relações do comportamento dos pontos e de seus parâmetros, de acordo com as legislações vigentes.

Para representar a evolução espacial dos pontos de água superficial, subterrânea e do líquido percolado ao longo do período de coleta, foram escolhidas duas cartografias de qualidade das águas: do ano de 1993, por caracterizar o início do monitoramento das águas, na área de estudo, e a de 2000 por, revelar a qualidade das águas, na época do fechamento do ASZN.

Os resultados da Cartografia de qualidade das águas no ASZN e áreas adjacentes, que permitem identificar a distribuição espacial dos pontos e poços de coleta na área de estudo, podem ser identificados nas figuras 16 e 17.

## CARTOGRAFIA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO ANO DE 1993

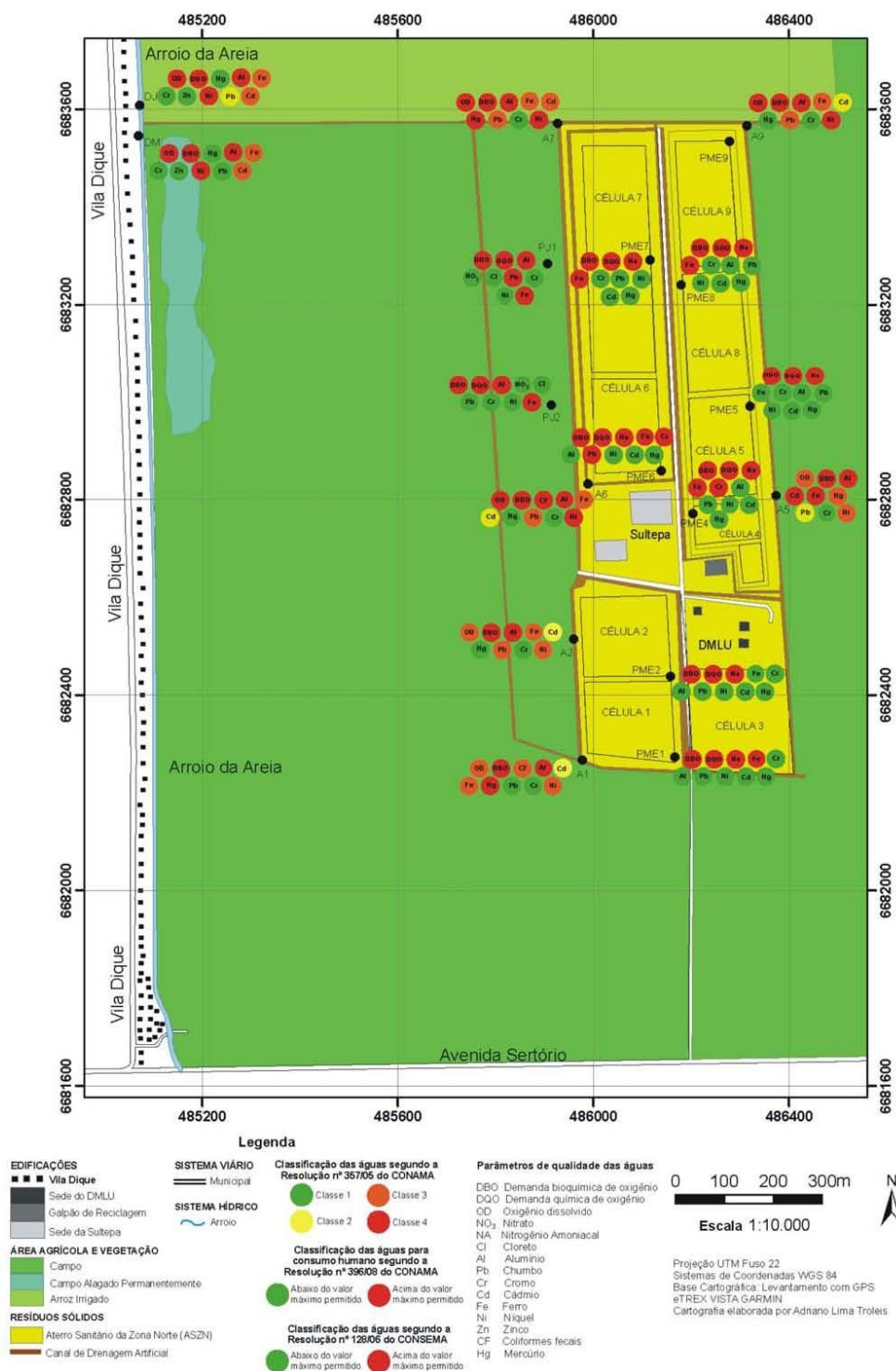
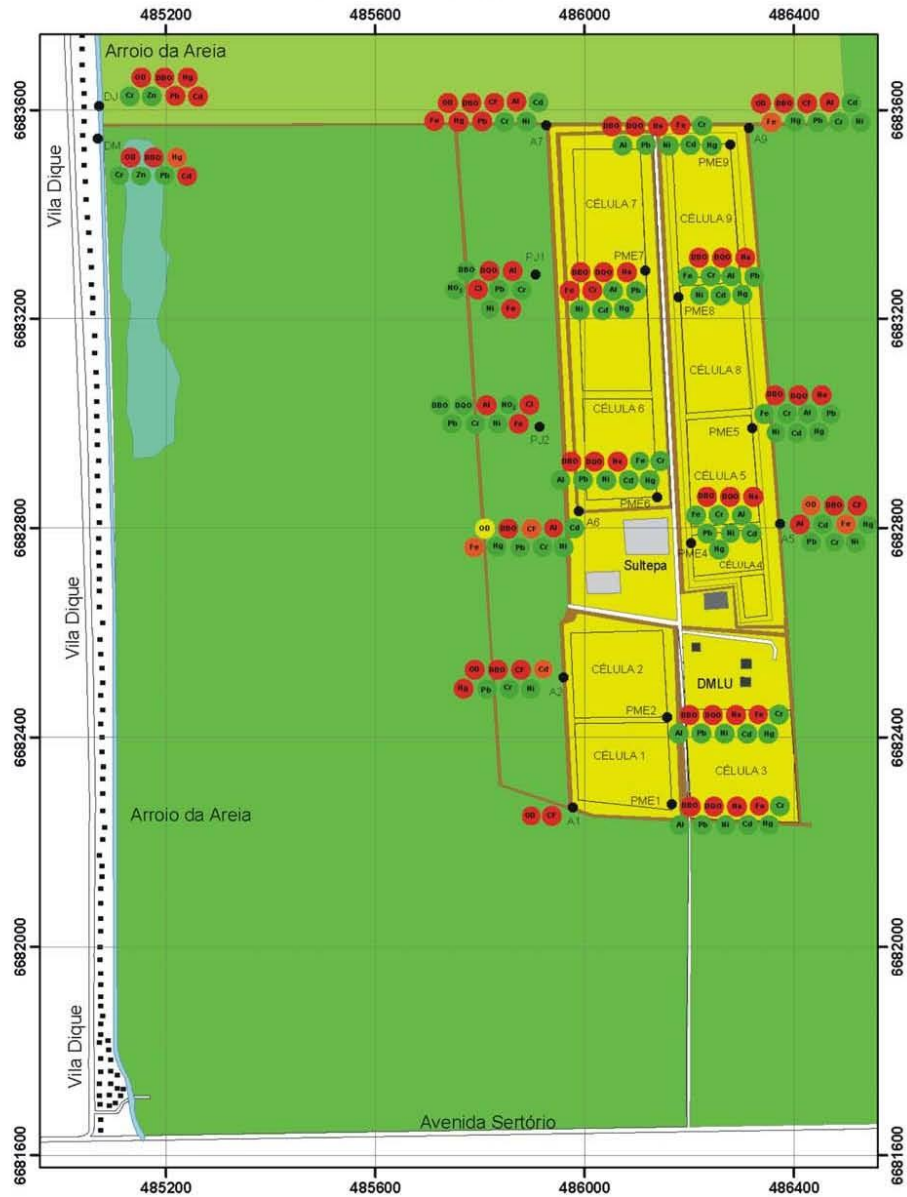


Figura 16 - Cartografia da qualidade das águas do ano de 1993.

