

# *Pesquisas em Geociências*

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

---

**Ocupação da terra e qualidade da água na periferia da Região Metropolitana de Porto Alegre, RS: o caso da Barragem Mãe d'Água**

*Nina Simone Vilaverde Moura, Luís Alberto Basso*

*Pesquisas em Geociências*, 37 (3): 227-241, set./dez., 2010.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/22662>

---

Publicado por

**Instituto de Geociências**

---



**Portal de Periódicos**  
**UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

---

## **Informações Adicionais**

**Email:** [pesquisas@ufrgs.br](mailto:pesquisas@ufrgs.br)

**Políticas:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

**Submissão:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

**Diretrizes:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

---

Data de publicação - set./dez., 2010.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

## Ocupação da terra e qualidade da água na periferia da Região Metropolitana de Porto Alegre, RS: o caso da Barragem Mãe d'Água

Nina Simone Vilaverde MOURA & Luís Alberto BASSO

Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9.500, Porto Alegre, RS. E-mail: nina.moura@ufrgs.br; lbasso@terra.com.br.

Recebido em 10/2009. Aceito para publicação em 11/2010.

Versão online publicada em 09/05/2011 ([www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br](http://www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br))

**Resumo** - Esse trabalho consiste em uma análise do processo de evolução da cobertura vegetal e do uso da terra e suas consequências sobre a qualidade das águas superficiais da área referente à sub-bacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água bacia hidrográfica do arroio Dilúvio, Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), Rio Grande do Sul. Para atingir esse objetivo principal foi necessário desenvolver alguns objetivos específicos, que são: analisar o processo de ocupação da área de estudo no contexto da RMPA; caracterizar os elementos do meio físico da área da bacia hidrográfica e suas alterações antrópicas; elaborar o mapeamento do uso e da ocupação da terra da bacia hidrográfica e, por último, analisar os impactos da urbanização sobre a qualidade das águas superficiais. O estudo é baseado em revisão bibliográfica e cartográfica sobre os mais importantes elementos indicadores do tipo de ocupação e das condições ambientais da área de estudo ao longo do seu processo de ocupação, bem como em trabalhos de campo com o objetivo de observar os elementos identificados e coletar amostras de água para análise em laboratório de parâmetros de qualidade de água (temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão totais e coliformes fecais). Como resultado, constatou-se que as principais formas de relevo da área são morros, colinas e planícies e que, a ocupação urbana, ocorreu inicialmente nas áreas colinosas e, mais recentemente, a partir de significativas alterações na morfologia original, estende-se pelas planícies e setores de alta declividade dos morros, intensificando processos erosivos e deposicionais. Já as águas superficiais têm qualidade ruim para a maioria dos usos da água. Isso decorre do lançamento de esgotos domésticos não tratados nos arroios que desembocam na barragem. Várias amostras coletadas apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido que foram classificadas como Classe 4, segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA: valores entre 2,0 mg L<sup>-1</sup> e 4,0 mg L<sup>-1</sup> e em outras ocasiões, inclusive, fora dos padrões estabelecidos para esta classe, ou seja, concentrações de OD abaixo de 2,0 mg L<sup>-1</sup>, o que torna os arroios literalmente "mortos". O processo de evolução da cobertura vegetal e do uso da terra expressou as relações socioeconômicas do território, revelando a apropriação da natureza pela sociedade e alterando significativamente a qualidade ambiental da área, em especial, dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** evolução do uso da terra; qualidade de água; geomorfologia urbana.

**Abstract** - LAND USE AND WATER QUALITY AT THE MARGIN OF THE METROPOLITAN REGION OF PORTO ALEGRE: THE CASE STUDY FOR THE BARRAGEM MÃE D'ÁGUA. This study comprises an analysis of the process involving the development of the vegetation cover and land use, as well as the consequences on the water quality of surface waters within the catchment of the reservoir/dam system barragem Mãe d'Água. This system belongs to the larger Arroio Dilúvio watershed, set within the Metropolitan Region of Porto Alegre (RMPA), Rio Grande do Sul - Brazil. To this objective, the following steps were necessary: the analyses of the occupied area, in the context of RMPA; the characterization of the physical elements of the watershed and its anthropic related change; production of a watershed land use map; the analysis of the urbanization impacts on the quality of the surface waters, and for references, the reviews of the literature and the cartography of the most important land use elements; the environmental conditions during the occupation process, as well as field survey to validate the identified elements and to collect water samples for laboratory processing of the water quality parameters (temperature, pH, electric conductivity, dissolved oxygen, total suspended solids and fecal coliforms). Based on these methods, it was determined that the basic land forms of this area are made up of hills, slopes and plains, and that the urban occupation, began on the slopes and, more recently, related to significant modifications to the original morphology, was extended to the plains and steeper sides of the hills, resulting in the intensification of erosive and depositional processes. The quality of surface water is considered low for most uses, due to the discharge of non-treated water to the inflowing streams of the catchment. Many of the collected samples presented dissolved oxygen (DO) Class 4 concentration levels, according to the CONAMA resolution 357/2005: values between 2.0 mg L<sup>-1</sup> and 4.0 mg L<sup>-1</sup>, and in some cases, even below Class 4 standards, meaning DO below 2.0 mg L<sup>-1</sup>, indicating that such streams are literally lifeless. Such processes, involving the development of vegetation cover and land use, express the socioeconomic relations of the territory, revealing the appropriation of nature by society, significantly altering the environmental quality of the area, especially of the water resources.

**Keywords:** land use evolution; water quality; urban geomorphology.

## 1. Introdução

As análises realizadas sobre o processo de urbanização da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) revelam um território marcado pela segregação espacial de suas áreas habitacionais. A periferia imediata de Porto Alegre contém, predominantemente, os segmentos sociais de renda mais baixa da região que, em sua maioria, encontra-se em condições insatisfatórias à moradia devido à precariedade das condições de saneamento básico e as irregularidades urbanísticas. Devido à quase total inexistência de uma política de uso e ocupação da terra, a expansão urbana vai ocorrer, em grande parte, em áreas impróprias ou de forma inadequada, tendo como consequência inúmeros problemas ao meio físico, à própria população assentada e aos poderes públicos responsáveis pelos serviços de infra-estrutura nessas áreas. Entre os principais problemas, cabe salientar aqueles relacionados à ocupação em altas declividades ou cabeceiras de drenagem, fundos de vale, várzeas, entre outras. Não apenas a intervenção direta destas áreas provoca problemas ambientais, mas também a geração de resíduos e de efluentes e sua consequente necessidade de disposição final que afeta diretamente os recursos hídricos.

Esse trabalho tem como objetivo principal analisar o processo de ocupação da área referente à bacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água e as

consequências desse processo sobre a qualidade das águas superficiais. Para atingir esse objetivo principal é necessário desenvolver alguns objetivos específicos, que são: analisar o processo de ocupação da área de estudo no contexto da RMPA; caracterizar os elementos do meio físico da área da bacia hidrográfica e suas alterações antrópicas; elaborar o mapeamento do uso e da ocupação da terra da bacia hidrográfica e, por último, analisar os impactos da urbanização sobre a qualidade das águas superficiais.

## 2. Área de estudo e métodos

### 2.1. Localização da área

A área de estudo refere-se a uma sub-bacia hidrográfica pertencente à bacia do arroio Dilúvio situada na RMPA, estado do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Porto Alegre e Viamão. A área que pertence ao município de Porto Alegre, dentro da bacia hidrográfica em estudo, refere-se basicamente ao Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A maior parte da bacia hidrográfica está situada no município de Viamão e, nesse sentido, muito relacionada ao processo de formação do mesmo no contexto da RMPA (Fig. 1).

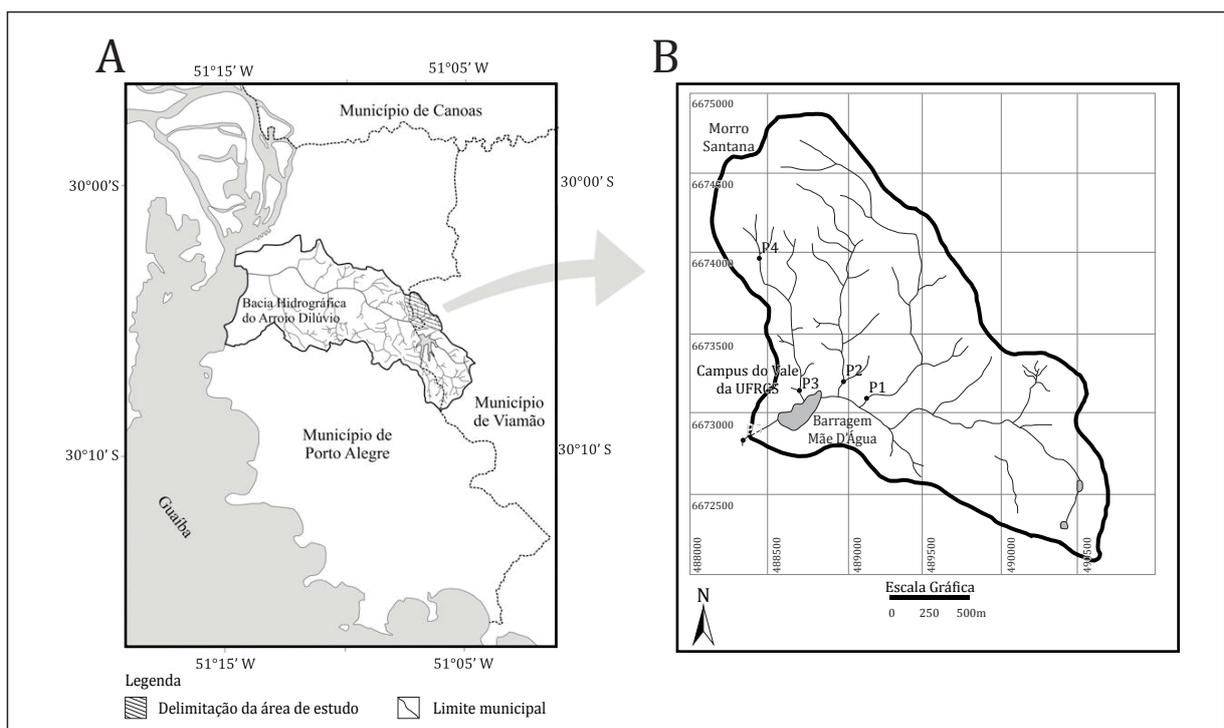


Figura 1. (A) Localização da área de estudo; (B) pontos (P1, P2, P3, P4 e P5) de coletas de amostras de águas.

A criação da RMPA, em 1968, refletiu a nova situação do município, cujo planejamento urbano passou a levar em conta toda uma região da qual a capital é o centro. Porto Alegre ultrapassava os limites físicos e administrativos e sua interação com os municípios vizinhos revelava uma necessidade de iniciativa conjunta (Fujimoto, 2000).

Segundo Almeida (1993), a concentração populacional reflete a concentração econômica, reforçando os desequilíbrios regionais característicos da história de ocupação do Estado nacional. Esse processo é próprio da industrialização moderna que se instala no País, a partir de uma economia monopolista, tendo o capital estrangeiro como alavanca principal. As novas indústrias exigiam grandes áreas e promoveram ainda mais a concentração espacial, pois necessitavam proximidade de centros urbanos, capazes de fornecer força de trabalho, facilidades de meios de transporte, proximidade de infra-estrutura e serviços complementares.

No espaço urbano das cidades brasileiras é observado o consumo diferenciado do espaço habitacional. Isso reflete as condições dos diferentes segmentos sociais de pagarem o seu valor aos detentores do capital imobiliário. Tem-se, dessa forma, uma ocupação diferenciada do espaço, com áreas de grande homogeneidade interna e forte disparidade de qualidade espacial. As classes sociais de maior poder aquisitivo podem escolher o melhor local para sua moradia, porém às classes de mais baixa renda restam as terras mais baratas ou moradias fora do mercado de terras, provocando as invasões.

Esse processo de urbanização regional revela um território marcado pela segregação espacial de suas áreas habitacionais. As áreas de periferia imediata de Porto Alegre contêm, predominantemente, os segmentos sociais de renda mais baixa da região. A expansão da periferia realiza-se com a contribuição sistemática das políticas públicas no setor habitacional. A oferta de grande número de unidades habitacionais que não encontravam comprador no mercado, aliada a uma crescente demanda, resulta no surgimento de invasões, predominantemente na periferia de Porto Alegre (Panizzi, 1993).

Segundo Salengue & Marques (1993), surge em 1954 a Lei 1233/54 que regulamenta os loteamentos urbanos em Porto Alegre. Essa lei passa a exigir requisitos para a produção de novos lotes urbanos que elevam seu valor no mercado. Desse

modo, provoca o deslocamento de loteamentos de baixa renda para as áreas limítrofes dos municípios adjacentes, as quais apresentavam regulamentações pouco exigentes ou inexistentes. Essa determinação jurídica promove o surgimento de loteamentos de baixa renda, carentes de serviços de infra-estrutura e de difícil acesso aos centros urbanos mais equipados. Com a dificuldade de acesso à moradia a preço de mercado, associada à ineficiência ou inexistência de uma política pública que restrinja a ocupação em áreas inadequadas, a população de baixa renda ocupa áreas que transgridem a legislação vigente. Nessas condições encontram-se os loteamentos representados na área de estudo, os quais apresentam problemas ambientais específicos.

## *2.2. Metodologia e operacionalização*

A análise da evolução da cobertura vegetal e do uso da terra permite avaliar as transformações ocorridas no espaço urbano, a partir do modo de como a sociedade se articulou com a natureza, mediante as suas determinações e das imposições do quadro natural. Os registros históricos que revelam a evolução da cobertura vegetal e do uso da terra são uma expressão das relações sócio-econômicas do território, pois evidenciam a apropriação da natureza pela sociedade e suas alterações, podendo indicar um retrato das condições e da qualidade ambiental. O estudo das águas indica os impactos da urbanização nos processos hidrológicos e na qualidade das águas superficiais.

Para realizar este estudo fez-se necessário uma revisão bibliográfica e cartográfica sobre os mais importantes elementos indicadores do tipo de ocupação e das condições ambientais da área de estudo ao longo do seu processo de ocupação, bem como de trabalhos de campo com o objetivo de observar os elementos identificados e coletar amostras de água para análise em laboratório de parâmetros de qualidade de água. Neste sentido, foram fundamentais os procedimentos detalhados a seguir.

Levantamento bibliográfico sobre o processo de urbanização: a fim de apreender os fatores que proporcionaram o crescimento e o desenvolvimento do núcleo urbano no contexto da RMPA. Além disso, pesquisas sobre registros fotográficos e documentos cartográficos antigos e documentos importantes que revelam as formas de apropriação do meio físico e suas alterações, tais como as plan-

tas dos loteamentos, os registros de imóveis em cartórios e os processos de licitação e construção de grandes empreendimentos/obras.