### CARTOGRAFIA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO ANO DE 2000



**Legenda**

<p><b>EDIFICAÇÕES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vila Dique</li> <li>■ Sede do DMLU</li> <li>■ Galpão de Reciclagem</li> <li>■ Sede da Sultepa</li> </ul> <p><b>ÁREA AGRÍCOLA E VEGETAÇÃO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Campo</li> <li>■ Campo Alagado Permanentemente</li> <li>■ Arroz Irrigado</li> </ul> <p><b>RESÍDUOS SÓLIDOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aterro Sanitário da Zona Norte (ASZN)</li> <li>■ Canal de Drenagem Artificial</li> </ul>	<p><b>SISTEMA VIÁRIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Municipal</li> </ul> <p><b>SISTEMA HÍDRICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Arroio</li> </ul>	<p><b>Classificação das águas segundo a Resolução nº 357/05 do CONAMA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Classe 1</li> <li>● Classe 2</li> <li>● Classe 3</li> <li>● Classe 4</li> </ul> <p><b>Classificação das águas para consumo humano segundo a Resolução nº 336/04 do CONAMA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Abaixo do valor máximo permitido</li> <li>● Acima do valor máximo permitido</li> </ul> <p><b>Classificação das águas segundo a Resolução nº 128/06 do CONSEMA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Abaixo do valor máximo permitido</li> <li>● Acima do valor máximo permitido</li> </ul>	<p><b>Parâmetros de qualidade das águas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>DBO Demanda bioquímica de oxigênio</li> <li>DQO Demanda química de oxigênio</li> <li>OD Oxigênio dissolvido</li> <li>NO<sub>3</sub> Nitrate</li> <li>NA Nitrogênio Amoniacal</li> <li>Cl Cloroeto</li> <li>Al Alumínio</li> <li>Ch Chumbo</li> <li>Cr Cromo</li> <li>Cd Cádmio</li> <li>Fe Ferro</li> <li>Ni Níquel</li> <li>Zn Zinco</li> <li>CF Coliformes fecais</li> <li>Hg Mercúrio</li> </ul>	<p>0 100 200 300m</p> <p><b>Escala 1:10.000</b></p> <p>Projeção UTM Fuso 22 Sistemas de Coordenadas WGS 84 Base Cartográfica: Levantamento com GPS e TREX VISTA GARMIN Cartografia elaborada por Adriano Lima Troleis</p>
---	---	---	--	---

Figura 17 - Cartografia da qualidade das águas do ano de 2000.



O resultado espacial da qualidade das águas superficiais, representados pelos pontos localizados no entorno das células do aterro, referente aos anos de 1993 e 2000, foi a seguinte:

Os parâmetros DBO e Al foram classificados como classe 4, em todos os pontos analisados, em função do alto grau de poluentes encontrados nas águas superficiais do ASZN, ocasionado pela decomposição da matéria orgânica ali depositada. Já os parâmetros OD e CF revelaram concentrações menores de poluição, nas células mais antigas, e maiores, nas células de lixo mais jovens. Houve uma variação da classe 3 a 4, caracterizando, assim, o processo de estabilização da matéria orgânica, nas diferentes células do aterro.

O parâmetro Hg apresentou baixas concentrações, em três pontos, e elevadas concentrações, nos outros pontos monitorados, sendo que o ponto A7 foi o de maior valor. Esse ponto é de fundamental importância, na análise espacial da área de estudo, à medida que recebe toda a carga de lixívia superficiais, produzidas pelo aterro, e a escoar na direção do arroio da Areia e rio Gravataí.

Já o Fe apresentou elevadas concentrações, sendo que, na maioria dos pontos analisados, foi classificado como classe 3. Importante destacar que o Fe, no ano de 2000, no ponto A7, também foi classificado como classe 4.

O Chumbo apresentou baixas concentrações nas células mais antigas e maiores concentrações nas células de lixo mais jovem, variando da classe 1 a 4, por causa da sua forte presença no lixo doméstico.

O parâmetro Ni apresentou, no ano de 1993, valores elevados, em todas as amostras. Foi classificado como classe 3 nas células de lixo mais antigas, e 4 nas células mais jovens. No ano de 2000, somente apresentou valores baixos, classificando-se como classe 1. Sua redução está relacionada com o processo de estabilização das lixívia produzidas no aterro.

O Cd, em 1993, foi detectado e classificado em quatro pontos de coleta como classe 2; em um, como classe 3; e em outro ponto, como classe 4. No ano de 2000, somente apresentou valores baixos, classificando-se como classe 1, exceto no ponto A2. Esse resultado revela, novamente, os efeitos do processo de estabilização da matéria orgânica depositada no aterro.

O Cr foi o único metal pesado analisado que apresentou, em todos os pontos, baixíssimas concentrações, sendo classificado como classe 1, em todas as análises.

O resultado dos pontos DM e DJ, localizados no arroio da Areia, evidenciaram em 1993, grande poluição, decorrente das elevadas concentrações dos parâmetros DBO, Al e Ni, e das baixas concentrações de OD classificando-os como classe 4. Importante destacar que, no ano 2000, o OD e a DBO apresentaram concentrações semelhantes às do ano de 1993, e que o Al e Ni não foram analisados nesses pontos.

O Fe e o Cd, no ano de 1993, foram classificados como classe 3, nos dois pontos, ao longo do arroio da Areia, assim como ocorreu no ponto A7, que escoas as lixívias do aterro em direção ao mesmo. No ano de 2000, os pontos DM e DJ revelaram elevadas concentrações de Cd, resultante dos dejetos lançados no arroio da Areia pela vila Dique. Nesse caso, o aterro não exerceu influência na poluição das águas, pois o ponto A7 revelou baixas concentrações.

É importante destacar que devido ao lançamento de dejetos, sem tratamento, as águas do arroio da Areia, já chegam poluídas, na vila Dique, e pioram a medida que recebem a carga da mesma (TROLEIS, 2003).

Na análise espacial de 1993, os parâmetros Hg, Cr, Zn e Pb apresentaram baixíssimas concentrações. Em 2000, o Cr e o Zn permaneceram com baixas concentrações. Já o Pb e o Hg revelaram elevados valores, no ponto DJ, por interferência do ponto A7, que contribuiu com grandes cargas de dejetos do aterro, no arroio da Areia.

Através dos dados revelados pelas análises, conclui-se que todos os pontos de coleta, de água superficial, sejam na área do aterro ou no arroio da Areia, ao longo da vila Dique, apresentaram elevados valores de poluição.

Esses resultados, de uma forma geral, tornam-se preocupantes à medida que a vila Dique, em 2009, continua a despejar suas cargas de dejetos no arroio e o ASZN, por ter recebido grande parte dos resíduos hospitalar, domiciliar e industrial, produzidos pela cidade de Porto Alegre, até o ano 2000, também tem contribuído nessa poluição. Sendo assim, enquanto a vila estiver situada ao longo do arroio da Areia, estará contribuindo para elevar as concentrações de poluição nos pontos DM e DJ. Já as lixívias produzidas no aterro decorrente da decomposição da matéria orgânica devem continuar poluindo as águas superficiais, por um período de vinte a trinta anos, até que toda carga depositada possa se estabilizar em toda a área de depósito de resíduos sólidos, nos canais construídos no entorno do aterro e no canal artificial que escoas os dejetos em direção ao arroio da Areia.

O resultado espacial da qualidade do líquido percolado, representado pelos pontos PME, distribuídos ao longo do ASZN, dos anos de 1993 e 2000, evidenciaram que, no interior das células de depósito de resíduos sólidos existe uma grande concentração de poluição, resultante da decomposição da matéria orgânica ali depositada.

No que diz respeito à análise dos parâmetros químicos DBO, DQO e NA, todos os poços de coleta apresentaram concentrações muito elevadas, sendo classificados pela cor vermelha, que representa a classe que excede o limite máximo permitido pela Resolução nº 128 do Consema. Esses dados revelam que, apesar da estabilização da matéria orgânica estar ocorrendo de forma contínua, os valores revelados nas células do aterro, tanto nos anos de 1993 quanto de 2000, ainda mostram forte presença de poluição orgânica.

Já os resultados dos metais pesados revelaram variações. Os parâmetros Al, Pb, Ni, Cd e Hg apresentaram concentrações baixas, em todos os poços de monitoramento. Assim, foram classificados pela cor verde, que representa a classe que não excede o limite máximo permitido pela Resolução nº 128 do Consema, tanto no ano de 1993 quanto em 2000. Os metais Cr e Fe foram os únicos que variaram suas concentrações. O Cr apresentou elevadas concentrações, em dois poços de coleta PME4 e PME6, no ano de 1993, e somente no PME7, em 2000. Já o Fe apresentou elevadas concentrações em cinco dos sete poços de coleta monitorados no ano de 1993, e em quatro dos oito poços, em 2000. Isto evidencia, ainda, uma forte poluição, mas com uma tendência de redução da concentração desses metais, no interior das células do aterro, ao longo dos anos.

Através dos dados revelados pelas análises, conclui-se que todos os poços de coleta do líquido percolado, na área do aterro, apresentaram elevados valores de poluição. Esses resultados, de uma forma geral, tornam-se preocupantes, à medida que o ASZN não possui um sistema de impermeabilização de sua base; portanto, as lixívias produzidas nos poços de líquido percolado estão atingindo o lençol freático e causando poluição do solo e das águas subterrâneas, em toda a área de depósito de resíduos sólidos e adjacências.

O resultado espacial da qualidade das águas subterrâneas, representadas pelos poços de coleta PJ1 e PJ2, que monitoram as áreas adjacentes às células 6 e 7 do ASZN, dos anos de 1993 e 2000, evidenciou uma grande concentração de poluição.

A análise dos parâmetros DBO, DQO, Fe e Al, em 1993, nos dois pontos de coleta, identificou concentrações muito elevadas, sendo classificados pela cor vermelha, que representa a classe que excede o limite máximo permitido pela resolução. Em 2000, novamente o Fe e o Al revelaram elevados valores. Já a DBO apresentou, nos dois pontos, baixos valores, e a DQO revelou elevadas concentrações, apenas no ponto PJ1, que recebe influência direta da célula 7, a mais jovem do aterro. Esses resultados mostram uma gradativa redução da poluição de origem orgânica e uma manutenção dos elevados índices de metais.