Análise e mapeamento geomorfológico de acordo com a proposta de Ross (1992): que sugere a identificação das formas de relevo considerando o aspecto fisionômico, o significado morfogenético e as influências estruturais e esculturais na formação do relevo. De acordo com o estudo de Fujimoto (2001), as formas de relevo decorrentes das intervenções urbanas foram identificadas e classificadas em formas criadas ou construídas pelas atividades humanas e em formas induzidas pelas atividades humanas.

Entrevistas com moradores antigos: para apreender informações sobre as condições originais do ambiente e os fatos que marcaram as principais mudanças na ocupação da área, assim como aspectos da ocupação da terra e da qualidade ambiental. O mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra, apresentando as diversas coberturas vegetais e formas de uso que ocorrem na área de estudo para os períodos de 1973 e 1991, a partir de fotografias aéreas em escala 1:8.000.

Realização de campanhas de amostragens de água em cinco pontos dos arroios que desembocam na barragem Mãe d'Água e posterior análise em laboratório de parâmetros de qualidade de água nas seguintes datas: 18/11/2000, 02/06/2001, 15/02/2003 e 08/12/2003: as coletas de amostras de águas dos arroios foram tomadas manualmente através de frascos adequados aos parâmetros a serem analisados, posteriormente preservados em caixa de isopor com gelo, até a análise em laboratório. Os cinco pontos de coleta são (Fig. 1): P1: em arroio sem nome, próximo da foz do arroio, a menos de 400 m da barragem; P2: em arroio sem nome, próximo da foz do arroio, a menos de 250 m da barragem; P3: em arroio sem nome, próximo da foz, a menos de 100 m da barragem; P4: em arroio sem nome (o mesmo onde se localiza o P3), próximo da nascente, a aproximadamente 1 km da barragem; P5: no arroio Dilúvio, a aproximadamente 300 m a jusante da barragem. Os parâmetros de qualidade de água analisados variaram conforme a data de coleta das amostras. Na primeira (18/11/2000) e na terceira coleta (15/02/2003), a temperatura (°C), o pH, a condutividade elétrica a 25 °C (CE, em  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), a turbidez (UNT) e o oxigênio dissolvido (OD, em  $\text{mg L}^{-1}$ ) foram determinados *in loco* a partir do analisador U-10, da Horiba, de boa precisão e facilidade de uso

para medidas de qualidade de água em campo. Na segunda coleta (02/06/2001) analisaram-se no Laboratório Geral do Centro de Ecologia (Ceneco) da UFRGS apenas sólidos em suspensão (SST, em  $\text{mg L}^{-1}$ ) e coliformes fecais (NMP/100ml), enquanto na última coleta (08/12/2003) analisaram-se praticamente todos os parâmetros citados empregando-se o analisador U-10 e para a determinação do SST e dos coliformes fecais as amostras foram levadas ao Laboratório do Ceneco. Para análise do SST o Ceneco emprega o método da gravimetria com secagem a 105 °C (*Standard Methods 21<sup>st</sup>*) e para os coliformes fecais, a técnica de membrana filtrante.

Estimativa da vazão em alguns arroios: com o intuito de verificar a carga exportada de sedimentos pela rede de drenagem da bacia hidrográfica nos pontos de coleta, exceção para o P4 (nascente de arroio) que apresentava pouco volume de água em todas as amostragens. A velocidade do fluxo da água foi determinada a partir de mini-molinete hidrométrico modelo UFRGS e a área da seção transversal dos arroios foram calculadas através de medidas efetuadas com o auxílio de trena e régua. Assim, pode-se estimar a vazão em quatro dos cinco pontos analisados. Com o intuito de verificar a carga exportada de SST pela rede de drenagem que forma a bacia hidrográfica da barragem, empregou-se a fórmula proposta por Conte & Leopoldo (2001):

$$M = kqc$$

onde, M é a massa exportada ou descarga sólida ( $\text{t dia}^{-1}$ ), k é a constante envolvendo transformações de unidades (0,0864), q é a vazão ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) e c é a concentração da variável ou parâmetro ( $\text{mg L}^{-1}$ ).

### 2.3. Caracterização geológica e geomorfológica da sub-bacia hidrográfica

De acordo com a classificação do relevo do Rio Grande do Sul proposto por Suertegaray & Fujimoto (2004), a área de estudo situa-se no Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense, representado por morros e colinas formados por rochas graníticas geradas durante estágios de evolução de um cinturão orogênico. O Planalto destaca-se pelos caracteres tectônicos e litológicos de sua formação e por seus diferentes graus de dissecação. Apresenta-se com uma diversidade morfológica marcada em formas de morros e colinas de dimensões variadas. Na área de estudo, está represen-

tado por Padrões de Formas Semelhantes, assim caracterizados (Fig. 2):

Padrão de Formas em Morros com Topos Convexos: formado por morros de topos estreitos convexizados e vertentes com segmentos predominantemente retilíneos e elementos côncavos com declividades médias entre 30-40 % e 20-30 %, respectivamente. As altitudes vão desde 80-100 m em média até o ponto máximo cotado em 293 m. O Padrão em Morros é constituído por sedimentos procedentes dos granitos (Granito Santana), em geral alterados com pequena cobertura de material

arenoso, transicionando para um material tipicamente saibroso. No Padrão de Formas em Morros observam-se cicatrizes de mineração que apresentam a rocha exposta e rupturas de declive por corte na rocha e superfícies planas criadas pela ocupação urbana através do uso essencialmente residencial. Essas superfícies planas são criadas por remanejamento dos materiais superficiais, limitadas ou não por degraus de cortes, por rupturas de declive e por rampas de aterros. O material remanejado é posteriormente transportado para outras unidades de vertente atingindo o fundo dos vales.