Os parâmetros  $\text{NO}_3$ , Cr, Cl e Ni, em 1993 apresentaram concentrações baixas, nos dois poços de monitoramento. Por isso, foram classificados pela cor verde, que representa a classe que não excede o limite máximo permitido pela Resolução 396 do Conama. Já em 2000, somente o Cl revelou valores elevados nos dois pontos, excedendo o limite permitido.

O Pb, em 1993, também apresentou elevadas concentrações no poço PJ1, que recebe as lixívias da célula 7, e baixas concentrações no poço PJ2, que recebe as lixívias da célula 6 de depósito de lixo. Já em 2000, apresentou baixas concentrações nos dois poços, revelando uma provável diluição e estabilização na geração desse metal. Esses resultados indicam que houve um extravasamento das lixívias produzidas no interior das células 6 e 7 de depósito de resíduos sólidos, para as áreas adjacentes ao aterro.

Através dos dados revelados pelas análises, conclui-se que os pontos de coleta de água subterrânea PJ1 e PJ2, que se localizam nas adjacências do aterro, apresentaram elevados valores de poluição. Essa poluição ocorre porque as lixívias produzidas pelo aterro estão extravasando sua área de confinamento e migram para áreas no seu entorno.

De uma maneira geral, os resultados das análises da qualidade das águas mostram, de forma espacial, uma grande poluição na área de estudo, tanto das águas superficiais quanto das subterrâneas, através dos elevados índices de poluição orgânica e de metais pesados revelados, dentro e fora da área de monitoramento do ASZN.

Tais resultados são decorrentes da ausência de tratamento dos dejetos, produzidos pela malha urbana, localizada a montante da área de estudo, e pela vila Dique, lançados no arroio da Areia, e da ineficácia do aterro em controlar suas

lixívias, produzidas em função da decomposição da matéria orgânica e inorgânica ali depositada.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese foi elaborada a partir do estudo da qualidade das águas, decorrente do processo de urbanização, nas bacias hidrográficas do Arroio da Areia e Passo das Pedras, de Porto Alegre/RS, onde se localizam a área de ocupação irregular, denominada vila Dique, e a área de disposição de resíduos sólidos, o Aterro Sanitário da Zona Norte.

O objetivo principal desse estudo foi a análise da qualidade das águas superficiais e subterrâneas da área, como resultado das transformações urbanas, ocorridas na cidade de Porto Alegre, em função do processo de urbanização brasileira das últimas décadas. Pretendeu-se, ainda, compreender o processo de formação das vilas, como a Dique, e sua ocupação, como a consequente criação e instalação das áreas de lixões e aterros sanitários, como o ASZN.

Para alcançar o objetivo principal desse estudo, foi necessário atingir todos os objetivos específicos, propostos inicialmente, quais sejam: caracterizar o processo de urbanização brasileira e seus instrumentos de políticas públicas; contextualizar, sócio-historicamente, o processo de urbanização regional (Porto Alegre) e local (Aterro Sanitário da Zona Norte e Vila Dique) e sua dinâmica populacional; caracterizar brevemente a área de estudo, em termos geológicos, geomorfológicos, climatológicos e hidrológicos; compreender a dinâmica das águas superficiais e subterrâneas e seus constituintes iônicos; avaliar a influência da vila Dique e do Aterro Sanitário da Zona Norte, sob a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, a partir da análise dos dados de qualidade de água, fornecidos pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU); elaborar a cartografia de qualidade das águas superficiais, subterrâneas e do líquido percolado; verificar a abrangência da contaminação das águas subterrâneas, dentro dos limites da área de estudo, através do levantamento de Geofísica; elaborar a cartografia, através dos resultados da Geofísica aplicada; avaliar a organização do espaço em estudo, a partir da análise dos processos físicos e ambientais e propor mudanças para a melhoria da qualidade ambiental da área.

Para tal, foi necessário estabelecer relações de cooperação, junto ao órgão de gerenciamento de resíduos sólidos e outros. Sendo assim, foi estabelecida uma parceria entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a Prefeitura

Municipal de Porto Alegre (PMPA), através do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU), e a Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM).

Ao analisar a questão do surgimento das áreas de periferia e de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, em uma visão histórica, observa-se que, na fase inicial de desenvolvimento das cidades, poucas medidas foram adotadas para solucionar tais problemas. Estes, por sua vez, são fruto de um modelo de crescimento urbano industrial, posto em prática nas décadas de 1960, 1970 e 1980, do qual ainda hoje se percebe as consequências. Segundo Santos (1994), a taxa de urbanização brasileira, em 1940, era de 26,35% e, de acordo com o censo demográfico de 2000, alcançou 82% nesse ano. Essa migração e inchaço dos centros urbanos geraram sérios problemas, como a falta de estrutura das cidades, no que diz respeito à moradia, às oportunidades de empregos e às condições para a destinação adequada da enorme quantidade de lixo gerado. A falta de habitação resultou no surgimento de vilas, nas franjas das cidades; a falta de emprego colocou milhares de pessoas na linha de pobreza; e o problema do lixo foi enfrentado com a implantação dos grandes lixões, que são áreas de depósito de resíduos sólidos, desprovidas de qualquer técnica de confinamento. Tais ações contribuíram para a degradação de diversos recursos hídricos superficiais e subterrâneos das principais cidades brasileiras.

Esse modelo de crescimento econômico, a qualquer custo, adotado pelos países em desenvolvimento, nessas décadas, favoreceu o aparecimento dessas áreas em todo o país, sendo que, em Porto Alegre, o processo não foi diferente. Até 1990, os locais escolhidos para o depósito de resíduos, na cidade, eram os de baixo valor imobiliário, geralmente em áreas alagadiças e próximos aos centros urbanos.

É importante destacar que a área onde se situam o Aterro Sanitário da Zona Norte e a vila Dique é considerada problemática, sob o ponto de vista de uso e ocupação, por estar localizada em uma planície de inundação, que sofre inundações sazonais, e por não possuir uma infraestrutura adequada para moradia, como rede de água, luz, sistema de esgoto, calçamento e coleta de lixo, tendo em vista o planejamento urbanístico da cidade. Portanto, ela se torna inadequada também para a deposição de resíduos de qualquer origem.

Evidencia-se, assim, a necessidade de uma gestão urbana efetiva, que relacione a dinâmica ambiental própria dessa área, a fim de poder avaliar as

modificações ambientais e sugerir novas formas de gerenciamento, na apropriação desses espaços.

Em virtude desse quadro, há uma crescente preocupação na esfera municipal, tanto no que diz respeito aos problemas ambientais urbanos aparentes, quanto à prática dos agentes que interferem na produção da cidade. Já em 1979, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, da cidade de Porto Alegre, reunia um conjunto de normas urbanísticas, atinentes às principais questões da expansão urbana, definindo, como áreas inaptas para uso e ocupação:

- propriedades localizadas em áreas de risco (inundação, incêndio, falta de infraestrutura básica e outros);
- áreas que, em decorrência do uso e ocupação, podem provocar danos ambientais (degradação dos recursos hídricos, do solo e do ar).

Segundo o DMLU (2000), até 1989, em meio a montes de toneladas de lixo, centenas de pessoas moviam-se em condições sub-humanas, no lixão da zona norte, na tentativa de obter materiais recicláveis, que pudessem vender para garantir sua sobrevivência. Sobre o lixo, construíram-se barracos, onde essas pessoas viviam, faziam suas refeições e dormiam. Dantas (1988) afirma que o lixão da zona norte, assim como era chamado, era responsável por altos índices de poluição no Guaíba, onde o rio Gravataí deságua, pois este recebia os efluentes líquidos do lixão.

Em 1989, na tentativa de avaliar o impacto ambiental causado pelo lixão, foram coletadas algumas amostras de água do lençol freático, de água bruta superficial e de solo aterrado. O resultado da análise inicial demonstrou o comprometimento das águas superficiais, subterrâneas e uma elevada contaminação do solo (ESCOSTEGUY, 1991).

Em virtude desses resultados, a prefeitura de Porto Alegre, através do DMLU, assinou um contrato de prestação de serviço, em 1990, com a empresa Sistema de Proteção Ambiental (SPA), optando por desenvolver, na área, um plano de monitoramento, com a construção de poços de coleta e análise das águas subterrâneas, do líquido percolado, bem como o monitoramento de pontos de coleta de água superficial, ao longo dos canais periféricos das células do aterro e áreas adjacentes. O objetivo do monitoramento foi recuperar a área, através da redução da



poluição do solo, do ar e das águas da área do lixão; recompor suas condições ambientais, viabilizando o seu uso futuro, como parque de recreação; codispor os resíduos domiciliares, concomitantemente com a recuperação da área; e reaproveitar a fração orgânica do lixo domiciliar aterrado, após sua estabilização.

A execução do Projeto de Recuperação - A transformação do lixão da zona norte em Aterro Sanitário - resultou na disposição dos resíduos novos sobre os antigos, com a estruturação da área do Aterro, em nove células, circundadas por trincheiras de argila compactada e equipadas com sistema de dreno internos. Estes drenos coletam e transportam os líquidos percolados, através da massa de resíduos, fazendo o seu confinamento e eventual recirculação, com o objetivo de acelerar a decomposição da matéria orgânica, por meio da inoculação de microorganismos anaeróbios. Há, ainda, os drenos de gases e os canais de drenagem externos, no entorno das células, que conduzem as águas residuais do Aterro, em direção ao arroio da Areia e ao Rio Gravataí.