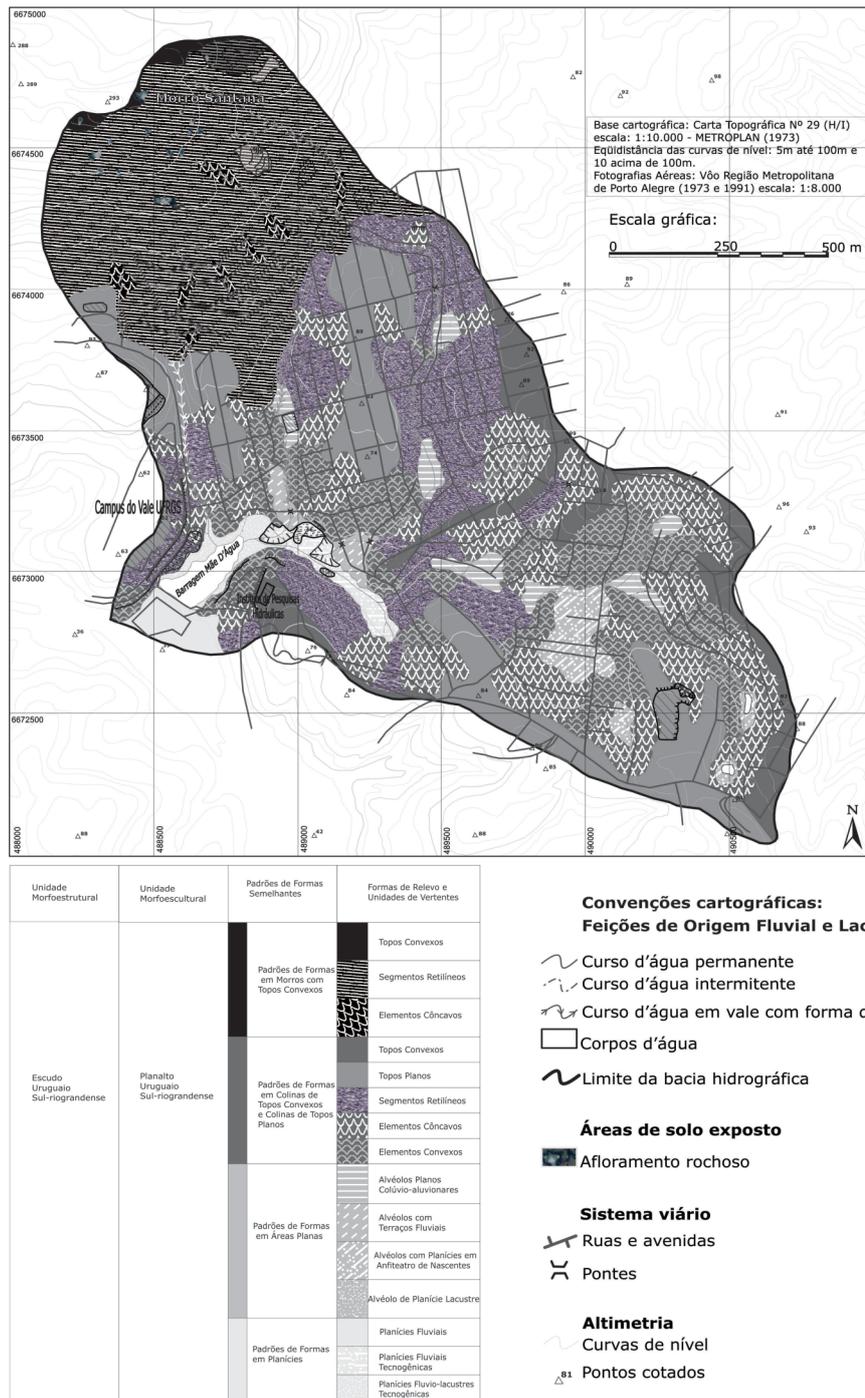


Figura 2. Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do arroio Mãe D'Água.

Padrão de Formas em Colinas de Topos Convexos e Colinas de Topos Planos e Amplos: formado por um conjunto de colinas de topos convexizados e topos planos e amplos com vales bem fechados (em V) com altitudes médias predominantes entre 50-80 m e declividades médias nas classes de 10-20 % e 20-30 %. As unidades de vertentes representadas pelas colinas demonstram uma variedade de formas geométricas, de altitudes e declividades. As unidades identificadas são retilíneas, côncavas e convexas. É constituído por sedimentos procedentes dos granitos (granito Viamão), muito alterado, representado por um material tipicamente saibroso. Em praticamente todo o Padrão de Formas em Colinas encontram-se superfícies planas criadas pela ocupação urbana através das moradias e do sistema viário. As superfícies planas são limitadas ou não por degraus de cortes, por rupturas de declive e por rampas de aterros. Além das alterações na geometria das vertentes pela criação das superfícies planas, observa-se a impermeabilização destas áreas decorrentes principalmente da compactação do material superficial para construção dos arruamentos e das moradias e posteriormente das edificações. Ocorre a instalação de pequenos sulcos erosivos no arruamento após eventos chuvosos, principalmente quando o arruamento acompanha o declive da vertente. As mudanças na geometria das vertentes provocam alterações na disposição dos materiais superficiais, expondo-os aos impactos da chuva. O material remanejado é posteriormente transportado para outras unidades de ver-

tente atingindo o fundo dos vales.

Padrão em Formas de Áreas Planas: compreende uma série de áreas planas perfeitamente individualizadas e dispostas, predominantemente, ao longo dos cursos d'água com altitudes médias predominantes entre 55 a 65 m com declividades muito baixas. A configuração marcante é de áreas planas em forma de alvéolos dispostos nos setores alto, médio e baixo dos cursos d'água. Os alvéolos caracterizam-se por apresentar formas alongadas, sendo que secundariamente possuem forma semi-circular. É constituído predominantemente de sedimentos areno-siltico-argilosos decorrentes das influências dos processos por movimentos de massa e fluviais na sua formação. Em geral as margens dos cursos d'água que entalham os alvéolos planos encontram-se sem cobertura vegetal e com alterações em sua morfologia original em função das intervenções por moradias. Nesse caso, surgem processos erosivos por solapamento nas margens dos cursos d'água em função do entalhamento profundo dos arroios, dos sedimentos essencialmente arenosos e das alterações na morfologia original (Fig. 3). Próximo ou não aos eventos de erosão por solapamento nas margens dos arroios, também é possível observar bancos de deposição de depósitos tecnogênicos, nas áreas mais baixas no fundo dos vales e a instalação de moradias sobre os depósitos tecnogênicos, ou seja, moradias sobre sedimentos terrosos com grande quantidade de material como cascalhos e seixos, vidros, plásticos e demais detritos urbanos.



Figura 3. Relevo em Forma de Áreas Planas, com destaque para o processo erosivo por solapamento nas margens do arroio.

Padrão em Formas de Planícies: estende-se ao longo do arroio Mãe d'Água com altitudes inferiores a 50 m e forma uma área plana ao longo do referido arroio, onde foi construída a barragem Mãe D'Água (Fig. 1). No entanto, a ação antrópica altera a dinâmica geomorfológica a partir da construção da barragem em 1962 e, posteriormente, pela intensificação da dinâmica fluvial. A evolução da ocupação relacionada ao aumento populacional, predominantemente nas décadas de 1970 e 1980, e as diversas modalidades de intervenção na bacia hidrográfica proporcionaram uma transformação nas suas características originais. Os processos fluviais e lacustres são intensificados e superam em muito os processos naturais. Nesse sentido surgem formas de relevo que foram criadas e induzidas pela ação antrópica que são, predominantemente, planícies formadas por um intenso processo de colmatção no lago da barragem. A deposição de sedimentos é resultado, em um primeiro momento, da sedimentação lagunar, que ocorre com a diminuição da velocidade de escoamento e, mais recentemente, de sedimentos provenientes das vertentes transportados pelos processos fluviais.

### 3. Resultados

#### 3.1. Evolução da ocupação da terra e as alterações ambientais urbanas

A evolução da ocupação, relacionada ao aumento populacional e às diversas modalidades de intervenção na bacia hidrográfica, proporcionaram uma transformação das suas características ao longo dos anos. De acordo com os dados do IBGE, as décadas de 1970 e 1980 foram as de maior incremento populacional, em função, principalmente, do processo migratório, ocorrido no município de Viamão e demais municípios da RMPA. Nesse sentido, a análise da cobertura vegetal e uso da terra dos anos de 1973 e de 1991 demonstram a intensidade dessas alterações e as modalidades das intervenções ocorridas na área durante esse período (Fig. 4 e Fig. 5).

No ano de 1973, as áreas com menores intervenções lineares (sistema viário) e por edificações encontram-se no compartimento de morros e na área de propriedade da UFRGS. Nesses setores, praticamente são ausentes as edificações, exceto o loteamento Vila Nossa Senhora Aparecida, aprova-

do em 1957 pela Prefeitura de Viamão, e alguns poucos prédios do Campus do Vale e do Instituto de Pesquisas Hidráulicas.

No entanto, observam-se alterações significativas nas características originais do compartimento de morros e dentro da propriedade da Universidade. As áreas mineradas encontradas nos morros representam uma feição de grande alteração na morfologia original, alterando os processos morfodinâmicos das vertentes. A construção da barragem Mãe d'Água constitui uma modificação profunda nas características originais da área, alterando a dinâmica fluvial e, conseqüentemente, toda a dinâmica da bacia hidrográfica.