A partir de 1990, o DMLU passou a monitorar a qualidade das águas, na área do aterro, com o objetivo de identificar as alterações introduzidas nos corpos de água superficial e subterrânea, resultantes das contribuições das lixívias, produzidas pelo mesmo, e da poluição despejada da vila, no arroio da Areia. Foram definidos, pelo DMLU, para monitorar a área, vários pontos e poços, dos quais ainda hoje são monitoradas oito estações de coleta de água superficial, dois poços de coleta de água subterrânea e oito poços de coleta do líquido percolado. As coletas realizadas envolveram diversos parâmetros químicos, bacteriológicos e de metais.

Os dados desse monitoramento, realizado pelo DMLU, do período de 1991 a 2008, foram cedidos para o presente estudo, através da parceria já descrita. Acrescidos aos dados coletados no 8º Distrito de Meteorologia, possibilitaram relacionar períodos de maior ou menor precipitação a uma maior ou menor concentração de poluentes, traduzindo, assim, a qualidade das águas na área de estudo.

Segundo o Atlas Ambiental de Porto Alegre (1998), a rede hídrica local apresenta as seguintes características: a maior parte dos arroios é canalizada; a rede de drenagem escoar na direção do rio Gravataí; a declividade do terreno é baixa, portanto, o fluxo das águas é lântico; o nível freático encontra-se próximo à superfície; é suscetível a inundações, mediante eventos chuvosos; existe grande vulnerabilidade à contaminação das águas superficiais, por disposição inadequada

de resíduos sólidos e líquidos, jogados na água; e há grande vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas.

Após terem sido analisadas as variáveis descritas, foram elaborados gráficos, que retrataram a evolução temporal da qualidade das águas, nos diferentes pontos e poços monitorados, e uma cartografia da qualidade das águas, que retrata a sua evolução espacial. Assim, foi possível chegar a algumas conclusões.

Os pontos de coleta de água superficial, próximos à vila Dique, denominados DM e DJ, que refletem principalmente os dejetos de origem doméstica, lançados pela malha urbana e pela vila Dique, no arroio da Areia, apresentaram concentrações altíssimas de poluição orgânica e de metais, sendo classificados como classe 4, pela Resolução nº 357/2005, ao longo da pesquisa. Assim, classificaram o arroio da Areia como um corpo de água de péssima qualidade, que não tem indicação para o consumo humano, servindo apenas para navegação ou para usos menos exigentes.

Os pontos de coleta de água superficial, monitorados no entorno das células do aterro, permitiram concluir que a concentração de poluição de origem orgânica e de alguns metais, como Al, Ni e Fe, é menor, nas águas superficiais próximas às células mais antigas, devido ao avançado estágio de estabilização da matéria orgânica. Nas células mais jovens, a concentração de poluição é maior, pois o processo de estabilização encontra-se na sua fase inicial.

Observou-se, também, que as lixívias produzidas no ASZN não estão confinadas. Elas migram, pelo canal artificial, onde se localiza o ponto A7, em direção ao arroio da Areia, contribuindo com sua poluição; posteriormente, migram em direção ao rio Gravataí.

Esses resultados indicam que as lixívias geradas no aterro e que o lançamento de esgoto *in natura*, da vila Dique, nas águas do arroio da Areia, são fatores que estão afetando a qualidade das águas superficiais, na área de estudo. Conseqüentemente, existe restrição significativa quanto ao uso dessas águas.

Dos poços de coleta do líquido percolado, distribuídos ao longo das células de depósito de lixo, chamados de PME, foi possível concluir que as concentrações da DBO, DQO e P, nas células mais antigas do ASZN, é menor, devido ao avançado estágio de estabilização da matéria orgânica. Nesse sentido, nas células mais jovens, a concentração é maior, pois o processo de estabilização encontra-se na sua fase inicial. Atinge elevados valores, nos primeiros anos de decomposição da

matéria orgânica e, gradativamente, vai reduzindo sua concentração, até a estabilização da mesma, em função do meio não ser conservativo.

Já os resultados obtidos de NA e Fe, em diferentes células de depósito de lixo, de diferentes idades de decomposição, foram muito elevados e acima dos limites 20mgN/L e 10mgFe/L estabelecidos pela Resolução Consema nº 128, em todas as coletas realizadas. Isto evidencia que o ASZN ainda contribui com elevados índices de poluição de determinados parâmetros monitorados, mesmo nas células de lixo mais antigas.

Conclui-se que os resultados apresentados, das lixívias produzidas pelo aterro, estão contribuindo para a poluição das águas subterrâneas de forma mais intensa nas células jovens e em menor intensidade nas células mais antigas, uma vez que o ASZN não possui um sistema de impermeabilização na base das células.

Os poços de monitoramento de água subterrânea, situados a oeste do aterro, na altura das células 6 e 7, chamados de PJ1 e PJ2, revelaram a presença de poluição orgânica, através de elevadas concentrações de CF, DBO, DQO e dos baixos valores de OD.

Já o resultado das análises dos metais pesados evidenciou que somente o Al e o Fe ultrapassaram os limites máximos estabelecidos, revelando elevados índices de poluição.

Esses resultados, portanto, são suficientes para concluir que houve um extravasamento das lixívias geradas no ASZN, através das células 6 e 7, para as áreas adjacentes, contaminando, assim, as águas subterrâneas.

De uma maneira geral, a área de estudo, apresentou elevadas concentrações de poluição, nas diferentes células do aterro e adjacências, nos níveis de análise superficial e subterrâneo, ao longo dos anos de monitoramento.

Com o objetivo de identificar as alterações introduzidas nos corpos de água subterrânea, resultantes das contribuições das lixívias produzidas pelo aterro, foi realizado um monitoramento geofísico, através da técnica da eletrorresistividade, que indicou diferentes valores de condutividade elétrica na área de estudo. Através desses resultados foram gerados mapas.

De uma maneira geral, os mapas de condutividade elétrica mostraram, de forma destacada, algumas anomalias, que se referem às áreas de depósito de lixo do ASZN e às áreas de escoamento das lixívias. Essas anomalias são resultantes

da ineficácia do aterro em conter as lixívias, afetando, assim, a qualidade das águas subterrâneas em toda a área monitorada.

As três imagens em 3D, construídas através dos resultados da geofísica, apresentaram maiores concentrações de condutividade elétrica, nos pontos de geofísica coletados sobre as células de lixo do que nas áreas adjacentes. Esses dados permitem concluir que grande parte das lixívias está percolando dentro dos limites do aterro para as camadas inferiores e uma menor parte está migrando para as áreas adjacentes.

Em relação à incapacidade de o aterro controlar suas lixívias e do extravasamento da pluma continuar ocorrendo na direção oeste, mesmo a 30m de profundidade, sua intensidade foi reduzida de forma significativa, se comparada à revelada nas camadas anteriores. Isso indica um grave problema, já que o aterro sanitário não está cumprindo sua função de controle de poluentes, o que deveria ter sido resolvido na época da transformação do lixão em aterro sanitário, com um sistema adequado de drenagem e confinamento das lixívias.

Os resultados da sondagem elétrica vertical, representados nos Mapas de Condutividade Elétrica Aparente do ASZN e áreas adjacentes, com profundidade de 7,5m, 15m e 30m, revelaram grandes variações de condutividade elétrica.

Na área de depósito do lixo, foram detectados valores de condutividade elétrica elevadíssimos, que variaram entre 25 e 180 mS/m, nas três profundidades, permitindo, assim, identificar as lixívias geradas no aterro. Áreas de várzea, com características de solo mal drenado e com presença de terraços inundáveis, como a do presente estudo, deveriam apresentar valores de condutividade elétrica aparente em torno de 25 a 30mS/m, quando não poluídas. É importante destacar que, nas células de depósito de lixo mais antigas, a pluma apresentou valores menores, em profundidades maiores, revelando uma tendência de estabilização. Ela se mostrou de forma mais intensa, nas camadas próximas à superfície. Já nas células mais jovens de depósito de lixo, como a 7, o resultado da condutividade elétrica apresentou valores bastante elevados, nas três profundidades. Isto indica forte presença de poluição e uma considerável percolação das lixívias.

Os resultados da geofísica, nas áreas adjacentes ao Aterro Sanitário da Zona Norte, revelaram um extravasamento da pluma, nas três profundidades, variando de 35 a 95mS/m, sendo que os valores detectados de condutividade elétrica foram diminuindo, conforme a profundidade aumentava. Seu fluxo está direcionado para

oeste, em direção ao arroio da Areia e do rio Gravataí. Portanto, pode-se concluir que há uma forte migração e percolação das lixívias, dentro e fora da área do ASZN, caracterizando-o como um foco de poluição das águas subterrâneas, dentro das bacias do arroio da Areia e Passo das Pedras.

Apesar de a presente tese ter tido como objetivo principal verificar a influência da vila Dique e do ASZN, na qualidade das águas das bacias, também se buscou discutir questões a respeito do processo de urbanização, ocorrido em Porto Alegre e suas consequências sociais, relacionadas à falta de moradia, emprego e acesso adequado às condições mínimas de sobrevivência, vividas na área de estudo.