As maiores modificações encontram-se nos compartimentos das colinas através das intervenções lineares ocorridas pelo sistema viário, pelas edificações de moradias e, ainda que em menor proporção, pelo uso agrícola (horticulturas). De acordo com Meucci (1987), esse conjunto de intervenção refere-se basicamente a uma série de loteamentos aprovados, em sua maioria, entre os anos de 1955 a 1960 pela Prefeitura Municipal de Viamão.

Os loteamentos cobrem principalmente a área representada pelas formas em colinas e apresentam esparsas moradias que ocupam predominantemente as altas e médias vertentes desse compartimento colinoso. O padrão dos arruamentos demonstra uma adequação generalizada com as curvas de nível, favorecendo a estabilidade das vertentes. Nenhuma evidência morfológica de processos morfodinâmicos acelerados foi observada. As áreas sem moradias no interior dos lotes urbanos possuem predominantemente cobertura vegetal de gramíneas. As matas ciliares acompanham os cursos d'água e encontram-se significativamente preservadas.

Os compartimentos em forma de planície em áreas planas, juntamente com os fundos dos vales não integram as áreas dos loteamentos. Nesse sentido, são setores que se encontram com sua morfologia preservada juntamente com a vegetação representada pelas matas ciliares.

A conservação das matas e matas ciliares, bem como a evolução das edificações e do sistema viário, pode ser observada ao longo de 13 anos através de registros fotográficos de 1960, 1963 e 1973. Nota-se uma significativa conservação das matas ao longo deste período e um padrão de ocupação praticamente estável. É possível ainda observar, entre os anos de 1963 a 1973, evidências

de colmatagem da barragem, mais precisamente em um pequeno setor a montante do lago. Em 1963, a extensão da área do lago encontrava-se em situação muito semelhante à da área encontrada

em 1973 que, de acordo com medidas realizadas na fotografia aérea, totalizava 48.512 m<sup>2</sup>. Em um período de 10 anos, ocorreu a colmatagem de não mais do que 5% da área do lago da barragem.

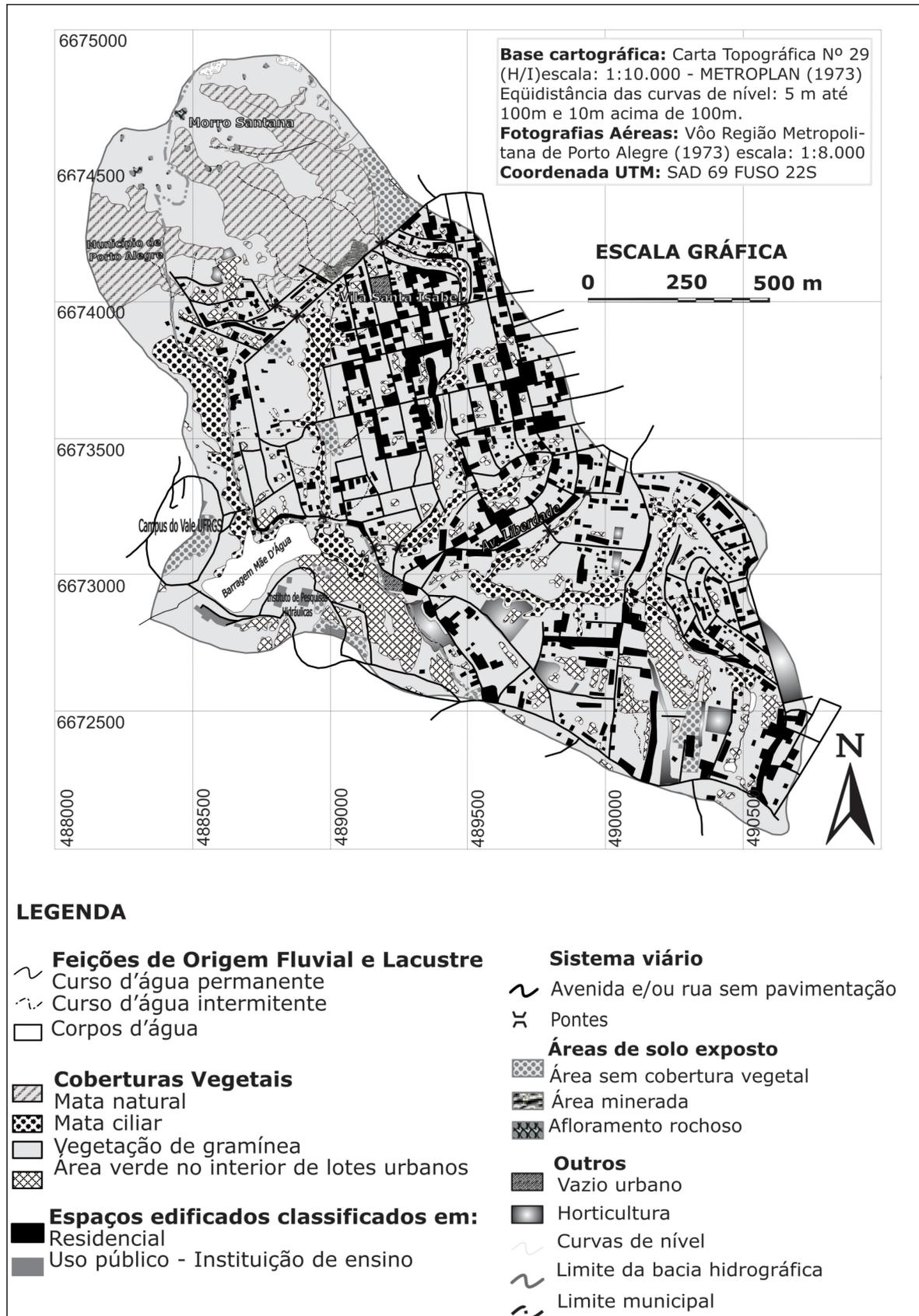


Figura 4. Mapa de Cobertura Vegetal e do Uso da Terra de 1973.



Figura 5. Mapa de Cobertura Vegetal e do Uso da Terra de 1991.

Em relação à mudança na cobertura vegetal e o uso da terra entre os anos de 1973 e 1991, facilmente se identifica a rápida transformação sofrida pela bacia hidrográfica durante esse período, confirmando a compatibilidade dos dados demográficos para a área de estudo. A expansão das áreas construídas e o aumento das áreas colmatadas na barragem são as características mais marcantes.

Em 1991, as áreas mais conservadas continuam sendo as mesmas do ano de 1973, isto é, o compartimento de morros e a área de propriedade da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). No entanto, destaca-se nesse período um significativo crescimento da ocupação nos loteamentos existentes sobre as formas de morros, o aumento da área construída no Campus do Vale e o surgimento de um novo loteamento aprovado em 1985 pela Prefeitura de Viamão.

O processo de colmatagem da barragem é surpreendente, alcançando cerca de 50 % desde seu preenchimento em 1963. A área ocupada pelo lago da barragem em 1991 era de 25.920 m<sup>2</sup>, enquanto em 1973 correspondia a 48.521 m<sup>2</sup>. Entre os anos 1963 e 1973, houve a colmatagem de cerca de 5 % do lago, enquanto no período correspondente aos anos de 1973 a 1991, ocorreu a colmatagem de 47 % da barragem. Isso demonstra a intensidade das alterações ocorridas nas décadas de 1970 e 1980.

A ocupação no compartimento em forma de colinas sofreu significativo acréscimo devido à implantação de novos loteamentos. Em 1973 estes loteamentos se estendiam por cerca de 10% da área, em 1991 passa para 90%, em função da ampliação do sistema viário e de moradias. A partir do crescimento das edificações, as planícies, as áreas planas e os fundos de vale passaram a ser ocupados. Muitas dessas moradias apresentam-se em situação irregular, pois são áreas de propriedade pública.