De uma forma geral, estabelecendo uma relação entre os dados coletados da vila Dique e as condições ideais de sobrevivência humana, conclui-se que seus moradores vivem em situação de elevada pobreza, distantes de condições sanitárias adequadas e excluídos do convívio social integrado, uma vez que ela apresentou inúmeras irregularidades, tendo destaque para:

- o acesso às redes de água e energia elétrica, que é feito, quase exclusivamente, através de ligações clandestinas;
- a rede de esgoto é inexistente; portanto, os dejetos orgânicos são todos lançados no arroio da Areia, causando sua poluição;
- as unidades sub-habitacionais encontram-se localizadas em uma área de risco, que sofre frequentes inundações; portanto suas condições são impróprias para moradia.

Já a área onde se situa o ASZN apresentou inúmeras irregularidades, no que diz respeito ao uso da terra. Essas contrariam as legislações ambientais atuais, tanto no que se refere aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, quanto à deposição e ao gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares. Cabe destacar que:

- área onde se encontra o aterro é de várzea, sofre inundações sazonais; portanto, torna-se inadequada para a deposição de resíduos de qualquer origem;
- área ao norte do aterro apresenta cultivo de arroz;
- não houve impermeabilização da base e do entorno do aterro, gerando, com isso, a poluição do solo e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; e

- há um extravasamento das lixívias geradas no aterro, sendo que parte delas infiltra e a outra é drenada por canais construídos pelo DMLU, escoando para o arroio da Areia e o Rio Gravataí.

Com relação aos critérios de adequabilidade, pode-se dizer que, desde 1985, quando da abertura do antigo lixão, até dezembro de 2000, quando ocorreu o fechamento do ASZN, foram descumpridos, os critérios de deposição e gerenciamento dos resíduos sólidos ali depositados, assim como atualmente o de uso agrícola, caracterizando a área como de risco.

Portanto, observa-se a necessidade de os órgãos de fiscalização impedirem que áreas como essas continuem a existir. Por outro lado, há uma necessidade de mudança, nas relações de produção e consumo, que devem estar associadas a mudanças culturais. Isso deve ser feito com a criação de formas adequadas ou que minimizem o uso dos recursos naturais - tanto da água, do solo, quanto da matéria-prima industrializada, que se transforma em lixo, após utilizada.

Para a área de estudo, são necessárias medidas eficazes, com o objetivo de minimizar os problemas relacionados à má qualidade das águas, no Arroio da Areia, ao acúmulo de lixo e à ausência de infraestrutura da vila. Em relação à qualidade das águas, somente tem sido feito o seu monitoramento; quanto ao acúmulo de lixo, o DMLU fechou o ASZN, em 2000; e para a vila Dique, está sendo realizado o processo de reassentamento, para uma área com toda infraestrutura básica instalada e com condições mínimas de sobrevivência.

Este estudo indica que o gerenciamento inadequado de áreas, como a do presente estudo, pode gerar consequências graves, sob o ponto de vista ambiental.

É importante destacar a importância da criação de legislações, que tratam especialmente dos recursos hídricos, como a Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997; a Resolução nº 357/2005, que trata das águas superficiais, a Resolução nº 396/2008, que trata das águas subterrâneas e a Resolução Consema nº 128/2006, que trata dos padrões de emissão de efluentes líquidos. Infelizmente, esses avanços na legislação não impedem que ocorra a continuidade da poluição dos rios.

Como sugestão de estudos futuros, para a área de estudo, indica-se a continuidade do monitoramento das águas superficiais e subterrâneas do entorno do

ASZN, por um período entre 20 e 30 anos, tempo estimado como necessário para a estabilização da matéria orgânica ali depositada.

Também se sugere, em um período de dez anos, novamente a realização de um levantamento geofísico na área de estudo, com o objetivo de identificar a ocorrência do extravasamento das lixívias, para as adjacências do aterro, assim como identificar a profundidade de interferência da pluma.

Acredita-se, com esta tese, estar contribuindo para a compreensão do aspecto fundamental do cenário urbano contemporâneo: a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, em relação ao tratamento do lixo e à ocupação populacional de áreas de periferia. Apesar de o estudo se tratar especificamente de área delimitada, como amostragem, as reflexões aqui produzidas podem, em certa medida, colaborar para a compreensão e investigação desses aspectos, em outras regiões. A ocupação da terra, o tratamento dos resíduos e a eventual possibilidade de contaminação da água constituem-se em temáticas que se relacionam, diretamente, à preservação da humanidade e a sua qualidade de vida. Nesse sentido, são aspectos centrais para estudos geográficos e de urbanismo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHUTTI, Luiz E. **Fotoetnografia**: um estudo de antropologia visual sobre cotidiano, lixo e trabalho. Porto Alegre: Tomo, 1997.

ACSELRAD, Henri. (org.). **A duração das cidades**: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. Rio de Janeiro: Ed: DP&A, 2001.

ADAS, M. **Estudos de Geografia**. São Paulo: Moderna, 1979.

AGENDA 21. Integral para consulta On-line. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/SE/agen21/agint.html>. Acesso em: 24 nov. 2007.

AGUIAR, F. G. **Estudos Hidrométricos do Nordeste Brasileiro**. Rio de Janeiro: IFOCS, 1990. Vol.12.

AMARAL, A. L. do. Plano Diretor Municipal como Instrumento de Gestão Urbana e Ambiental. In: SOUZA, J. C. S; BARROS, F. P. de ; RODRIGUEZ, S. K. **Problemas geológicos e geotécnicos na região metropolitana de São Paulo**. São Paulo: ABAS/ABGE/SBG, 1992. p. 253-257.

ANTON, F. J.; MORAES, A. de O. Mapa da Irregularidade fundiária de Porto Alegre: Demhab, 1999. 150p.

APHA-AWWA-WPCF. **Standart methods for the examinacion of Water and Wastewater**. 18. ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Associations e Water Polution Control Federation, 1995.

ASSIS, J. C. A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. In: ACSELRAD, Henri.(org). **Sentidos da sustentabilidade urbana**. Rio de Janeiro: Ed. DP&A, 2001. p.7-8.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Classificação de resíduos sólidos**: NBR10004:2004. Rio de Janeiro: ABNT, 2004

BALESTRIN, R; ALVES, P. M. A; HOFFMANN, M. S. Mapa do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos. In: MENEGAT, Rualdo; PORTO, M. L; GARRARO, C. G; FERNANDES, L. A. D. (coord). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1998. p.187-188.



BARROS, Mirian Vizintim Fernandes Barros. **Análise Ambiental Urbana**: estudo aplicado à cidade de Londrina-PR. 1998. 235f. Tese [Doutorado em Geografia Física] - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo 1998.

BATALHA, B. L.; PARLATORE, A. C. **Controle de Qualidade de água para consumo humano**: bases conceituais e operacionais. São Paulo: Cetesb, 1997.

BERNARDES, J. A.; MAVIGNIER, T.; SILVA, A. A. Algumas reflexões sobre o conceito de espaço e território. **Revista de Pós-Graduação em Geografia**, Rio de Janeiro: UFRJ, a. 1, v.1, n.1, p.39-42, 1997.

BERTÊ, Ana Maria de A. **Depósitos Tecnogênicos e Planejamento Urbano**: o aterro sanitário da Zona Norte de Porto Alegre – RS/Brasil. 2001. 102f. Dissertação [Mestrado em Geografia] - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2001.

BIRKHOLZ, Lauro B. Evolução do conceito de planejamento territorial. In: BRUNA, G. (org.). **Questões de organização do espaço regional**. São Paulo: Nobel, 1983. p. 1-24.

BONIN, Luís Carlos. A regularização fundiária e a democratização do solo urbano. In: PANIZZI, Wraza; ROVATTI, João F. (orgs). **Estudos Urbanos**: Porto Alegre e seu planejamento. Porto Alegre. Ed: Universidade/ UFRGS/ Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 1993. p. 373.

BORBA, S. V. **Projeto Rede Habitat** – Região Metropolitana de Porto Alegre: caracterização sócio-espacial. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística/RS (Núcleo de Estudos Regionais e Urbanos), 2003.

BRANCO, Samuel Murguel et. al.(org.). Hidrologia Ambiental. São Paulo. Ed. da Universidade de São Paulo/ABRH, 1991.(Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.3).

\_\_\_\_\_; ROCHA, Aristides Almeida. **Elementos de ciências do ambiente**. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987.

BRASIL. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da cidade. Brasília: Senado Federal, 2001.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Cidades Sustentáveis**: subsídios à elaboração da Agenda 21 Brasileira. Brasília, 2000a.

\_\_\_\_\_. **Gestão dos Recursos Naturais**: subsídios à elaboração da Agenda 21 Brasileira. Brasília, 2000b.

BUSSELI, G; BARBER, C.; ZERILLI, A. The mapping of groundwater contamination with TEM and DC methods. **Exploration Geophysics**, ASEG/SEG Conference. Adelaide, v. 19, n. 2, p. 240-243, 1 jun. 1988.

CAERN/PLANAT. **Captação de Timbauba dos Batistas**: Pesquisa do Manancial subterrâneo e definição do sistema de captação. Natal: CAERN/PLANAT, 1977.

\_\_\_\_\_. **Relatórios Técnicos de Pesquisa de Mananciais Aluviais**. Recife/Natal/Fortaleza: Compesa/Caern/Cagece, 1975 a 1983.

CASTELLO, Lineu. Cidade faz análise e revela tudo: leis ambientais. In: PANIZZI, Wrana; ROVATTI, João F. (orgs). **Estudos Urbanos**: Porto Alegre e seu planejamento. Porto Alegre. Ed: Universidade/ UFRGS/ Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 1993. p. 53-63.

CASTELLS, Manuel. **A questão urbana**. Tradução: Arlene Caetano. Rio de Janeiro. Ed:Paz e Terra, 1983.

\_\_\_\_\_. **Dual city**: restructuring New york. Nova York: Russell Sage Foundation, 1999.

CETESB. **Água, qualidade, padrões de potabilidade e poluição**. São Paulo: 1994.

\_\_\_\_\_. **Água, qualidade, padrões de potabilidade e poluição**. São Paulo: 2005.

\_\_\_\_\_. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: 1988.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo. **Compilação de Padrões Ambientais**. São Paulo: 1990.

CHRISTOFOLETTI, A. A geografia física no estudo das mudanças ambientais. In: BECKER, B. K. et. al. (orgs.). **Geografia e Meio Ambiente no Brasil**. São Paulo/Rio de Janeiro: HUCITEC, 1995. p. 334-345.

COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias, Conceitos e Métodos de Pesquisa. In: CUNHA, Sandra B.; GUERRA, Antonio J. Teixeira. (org.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 19-45.

CONAMA. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Distrito Federal, 21 mar. 2005.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 396**, de 03 de abril de 2008. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Distrito Federal, 07 abr. 2008.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº. 20**, de 18 de junho de 1986. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Distrito Federal, 30 jul. 1986.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5., 1988, São Paulo. **Anais**. São Paulo: ABAS, 1988.

CONSEMA. **Resolução nº 128** de 24 de novembro de 2006. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Distrito Federal, 24 nov. 2006

CORRÊA, Roberto Lobato. **O espaço urbano**. São Paulo. Ed: Ática S. A., 1989.

COSTA, Antônio F. U; FERLINI, Carlos Alberto. **Caracterização da pluma poluidora gerada pelo depósito municipal de lixo da Zona Norte de POA-RS**. Porto Alegre: CPRM/METROPLAN, 1994. v. 2.

COSTA, W. D. **Análise dos fatores que atuam no aquífero fissural**: área piloto dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. 1986. 225 f. Tese [Doutorado em Geologia] - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

COTRIM, Sérgio Luis da Silva. **Filtros aeróbicos percoladores aplicados ao tratamento de lixiviados de aterros sanitários antigos**. 1997. 120f. Dissertação de [Mestrado em Engenharia] – Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

CUNHA, Sandra B. Geomorfologia Fluvial. In: \_\_\_\_\_; GUERRA, Antonio J. Teixeira. (orgs). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1996. p. 157-189.

\_\_\_\_\_; GUERRA, Antonio J. Teixeira. Degradação Ambiental. In: \_\_\_\_\_; GUERRA, Antonio J. Teixeira. (org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-379.

\_\_\_\_\_; GUERRA, Antonio J. Teixeira. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 3.ed., Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1969. p.439.

CUSTÓDIO, Emilio; LLAMAS, Manuel Ramon. **Hidrologia Subterrânea**. 2. ed. Barcelona: Omega, 1983. v. 2.

DANTAS, Dione Chaves. **A problemática do tratamento de lixívias de aterros sanitários**. 1988. 149 f. Tese (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

DAVIDOVICH, Fany. Considerações sobre a urbanização no Brasil. In: BECKER, B. K. et. al. (orgs.). **Geografia e Meio Ambiente no Brasil**. São Paulo/Rio de Janeiro: HUCITEC, 1995. p. 79-96.

\_\_\_\_\_. Urbanização Brasileira: tendências, problemas e desafios. **Espaço & Debates**, edição especial, São Paulo, n. 13, p. 12-29, jan. 1984.

DDF-DMLU-PMPA. **Plano de Monitoramento**. Aterro Sanitário de Porto Alegre. Porto Alegre, janeiro de 2000.

DEMHAB. **Levantamento socioeconômico da Vila Dique e Nazaré**. Superintendência de Ação Social e Cooperativismo. Unidade de Pesquisa Socioeconômica do DEMHAB, 2006. Doc. Interno.

\_\_\_\_\_. **Evolução da população dos núcleos sub-habitacionais de Porto Alegre, com quantidade de núcleos, unidades sub-habitacionais, famílias e habitantes, de acordo com os levantamentos de 1950 a 2007**. Unidade de Pesquisa do DEMHAB, 2008.

DNAEE Mapa da disponibilidade hídrica do Brasil. In: Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Dados hidrológicos das Bacias Hidrográficas Brasileiras**. Rio de Janeiro: DNAEE, 1994. p. 234.

ELLERT, Nelson; GREENHOUSE, John P.; MONIER-WILLIAMS, Mark. A Geofísica no estudo da poluição da água subterrânea. **Ambiente, Revista CETESB de Tecnologia**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 94-100, 1988.

\_\_\_\_\_; MENDES, José Milton Benetti.; MARTIN, E. Mapeamento Geofísico do Lixão de São Carlos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGUAS SUBTERRANEAS, 6., 1990. Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: ABAS, 1990. p. 82-88.

EMELIANOFF, C. Ville Globale. Ville Durable: Deux Représentations Opposées de l'Espace-Temps Urbain. **Journées Pirevs**, Les Temps de l'Environnement. Toulouse, nov. 1997, p. 261-267.

ESCOSTEGUY, Pedro A. V. et. al. Projeto de recuperação ambiental do "lixão" da Zona Norte de Porto Alegre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL/ABES. 16., 1991. Goiânia. **Anais**. Goiânia, 1991. p. 3-20. v. 2. Trabalhos livres. Tomo III.

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. **Biodegradable municipal waste management in Europe**. Part1: Strategies and instruments. Copenhagen, 2006. Topic Report 15/2001.

FARIA, L. A. Evolução Urbana de Porto Alegre. 1990. 254p. Tese [Doutorado em Arquitetura]. UFRGS, Porto Alegre, 1990. In: CONGRESSO ESTADUAL DE PREFEITURAS, 1., Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre, 1990.

FARVOLDEN, R. N., HUGHES, G. M. Hydrogeological Implications in Solid waste Disposal. **Bull. Intern. Assoc. Sci. Hydrol**, v. 1, n. 1, p. 146-158, 1976.

FEE. **Anuário estatístico do Rio Grande do Sul**. Secretaria da Coordenação e Planejamento/Fundação de Economia e Estatística. Porto Alegre, 1997/1998 (CD ROM).

FEITOSA, E. C. **Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Natal**. Natal: Planat/Caern, 1983.

FEITOSA, F. A. C; MANOEL, J. F. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

FERREIRA, Aurélio Buarque De Holanda. **Novo Dicionário Aurélio**. 3. ed. Revista e Atualizada. Curitiba: Editora Positivo, 2004.

FERREIRA, Leila da Costa. **A questão ambiental**: sustentabilidade. e políticas públicas no Brasil. São Paulo: Jinkings, 1988.

FERRETTI, Rosemary B. I Plano Diretor de Porto Alegre: 12 anos de implantação de um sistema participativo no planejamento urbano. Avaliação e perspectivas. In: PANIZZI, Wrana M.; ROVATTI, João F. (org). **Estudos urbanos**: Porto Alegre e seu planejamento. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1993. p. 263-277.

FETTER, Charles Willard. **Contaminant Hydrogeology**. New York: MC Millan, 1993.

MANOEL FILHO, J. M., CARNEIRO, F. A. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

FLECK, E. **Revisão Bibliográfica**: parâmetros de monitoramento. PMPA/DMLU – Divisão de Destino Final. Porto Alegre, jul. 1998. (documento circular interno).

FRANK, M. W. **Análise Geográfica para a implantação do parque Municipal de Niterói, Canoas, RS 2003**. In: SUERTEGARAY, D. M. A.; BASSO, L. A.; VERDUM, R. **Ambiente e lugar no urbano**: a grande Porto Alegre. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. p. 67-93.

FREEZE, R. Allan. CHERRY, John A. **Groundwater**. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliff. 1999.

FUJIMOTO, N. S. V. Moura. **Análise ambiental urbana na área metropolitana de Porto Alegre/RS**: sub bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio. 2001. 236 f. Tese [Doutorado em Geografia] - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

\_\_\_\_\_. Implicações Ambientais na Área Metropolitana de Porto Alegre - RS: um estudo geográfico com ênfase na Geomorfologia Urbana. **Espaço e Tempo**, GEOUSP: São Paulo, n. 12, p. 34-49, 2002.

\_\_\_\_\_. Planejamento Ambiental: Abordagem de Risco a Movimentos de Massa no Município de São Sebastião – Litoral Norte do Estado de São Paulo. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, n. 25, jun. 1999, p. 155-166.