As matas ciliares sofreram uma diminuição de cerca de 60 % em relação a 1973. Os espaços ocupados por gramíneas foram substituídos por edificações. No interior dos lotes urbanos podem ser encontradas áreas verdes que foram preservadas e/ou introduzidas nas moradias durante esse período.

O aumento das edificações provoca uma alteração mais profunda através de cortes e/ou aterros na morfologia original. Áreas de superfície expostas são significativas. Ocorrem nos arruamentos e nos próprios lotes em consideráveis proporções.

Dentro das unidades construídas há uma mescla de unidades habitacionais, superfícies expostas dos quintais e ruas e cobertura vegetal de gramíneas e áreas verdes (vegetação arbórea e/ou arbustiva preservada e/ou introduzida).

Nas áreas identificadas como residencial de baixo padrão encontram-se as ocupações irregulares assentadas, principalmente, nos fundos de vale. Essas ocupações correspondem a pequenas habitações com solo exposto e uma grande quantidade de cortes e de aterros de pequena dimensão.

As vilas em situação irregular da RMPA foram identificadas em 1991 pela Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional – METROPLAN (1991), com o objetivo de elaborar um inventário de todas as vilas irregulares e compará-lo com o levantamento anterior realizado em 1981 pelo mesmo órgão de planejamento. Neste trabalho, utiliza-se o termo vila, o qual é utilizado pela METROPLAN para designar um conjunto de moradias em situação irregular, normalmente, inserida em um loteamento e/ou bairro.

No município de Viamão foram identificadas 72 vilas ou áreas ocupadas irregularmente, sendo cinco localizadas dentro da bacia hidrográfica em estudo. As vilas da área de estudo nesta situação estão descritas no Quadro 1, que apresenta suas principais características.

A maioria das vilas irregulares da RMPA ocupa áreas de propriedade municipal, como demonstra o Quadro 1. Esse tipo de ocupação é uma forma muito comum que retrata uma prática já identificada pelo Inventário de 1981. Esse fato reflete a inoperância das municipalidades no tratamento dessas áreas, quer em termos de dotação de equipamentos, quer de sua manutenção e fiscalização.

No caso em estudo, as áreas irregulares estão em sua totalidade localizadas em áreas públicas que se referem, em sua maioria, às áreas junto aos cursos d'água. Os respectivos moradores transformam os cursos d'água em depositários de todo tipo de resíduos, comprometendo a qualidade das águas. Essa ocupação resulta em destruição da vegetação das margens, causando a aceleração de processos erosivos e o conseqüente assoreamento dos cursos d'água. Quando ocorre a elevação dos níveis de água, os terrenos tornam-se depositários dos resíduos *in natura*, gerando riscos à saúde da população.

O crescimento das vilas na área de estudo ocorre principalmente pela ampliação dos antigos

núcleos, evidenciado pelo aumento do número de casas. Em sua maioria, as condições de infraestrutura são extremamente precárias, principalmente no que se refere ao esgotamento sanitário. As soluções mais comuns encontradas são as valas a céu aberto, latrinas e fossa-sumidouro. A situação mais

crítica e muito usual é o lançamento dos dejetos diretamente nos cursos d'água mais próximos. Tal solução não se refere somente às residências em situação irregular, mas à maioria das moradias, pois não possuem rede de esgoto.

Quadro 1- Evolução das Vilas Irregulares do Município de Viamão na Área de Estudo entre 1981 e 1991 (modificado de METROPLAN, 1991).

Código da Vila	Denominação	Proprietário	Tempo de existência	Nº de casas 1981	Nº de casas 1991	Crescimento no período (%)
01	vila no Jardim Universitário	Público municipal	>20 anos	50	237	374,0
02	vila na Vila Medianeira	Público municipal	16-20 anos	10	55	450,0
03	vila na Vila Schonmald	Público municipal	16-20 anos	65	119	83,1
04	vila na Vila USBEE	Público municipal	11-15 aos	150	175	16,7
05	vila nas Vilas Diamantina e Santa Isabel	Público municipal	16-20 anos	100	214	114,0

### 3.2. Análise da qualidade da água

Nas últimas décadas, a modificação no uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica em estudo resultou em problemas típicos da intensificação do processo de urbanização: o incremento das áreas ocupadas por moradias tanto legais como irregulares, associado ao aumento do desmatamento e dos processos erosivos. Essas alterações ambientais têm impactos significativos sobre o comportamento hidrológico e qualidade das águas da bacia. A qualidade e quantidade dos recursos hídricos de uma bacia são reflexos do uso e cobertura vegetal da mesma. Assim, a diminuição dos espaços verdes, a intensificação do desmatamento e o conseqüente aumento dos processos erosivos, contribuíram na produção de sedimentos que, por sua vez, deterioraram a qualidade das águas superficiais da bacia. Além disso, a inexistência de rede coletora de esgoto provocou a piora da qualidade da água, pois grande parte dos dejetos domésticos verte diretamente para os arroios que desembocam na barragem Mãe d'Água. Esse resultado pode ser observado no quadro 2 que apresenta as concentrações dos parâmetros analisados nos pontos de coleta, assim como a estimativa da vazão dos arroios.

Estudos anteriores de Fujimoto (2001) e Rangel (2002) já indicavam o que os dados do quadro 2 evidenciam, que a qualidade das águas superficiais da sub-bacia Mãe D'Água é bastante ruim. A primeira autora constatou que a concentração de coliformes fecais em cinco pontos de diferentes arroios sempre foram maiores do que 95000 org/100 ml, indicando a contaminação orgânica dos cursos de água. Já Rangel (2002), ao aplicar a metodologia do Índice de Qualidade de Água (IQA), para a sub-bacia constatou que de oito pontos amostrados, em quatro o IQA foi ruim, sendo que destes, três correspondem aos pontos 1, 2 e 3 do presente estudo.

Ao analisar o Quadro 2 constata-se que a CE nos pontos amostrados variou significativamente, onde os valores dos pontos 1, 2, 3 e 5 foram bem mais elevados quando comparados às concentrações do P4. A CE é um excelente indicador indireto da poluição das águas. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S cm}^{-1}$  indicam ambientes aquáticos degradados. Observa-se que nos pontos localizados nos exutórios das sub-bacias os valores foram mais elevados que o único ponto, o P4, localizado em área de nascente, onde ainda há a presença de mata natural do Morro Santana. Os pontos 1 e 2 recebem

os despejos domésticos sem tratamento das residências situadas nessas sub-bacias. Nelas, a extensão da mata ciliar é também bem menor do que na sub-bacia onde se localizam os pontos 3 e 4. A presença da mata ciliar é fator importante para a melhoria da qualidade das águas, porém quando o lançamento de esgotos não tratados é preponde-

rante, a deterioração das mesmas é inevitável. Isso pode ser comprovado ao analisar-se a CE do P3 e P4, situados na mesma sub-bacia: num percurso de 800 m a CE do arroio aumentou quase seis vezes, indicando a deterioração das águas pelos despejos lançados sem tratamento.

Quadro 2. Parâmetros de qualidade de água e vazão de arroios da bacia hidrográfica do arroio Mãe D'água.