GEORGE, Pierre. **Geografia urbana**. Tradução: Liliana Laganá Fernandes. São Paulo: Ed. Difel, 1983.

GONÇALVES, Carlos Walter P. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 1989.

GOTTDIENER, Marc. **A produção social do espaço urbano**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993.

GREENHOUSE, J. P. Environmental geophysics: it's about time. **Geophysics: The Leading Edge**, Columbus, United States, v. 10, n. 1, p. 32 -34, 1991.

GRIMBERG. A questão socioambiental no espaço urbano: limites e desafios. In: GRAZIA, G de. (org). **Direito à cidade e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Fórum Brasileiro da Reforma Urbana/FASE, 1993. p. 174-182.

GUASSELLI, L. BERTÊ, A. M.de A. Mapa de Localização de alguns dos depósitos tecnogênicos de Porto Alegre. In: BERTÊ, A. M. de A. **Depósitos Tecnogênicos e Planejamento Urbano: o aterro sanitário da Zona Norte de Porto Alegre – RS/Brasil**. 2001. 102 fl [Dissertação Mestrado em Geografia]. Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2001. p. 27.

GUERRA, Antônio José Teixeira. **Dicionário Geológico: Geomorfológico**. 3 ed.. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1969.

\_\_\_\_\_. **Processos erosivos nas encostas** (item 2.1. taxa de infiltração). In: CUNHA, S. B.da; GUERRA, A. (org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996. p. 140-143.

GUILLEN. R. F. Ecologia urbana e desenvolvimento sustentável: natureza e artefato, fronteira evanescente. 2003. In: MENEGAT, Rualdo; ALMEIDA, Gerson. **Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas cidades: estratégias a partir de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. p. 93-94.

GUILLEN. R. F. Sustentabilidade, Democracia e Gestão Ambiental Urbana. 2003. In: MENEGAT, Rualdo; ALMEIDA, Gerson. **Desenvolvimento Sustentável e Gestão**

**Ambiental nas cidades:** estratégias a partir de Porto Alegre. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. p.191-192.

HASENACK, H.; FLORES, F. E. V. O ambiente urbanizado e o clima urbano. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, v. 19, p. 57-70, 1995.  
HOFFMANN, M. **DMLU**. Entrevista 15 de setembro de 2000.

HORTON, R. E. The role of infiltration in the hydrologic cycle. **Trans. Amer. Geophys. Union**, v. 14, p. 446-460, São Francisco, 1983.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo 1991.

\_\_\_\_\_. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo 2000.

\_\_\_\_\_. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Contagem da população. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 nov. 2007.

\_\_\_\_\_. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Dicionário cartográfico. 4. ed. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Pesquisa Nacional por amostra de domicílios – PNAD e Censo Demográfico 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 set. 2008

\_\_\_\_\_. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. População total e respectiva distribuição percentual por cor e raça, segundo grandes regiões, unidades da federação e regiões metropolitanas (2007). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 03 nov. 2008

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113f. Tese (Livre-docência em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

\_\_\_\_\_; AGOPYAN, V. Reciclagem de Resíduos da construção. In: SEMINÁRIO RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Cetesb, 2003. 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/CETESB.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2008.



JORGE, Izahaki Filgueiras Ângela et. al. Categorias sócio-ocupacionais. Uma perspectiva para análise da força de trabalho e da distribuição de rendimentos do Brasil. In: **IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 set. 2001.

KAUFMAN, W. J. Chemical pollution of ground water. **Water Technol Quality**, Denver, p. 152-158, 1994.

KELLY, W. E. **Geoelectric sounding for delineating groundwater contamination**. Ground water, [S.l.], v. 14,n. 1, p. 6-10, 1976.

KOLLMANN, W. F. H.; SUPPER, R. **Combined tracer techniques for the simulation of contaminant transport by geoelectric detection of introduced salt**. Engineering Geology and the Environment, Balkema, Rotterdam, 1997. p. 1943-1947.

LEFEBVRÉ, Henri. **Espacio y Política**. Barcelona: Ediciones Peninsula, 1976.

\_\_\_\_\_. **La producion de l' espace**. Paris: Maspero, 1974.

LIMA, J. S. Qualidade das águas utilizadas nas cidades é cada vez pior. **Cidades**, n. 29, mar. 2002. Disponível em: <http://www.comciencia.br>. Acesso em: 06 dez. 2008.

LIVI, F. P. Elementos do clima: o contraste de tempos frios e quentes. In: MENEGAT, Rualdo. (coord). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1998. p. 73-78

LOMBARDO, M. A. **Qualidade ambiental e planejamento urbano**: considerações de método. 1996. 529f. Tese [Doutorado em Geografia] - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Curso de Pós-Graduação em Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 2. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1989.

MAGNOLLI, Miranda Martinelli. Ambiente, espaço e paisagem. **Paisagem e Ambiente**, São Paulo: FAUUSP, n. 1/2, p. 57-64, set. 1986.

MAIA, A. P. A. **Gestão de Recursos hídricos em Pernambuco**: o comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama. 2002. p.172. Dissertação [Mestrado em Gestão e

Políticas Ambientais] - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002

MARQUES, M. M. O plano diretor. **Revista da Sociedade de Engenharia do Rio Grande do Sul**, v.1,n.12,p.29-42,1986.

MARQUES, Patrícia de Pádua. Programa de qualidade das águas. **A água em Revista**, v. 1, n. 1, p. 35-41, nov. 1993.

MATHESS, G., HARVEY, A. **The Properties of Groundwater**. New York: John Wiley, 1982.

McNEILL, J. D. **EM34-3**: survey interpretation techniques. Geonics Limited, s. l: TN-S, 1980b.

MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**. 1994. 338f. Tese [Doutorado em Geografia] - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Curso de Pós-Graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MENEGAT, Rualdo. (coord). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1998.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Dados do Brasil para a 1ª Avaliação Regional 2002 dos Serviços de Manejo de Resíduos Sólidos Municipais nos países da América Latina e caribe**. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 36**, de 19 de janeiro de 1990, publicada no Diário Oficial da União de 23. 01. 1990.

MONTEIRO, C. A. de F. A interação homem-natureza no futuro da cidade. In: CHRISTOFOLETTI, A. et. al. **Geografia e Meio Ambiente no Brasil**. São Paulo: Ed. Hucitec, 1995. p. 334-345.

MORAES, Aldovan de Oliveira. **Da irregularidade fundiária de Porto Alegre**. Porto Alegre: DEMHAB,1999.

\_\_\_\_\_. **Duas ou três coisas a respeito de regularização fundiária**. 2. ed. Porto Alegre: DEMHAB, 2007.

OECD. **Water resource management: integrated policies**. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 1989.

OLIVEIRA, A. M. S. **A metrópole e a geologia: exemplos do município de São Paulo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 38, 1994. São Paulo. Boletim de resumos expandidos, São Paulo: Conselho Nacional de Geologia, 1994.

\_\_\_\_\_. **A abordagem geotecnológica: a geologia de engenharia no Quinário**. In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo: ABGE, 1995. p. 231-241.

ORLANDI FILHO, V.; GIUGNO, N. B. Diagnóstico Setorial da Região Metropolitana de Porto Alegre – RS. Porto Alegre, Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), Metroplan. **Série Ordenamento Territorial**, Porto Alegre, v. 1, p. 40, 1994.

PÁDUA, V. L.; FERREIRA, A. C. S. Qualidade da água para consumo humano. In: HELLER, L; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Ed.UFMG, 2006. p. 34-49.

PANIZZI, Wrana, ROVATTI, João F. (orgs). **Estudos Urbanos: Porto Alegre e seu planejamento**. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS/ Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 1993.

PELOGGIA, A. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do tecnógeno: proposição teórica básica e discussão a cerca do caso do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n. 3, p. 257-268, setembro de 1997.

\_\_\_\_\_. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo**. São Paulo: Ed. Xamã VM, 1998.

PENCK, W. **Morphological analysis of land form**. London: Macmillan and Co., 1953.

PIRES, C. **Impactos ambientais decorrentes de ocupações clandestinas e irregulares junto às nascentes da Bacia Hidrográfica do arroio do Salso – Porto Alegre/RS**. 2000. 141f. Dissertação [Mestrado em Geografia]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PNUD. **Ranking do IDH dos estados do Brasil em 2005**. Programa das Nações Unidas pelo Desenvolvimento (PNUD). Disponível em: <http://www.pnud.org.br> Acesso em: 17 set. 2008

PONTES, C. A. A. **Urbe Água Vida: Ética da proteção aplicada ao estudo das implicações morais no acesso desigual à água potável.** Tese [Doutorado em Saúde Pública]. Rio de Janeiro, ENSP/FIOCRUZ, 2003.

\_\_\_\_\_.; SCHRAMM, F. R. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, novembro 2004, p. 1319-1327.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. PDDUA: Lei Complementar 434/99. Porto Alegre: Prefeitura Municipal, Secretaria do Planejamento Municipal, 2000.

\_\_\_\_\_. 2º Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Porto Alegre. **Projeto de Lei.** Porto Alegre, 1998.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar n. 43**, de 21 de julho de 1979. Decreto n. 6, de 29 de agosto de 1979. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre. 1 PDDU. Porto Alegre, 1980.

\_\_\_\_\_. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Dec. n. 9367**, de 29 de dezembro de 1988. Legislação Ambiental do Município de Porto Alegre. Porto Alegre, 1988.

PORTO ALEGRE/DMLU. Aterro Sanitário. **Estação de tratamento de lixo.** Folheto de divulgação. Porto Alegre, 1996.

\_\_\_\_\_. Projeto Técnico. **Sistema Integrado de Recomposição Ambiental e Tratamento do Lixo de Porto Alegre:** Aterro Sanitário, Zona Norte de Porto Alegre. Porto Alegre, 1990.

PRETECEILLE, Edmond; RIBEIRO, Luiz, C. Q. **Trends in social segregation in two global metropolises:** Paris and Rio de Janeiro in the 1980's. **Rev. Bras. Ci. Soc.**, v. 14, n. 40, p. 143-162, jun.1999. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010269091999000200010&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010269091999000200010&lng=es&nrm=iso). Acesso em: 17 de mai. 2006.

RATTNER, H. A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. In: ACSELRAD, Henri. (org.). **Sentidos da Sustentabilidade urbana.** Rio de Janeiro: Ed. DP&A, 2001. p. 9-19.

REHBEIN, M. O. **Análise Ambiental Urbana: vila Augusta/ Viamão/RS**. 2005.172f. Dissertação [Mestrado em Geografia] - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual n. 10.116**, de 23 de março de 1994. Institui a lei de Desenvolvimento Urbano, que dispõe os critérios e requisitos mínimos para a definição e delimitação de áreas urbanas e de expansão urbana, sobre as diretrizes e normas gerais de parcelamento do solo para fins urbanos, sobre a elaboração de planos e de diretrizes gerais de ocupação do território pelos municípios e dá outras providencias. Rio Grande do Sul, 1994.

\_\_\_\_\_. Secretaria da Coordenação e Planejamento do Governo do Estado do Rio Grande do Sul. **Atlas Sócio-Econômico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1998.

\_\_\_\_\_. Secretaria da Coordenação e Planejamento. **Atlas Sócio-Econômico do Estado do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Edelbra, 2002.

ROCCA, C. C. R.; NARCHI, H.; LEÃO, M. L. G.; NABHAN, N. M.; CASTRO NETO, P. P. **Drenagem sub-superficial em aterros sanitários**. São Paulo: CETESB, 1979.

RODRIGUES, A. M. **Produção e consumo do e no espaço**: problemática urbana. São Paulo: Hucitec, 1998.

\_\_\_\_\_. A geografia e a questão ambiental. Revista de Geografia, Dourados, 1 In: RODRIGUES, Arlete Moysés. **Produção e consumo do e no espaço**: problemática ambiental urbana. São Paulo: Hucitec, 1998. p. 49-67

\_\_\_\_\_. A questão ambiental e a (re)descoberta do espaço: uma nova relação sociedade/natureza?, **Boletim Paulista de Geografia**, n. 73, 35-71. São Paulo, 1994.

ROHDE, G. M. Mudanças de paradigma e desenvolvimento sustentado. In: CAVALCANTI, C. (org). **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1995. p. 41-53.

ROLNIK, R. O que é cidade. 3ed. São Paulo: Brasiliense, 2004. v.1.

\_\_\_\_\_. Plano Diretor Participativo. Guia para a elaboração pelos municípios e cidadãos. Brasília, 2004. 158p.

\_\_\_\_\_. A cidade e a Lei- legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo. São Paulo: Studio Nobel/ FAPESP, 1997. v.1.

\_\_\_\_\_. **Zona de especial interesse social.** Disponível em: <http://www.federativo.bndes.gov.br/dicas>. Acesso em: 23 nov. 2007.

ROSS, J. L. S. Análise e sistemas na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo: FFCCH/USP, n. 9, p. 65-75, abril de 1995.

\_\_\_\_\_. Análise Empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo: FFLCH/USP, n. 8, p. 63-74, abril de 1994.

\_\_\_\_\_. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo: FFLCH/USP, n. 6, p.17-29, março, 1992.

ROVATI, J. F. **Estudos Urbanos:** Porto Alegre e seu planejamento. Porto Alegre: UFRGS, 1993.

SANTOS, B. S. Uma Cartografia simbólica das representações sociais: prolegômenos a uma concepção pós-moderna do direito. In: RODRIGUES, Arlete Moyses. **Produção e consumo do e no espaço:** problemática ambiental urbana. São Paulo: Hucitec, 1998. p. 29-42.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço:** técnica e tempo, razão e emoção. 2. ed. São Paulo: Ed. Hucitec, 1997.

\_\_\_\_\_. **Espaço e Sociedade.** Petrópolis: Vozes, 1979.

\_\_\_\_\_. **Manual de geografia urbana.** São Paulo: Hucitec, 1989.

\_\_\_\_\_. **Metrópole corporativa fragmentada: o caso de São Paulo.** São Paulo: Nobel, 1990.

\_\_\_\_\_. **O novo mapa do mundo: problemas geográficos de um mundo novo.** São Paulo: Hucitec, 1995.

\_\_\_\_\_. **Por uma geografia nova: da crítica da geografia a uma geografia crítica.** São Paulo: Hucitec, 1990.

\_\_\_\_\_. **Técnica, espaço, tempo.** São Paulo: Hucitec, 1994.

SHAW, F. S, SOUTHWELL, R. V. **Relaxation Methods Applied to Engineering problems. Problems Relating to the Percolation of Fluids Through Porous Materials.** Proceeding of the Royal Society. A, v. 178, Part.7. 1981

SILVA, E. R. **O curso da água na História: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos.** 1998. 284. Tese [Doutorado em Saúde Pública]. Rio de Janeiro, ENSP/FIOCRUZ, 1998.

SILVA, Elvan. Porto Alegre: Considerações sobre a produção da paisagem urbana. In: PANIZZI, Wrana M.; ROVATTI, João F. (org). **Estudos urbanos: Porto Alegre e seu planejamento.** Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1993. p. 211-219.

SILVA, S. S. **Política de meio ambiente no Brasil no início dos anos 90: a construção da cidadania ambiental.** 1996. 167f. Dissertação [Mestrado em Sociologia] - Departamento de Sociologia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SMITH, N. Problemática ambiental e espaço: algumas questões teórico-metodológicas. In: RODRIGUES, Arlete Moyses. **Produção e consumo do e no espaço: problemática urbana.** São Paulo: Hucitec, 1998. p. 13-86.

SOUZA, L. A Estatuto da Cidade: perigos e oportunidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DIREITO URBANÍSTICO, 2., 1998. Porto Alegre. **Anais.** Procuradoria Geral do Município de Porto Alegre. Avaliando o Estatuto da Cidade. Porto Alegre: Procuradoria geral do Município de Porto Alegre/Evangraf, 1998.

SPERLING, Eduardo Von. Qualidade da água. In: PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura.** Brasília: MMA/SRH/ABEAS, Viçosa/MG; UFV, Depto. Engenharia Agrícola, 1997. p. 89-113.

STOLLAR, R. L.; ROUX, P. Earth resistivity surveys: a method for delineating groundwater contamination. **Ground Water**, [S.l.], v. 13, n. 2, p. 145-150, 1975.

SUERTEGARAY, D.; BASSO, L. A.; VERDUM, R. (Orgs.). **Ambiente e lugar no urbano**: a Grande Porto Alegre. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2000.

THORNTHWAITE, C W.; MATHER, J. R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance**. Centerton, New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1957. (Laboratory of Climatology 10, n.3).

\_\_\_\_\_. The water balance. **Publications in Climatology**, v. 8, n. 1. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955.

TOLMAN, C. F. **Ground Water**. New York: MC Graw Hill, 1992.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/Supren, 1977.

TROLEIS, Adriano. L. **A influência do Aterro Sanitário da Zona Norte e da Vila Dique sobre a qualidade das águas do arroio da Areia e rio do Gravataí, Porto Alegre – RS/Brasil**. 2003. 163f. Dissertação [Mestrado em Geografia] - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2003.

\_\_\_\_\_; BASSO, L. A. Avaliação dos impactos ambientais do aterro sanitário da zona norte de Porto Alegre. In: SUERTEGARAY, D. M. A; BASSO, L. A; VERDUM, Roberto. (Orgs.). **Ambiente e lugar no urbano**: a Grande Porto Alegre. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2000. p. 107-134.

UNESCO. **Ground Water**. Paris: Unesco, 1992.

\_\_\_\_\_. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Water for people, water for life**. Executive Summary of the UM World Water Development Report. França, Unesco-WWAP, 2003

VAINER, C. **Ocupação do Território e agenda ambiental**. mimeo. Rio de Janeiro, 1991.

VALLADARES, Lícia de Prado (org). **Habitação em questão**. Rio de Janeiro: Ed. Zahar, 1980.



VALLE, C. E. **Qualidade ambiental**: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente. São Paulo: Pioneira, 1995.

VERDUM, Roberto. **Approche géographiques des “Déserts” dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana, état du Rio Grande do Sul, Brésil**. Toulouse, 1997. 211f. Thèse [Doutorado em Geografia] - UFR de Géographie et Aménagement. Université de Toulouse le Mirail, 1997.

WIENER, A. **The role of water in development**. New York: MC Graw-Hill, 1972.