Ponto de coleta	Data	Parâmetros							Vazão (L s <sup>-1</sup> )
		Temperatura da água (°C)	pH	Condutividade Elétrica a 25 °C (µS cm <sup>-1</sup> )	Turbidez (UNT)	Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	Sólidos em suspensão (mg L <sup>-1</sup> )	Coliformes fecais (NMP/100 ml)	
P1	06/09/1999*	-	-	-	-	-	38	9500000	-
	18/11/2000	19,7	7,3	494	32	1,9	-	-	25,3
	02/06/2001	-	-	-	-	-	8	-	18,6
	25/03/2002**	27,0	7,4	-	25	1,2	-	10100	-
	15/02/2003	18,9	6,6	407	-	10,3	-	-	13,0
	08/12/2003	22,4	7,5	470	48	0,8	26	-	38,5
P2	06/09/1999*	-	-	-	-	-	59	12500000	-
	18/11/2000	20,1	7,2	484	25	zero	-	-	22,2
	02/06/2001	-	-	-	-	-	15	-	14,7
	25/03/2002**	27,0	7,3	-	31	1,3	-	>242000	-
	15/02/2003	19,8	6,6	408	-	10,0	-	-	11,0
	08/12/2003	22,2	7,6	439	144	3,7	49	-	18,5
P3	06/09/1999*	-	-	-	-	-	19	8500000	-
	18/11/2000	19,6	7,1	318	80	zero	-	-	11,0
	02/06/2001	-	-	-	-	-	13	1750	7,7
	25/03/2002**	25,0	7,3	-	21	1,8	-	>242000	-
	15/02/2003	19,2	6,7	290	-	5,3	-	-	7,7
	08/12/2003	20,5	7,7	350	20	2,3	22	27000	3,9
P4	18/11/2000	18,4	6,6	51	17	5,9	-	-	-
	02/06/2001	-	-	-	-	-	5	875	-
	15/02/2003	18,5	6,8	53	-	10,4	-	-	-
	08/12/2003	17,2	8,5	55	50	9,6	8	N.D	-
P5	18/11/2000	21,3	7,2	287	22	3,2	-	-	152,0
	02/06/2001	-	-	-	-	-	-	-	-
	15/02/2003	20,5	6,1	229	-	5,8	-	-	172,0
	08/12/2003	21,5	7,5	339	20	3,4	3	1000	117,5

\* Fujimoto (2001). \*\* Rangel (2002). N.D. - Não detectado.

A turbidez das águas não variou muito, exce- tuando a amostragem realizada em dezembro de 2003 no P2, cujo valor foi 144 UNT. Esse valor é elevado, indicando material inorgânico e orgânico em suspensão naquele arroio. No mesmo ponto e na mesma data, o SST alcançou o valor mais eleva- do ( $49 \text{ mg L}^{-1}$ ) de todas amostragens, comprovando a estreita relação existente entre esses dois parâ- metros. Sabe-se que a turbidez é o parâmetro mais indicado para determinação indireta da quantida- de de sólidos em suspensão da água.

A concentração de OD é fundamental para a manutenção da vida aquática assim como para os processos naturais de autodepuração nos corpos hídricos. O lançamento de esgotos não tratados nos arroios analisados foi determinante para o aumen- to da concentração de matéria orgânica nos mes- mos, ocasionando a proliferação de bactérias que para decompor essa matéria orgânica irão consu- mir parte do oxigênio encontrado na água. O resul- tado desse processo são os valores baixos de OD detectados em todos os pontos analisados. No P2 e P3, em novembro de 2001, a concentração de OD foi zero. Sabe-se que a ausência de oxigênio na água provoca a morte de todos os seres vivos aeróbicos e que a maioria dos peixes não consegue sobreviver se as concentrações de OD na água forem inferiores a  $4,0 \text{ mg L}^{-1}$ . Apesar desses índices baixíssimos de OD, na coleta realizada em fevereiro de 2003, em função de ter chovido quase 64 mm na semana que antecedeu a coleta, a concentração alcançou  $10 \text{ mg L}^{-1}$ , valor adequado à vida aquática. Outro aspecto importante a destacar é a concentração de OD registrada em todas as amostragens no P4, locali- zado em área de nascente, onde os valores foram satisfatórios, nunca menores do que  $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ , ainda que no mesmo arroio, no ponto mais a jusan- te (P3) as concentrações foram sempre inferiores. Nesse arroio comprova-se a deterioração que o lançamento de esgotos sem tratamento causa na qualidade das águas: o OD diminuiu a sua concen- tração de  $5,9 \text{ mg L}^{-1}$  para zero, de  $10,4 \text{ mg L}^{-1}$  para  $5,3 \text{ mg L}^{-1}$  e de  $9,6 \text{ mg L}^{-1}$  para  $2,6 \text{ mg L}^{-1}$ , ou seja, em aproximadamente 800m, distância entre os dois pontos, o arroio “vivo” torna-se “morto”.

A concentração de SST nos arroios variou de  $3,0 \text{ mg L}^{-1}$  a  $49,0 \text{ mg L}^{-1}$ , sendo que o primeiro valor, baixo, registrado no P5 relaciona-se a localização do reservatório da barragem, situado a montante do P5. Os sedimentos transportados pelos arroios formadores do reservatório acumulam-se no lago da barragem, intensificando o assoreamento da

mesma. Uma vez depositados ali, o canal que parte em direção ao P5 tem baixa concentração de SST, o que explica o valor de  $3,0 \text{ mg L}^{-1}$  encontrado naque- le ponto.

Em relação aos coliformes fecais os dados comprovam a contaminação orgânica dos arroios decorrentes dos lançamentos de esgotos domésti- cos não tratados, ainda que no P4, em uma amos- tragem, não tenha sido detectada a presença de coliformes. Esse ponto localiza-se próximo das nascentes que se encontram relativamente prote- gidas pela mata ciliar e afastado das residências que lançam os esgotos diretamente nos arroios.

Outro tipo de interpretação dos dados do quadro 2 é a relação existente entre as concentra- ções e os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que dispõe sobre a classificação dos corpos de água do território nacional. As concen- trações detectadas de coliformes fecais e de oxigê- nio dissolvido mostraram que apenas o P4 localiza- do em área de nascente seria classificado como Classe 1 e 2, classes cujas águas destinam-se a usos nobres como o abastecimento humano com trata- mento e à proteção das comunidades aquáticas, assim como a recreação de contato primário. Os demais pontos seriam classificados como Classe 3 ou 4, que se associam a usos menos nobres como a recreação de contato secundário, navegação e har- monia paisagística. Em suma, trata-se de locais em que a qualidade da água é muito ruim, principal- mente no que tange ao OD, cujos valores foram clas- sificados como Classe 4 em algumas ocasiões (valo- res entre  $2,0 \text{ mg L}^{-1}$  e  $4,0 \text{ mg L}^{-1}$ ) e em outras, inclusi- ve, fora dos padrões estabelecidos para esta classe, ou seja, as concentrações de OD ficaram abaixo de  $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ .

A descarga ou transporte diário do material sólido em suspensão proveniente da sub-bacia hidrográfica em estudo foi estimada a partir do produto da vazão pela concentração do parâmetro sólidos em suspensão totais (SST), conforme equa- ção que aparece na metodologia.

O quadro 3 apresenta a carga exportada de SST pelas sub-bacias dos pontos 1, 2 e 3, assim como a contribuição da totalidade da bacia Mãe D'Água (representada pelo P5) em direção ao arroio Dilúvio, principal curso fluvial da cidade de Porto Alegre. Também mostra a produção específi- ca de SST da sub-bacia em estudo, calculada pela razão entre a descarga diária e a área de drenagem da sub-bacia Mãe D'Água.

Quadro 3. Descarga diária e produção específica de material sólido em suspensão da bacia hidrográfica do arroio Mãe D'Água.

Sub-bacia	Data	Descarga diária (kg/dia)	Produção específica (kg/km <sup>2</sup> /dia)
P1	02/06/2001	12,9	-
	08/12/2003	86,4	-
P2	02/06/2001	19,1	-
	08/12/2003	78,3	-
P3	02/06/2001	8,6	-
	08/12/2003	7,4	-
P5	08/12/2003	30,5	8,7

Observa-se a partir dos dados expostos no quadro 3 que a produção diária de material sólido em suspensão variou espacial e temporalmente. Os valores mais baixos foram obtidos no P3 em arroio cuja vazão sempre que medida foi baixa, apesar das concentrações de SST terem oscilado entre 13 e 22 mg L<sup>-1</sup>, valores que não podem ser considerados desprezíveis. As maiores cargas exportadas de SST correspondem as sub-bacias de P1 e P2, onde a vazão e as concentrações de SST foram maiores. Porém, a informação mais relevante desse quadro corresponde à produção específica da totalidade da sub-bacia que foi baixa: 8,7 kg/km<sup>2</sup>/dia se comparada à obtida por Hora (1999, *apud* Conte & Leopoldo, 2001) em estudo realizado na bacia do rio Paraíba do Sul que variaram de 8,5 t/km<sup>2</sup>/ano a 2514 t/km<sup>2</sup>/ano, onde o valor máximo foi verificado em trechos onde há intensa degradação da cobertura vegetal, além de prática agrícola não conservacionista. No caso da sub-bacia Mãe d'Água, há predomínio de uso da terra com caráter urbano, onde há poucas áreas de solo exposto, fornecedoras de sedimentos. Outro aspecto importante é a descarga diária da totalidade da sub-bacia que foi menor que a das sub-bacias contribuintes P1 e P2 na amostragem de 08/12/2003. Isso está relacionado com o assoreamento que ocorre no reservatório da barragem: a carga exportada de material em suspensão pelos arroios onde se localizam P1 e P2 é considerável. Porém quando os sedimentos transportados alcançam o lago da barragem, perdem velocidade (de ambiente lótico para lêntico) o que facilita o depósito no fundo do lago. Assim, verificam-se no P5 (mesmo com vazão bem maior) concentrações de SST menores do que nos arroios

situados a montante do lago. O resultado nesse ponto foi de 30,5 kg/dia de SST exportado em direção ao arroio Dilúvio.

#### 4. Conclusões

O estudo permite constatar que até a década de 1970 a área da bacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água era composta de padrões de formas semelhantes, representados por morros, colinas, áreas planas e planícies e que tais padrões encontravam-se significativamente conservados, pois as intervenções humanas referiam-se a elementos lineares e a esparsas moradias com intervenções pontuais. A primeira intervenção de maior amplitude refere-se à construção da barragem mãe d'Água, inaugurada em 1963, alterando a rede de drenagem original e modificando seu regime hídrico e, posteriormente, ao aumento populacional através do intenso processo migratório para a Região Metropolitana de Porto Alegre, nas décadas de 1970 e 1980, desencadeando a aceleração do crescimento urbano em toda a região da Grande Porto Alegre, assim como na área de estudo. Esse crescimento urbano modifica o quadro morfológico original, alterando a dinâmica existente e inserindo outras características ou ritmos ao ambiente.

As alterações ambientais na área de estudo correspondem, basicamente, a modificações muito significativas na morfologia original e na dinâmica dos processos geomorfológicos, de forma a intensificar suas potencialidades naturais. O aumento dos processos de erosão e deposição provocou a criação de novas formas de relevo associadas aos depó-

sitos tecnogênicos, assim como contribuiu para elevar a degradação na qualidade das águas superficiais. Os arroios que desembocam na barragem diminuem a qualidade de suas águas em direção a jusante. As concentrações de oxigênio dissolvido representam muito bem o grau de degradação que apresentam tais arroios: de 18 amostras efetuadas, 60% delas tiveram concentrações de OD abaixo de 5,0 mg L<sup>-1</sup>. Os índices de coliformes fecais também foram elevados nas amostras coletadas, evidenciando a contaminação dos cursos d'água provocada pelo lançamento de dejetos domésticos, tornando-os verdadeiros esgotos a céu aberto. Esses fatos, associados aos ambientes de ocupação inadequada, promovem o surgimento de áreas com elevado comprometimento da qualidade ambiental.

**Agradecimentos** - Ao Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pelo apoio na concretização desse trabalho. Aos alunos da disciplina de GEO 01013 - Geografia dos Recursos Hídricos que durante o processo de aprendizagem participaram e colaboraram nas coletas de amostras de água. À Tielle Soares Dias, Jonathan Duarte Marth e Daniel San Martin de Oliveira que realizaram a edição final dos mapas. Os autores também agradecem aos moradores do Bairro Santa Isabel no município de Viamão pela compreensão e valiosos depoimentos.

## Referências

- Almeida, M.S. 1993. Porto Alegre no Contexto Regional: A Questão da Habitação e do Transporte. In: Panizzi, W.M.; Rovatti, J.F. (Orgs.). *Estudos urbanos: Porto Alegre e seu Planejamento*. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS/Prefeitura Municipal de Porto Alegre, p. 321-336.
- Conte, M.L. & Leopoldo, P.R. 2001. *Avaliação de recursos hídricos: rio Pardo, um exemplo*. São Paulo: Editora UNESP, 141p.
- Fujimoto, N.S.V.M. 2000. A Urbanização Brasileira e Qualidade Ambiental. In: Suertegary, D.M.A.; Basso, L.A. & Verdum, R. (Orgs.). *Ambiente e Lugar no Urbano: a Grande Porto Alegre*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 47-62.
- Fujimoto, N.S.V.M. 2001. *Análise Ambiental Urbana na Área Metropolitana de Porto Alegre-RS: Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio*. São Paulo. 236p. Tese de Doutorado em Geografia, Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- METROPLAN. 1973. Levantamento Aerofotogramétrico da Região Metropolitana de Porto Alegre. Arquivo 2987.2. Folhas H e I. Escala 1:10.000.
- METROPLAN. 1991. *II Inventário das Vilas Irregulares na Região Metropolitana de Porto Alegre*. Porto Alegre, Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional, Secretaria do Planejamento Territorial e Obras, Governo do Estado do Rio Grande do Sul (Documento Interno).
- Meucci, C.R. 1987. *Evolução dos Loteamentos na Periferia da Região Metropolitana de Porto Alegre - Viamão*. Porto Alegre. 56p. Trabalho de Graduação, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Panizzi, W.M. 1993 Áreas de Invasão: Lugar de Moradia Provisória? In: Panizzi, W.M.; Rovatti, J.F. (Orgs.). *Estudos Urbanos: Porto Alegre e seu Planejamento*. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS/Prefeitura Municipal de Porto Alegre, p. 337-342.
- Rangel, M.L. 2002. *A influência da urbanização na qualidade da água da barragem Mãe d'Água, Porto Alegre, RS*. Porto Alegre. 70p. Trabalho de Graduação. Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Ross, J.L.S. 1992. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevo. *Revista do Departamento de Geografia (USP)*, 6: 17-29.
- Salengue, L.G.P. & Marques, M.M. 1993. Reavaliação de Planos Diretores: o Caso de Porto Alegre. In: Panizzi, W.M.; Rovatti, J.F. (Orgs.). *Estudos urbanos: Porto Alegre e seu Planejamento*. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS/Prefeitura Municipal de Porto Alegre, p.155-164.
- Suertegary, D.M.A. & Fujimoto, N.S.V.M. 2004. Morfogênese do Relevo do Rio Grande do Sul. In: Verdum, R., Basso, L.A., Suertegary, D.M.A. (Orgs.) *Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p.11-26.