

# Boletim Gaúcho de Geografia

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

---

## INDICADORES AMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO DO SALSO, MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE - RS

*Nina Simone Vilaverde Moura*

*Luis Alberto Basso, Tânia Marques Strohaecker*

*Boletim Gaúcho de Geografia, 40: 236-253, maio, 2013.*

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/40021>

---

Publicado por

## Associação dos Geógrafos Brasileiros

---



## Portal de Periódicos UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

---

### Informações Adicionais

**Email:** [portoalegre@agb.org.br](mailto:portoalegre@agb.org.br)

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

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

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

---

Data de publicação - maio, 2013.

Associação Brasileira de Geógrafos, Seção Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil

# INDICADORES AMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO DO SALSO, MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE - RS

NINA SIMONE VILAVERDE MOURA

LUIS ALBERTO BASSO

TÂNIA MARQUES STROHAECKER

## RESUMO

Este estudo propõe uma análise de alguns indicadores ambientais da bacia hidrográfica do Arroio do Salso, situada na zona sul do município de Porto Alegre/RS; destacando-se, entre outros indicadores, a intensificação dos processos de inundação urbana; a alteração no escoamento devido ao aumento da produção de sedimentos; a degradação da qualidade da água pelos esgotos pluviais e/ou cloacais e contaminação dos aquíferos. Nesse sentido, os objetivos principais desse trabalho são: identificar as áreas suscetíveis aos processos de inundação; caracterizar os eventos chuvosos e os episódios de inundação; analisar as tendências de ordenamento territorial e a vulnerabilidade social; analisar a cobertura vegetal e o uso da terra e as consequências na qualidade das águas do Arroio do Salso. Para tanto, foi elaborado um mapa de suscetibilidade à inundação e analisada as formas de ocupação na referida área. Além disso, foram levantados dados pluviométricos anuais, mensais e diários e, coletadas amostras de águas, para análise de diferentes parâmetros de qualidade de água em dois pontos do Arroio do Salso. A partir da análise realizada, pode-se concluir que as desigualdades urbanas intensificam a suscetibilidade natural aos processos de inundação, bem como atingem a população mais vulnerável aos referidos processos. É evidente que há comprometimento da qualidade da água ao longo do percurso do arroio em direção a sua foz no lago Guaíba, pois quase todos os parâmetros analisados tiveram pior resultado no ponto situado próximo à foz.

Palavras-chave: Inundação urbana. Qualidade de água. Expansão urbana. Porto Alegre. Arroio do Salso.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho está relacionado às atividades realizadas no projeto de pesquisa denominado *Indicadores Ambientais para o Ordenamento Territorial da Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso, município de Porto Alegre – RS* que teve como proposta a elaboração de indicadores ambientais sobre a bacia hidrográfica do Arroio do Salso no município de Porto Alegre, os quais podem subsidiar políticas de ordenamento territorial e ambiental em área com intensa expansão urbana dentro do município.

O município de Porto Alegre apresenta uma população de 1.409.351 habitantes (BRASIL, 2010) e um grau de urbanização de 100%, ou seja, toda a população residente no território municipal é considerada urbana. Dessa forma, o adensamento populacional e a impermeabilização crescente do solo condicionam impactos negativos ao meio ambiente, destacando-se, entre outros, a intensificação dos processos de inundação urbana; alteração no escoamento devido ao aumento da produção de sedimentos; degradação da qualidade da água pelos esgotos pluviais e/ou cloacais e contaminação dos aquíferos.

O período inicial do crescimento urbano de Porto Alegre foi marcado pelo avanço das edificações e do sistema viário na zona norte que, devido à instalação do porto e, em função de sua localização e infraestrutura, passou a ser a área mais procurada da cidade, tanto para moradia como para o desenvolvimento de atividades comerciais e industriais.

A dinâmica atual do espaço urbano de Porto Alegre apresenta dois vetores principais de crescimento: adensamento e verticalização nos bairros já consolidados das zonas leste e norte, enquanto na zona sul destaca-se a expansão horizontal periurbana onde ainda predomina a paisagem natural. Na última década, os empreendimentos imobiliários lançados na zona sul para os extratos de média alta renda procuram vincular as amenidades naturais existentes (pôr-do-sol, vegetação, fauna, cursos d'água) às amenidades produzidas nos loteamentos e condomínios horizontais (segurança, conforto, equipamentos de lazer e recreação).

Com isso, observa-se que o crescimento urbano vem se expandindo sobre essa área, passando a incorporar padrões diferenciados de uso do solo, transitando de uma área caracterizada pela predominância de patrimônio natural que propicia atividades de lazer e turismo, uso residencial rarefeito e atividades vinculadas ao setor primário (chácaras, sítios, haras) para uma área de ocupação mais densa, destacando-se o setor de serviços e de uso residencial nas tipologias de condomínios horizontais e loteamentos, além de vazios urbanos para fins especulativos.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) (Porto Alegre, 1999) condicionou essa transformação quando incorporou ao perímetro urbano, a antiga zona rural, passando a reconhecer grande parte da zona sul, antes identificada como zona rural, como cidade rururbana.

A área do presente estudo corresponde à bacia hidrográfica do Arroio do Salso é a mais extensa do município, com 92,94 km<sup>2</sup> de área, o que corresponde a aproximadamente 20% da área total de Porto Alegre (Figura 1). Ela faz parte juntamente com outras sub-bacias, como a do Arroio Guabiroba, do Osso, Espírito Santo e do Dilúvio, da bacia hidrográfica do Guaíba. As nascentes estão localizadas no bairro Lomba do Pinheiro, porção nordeste da área de estudo. O seu arroio principal e homônimo tem 15,16 km de extensão, ele recebe vários afluentes e flui no sentido nordeste-sudoeste. Sua vazão média é de 1,3 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> ao desembocar no lago Guaíba (MENEGAT *et al.*, 1998).

O setor superior da bacia apresenta morros graníticos e áreas com declividades maiores de 30%, enquanto no setor médio da bacia predomina um relevo

colinoso com declividades inferiores a 6%. Próximo à desembocadura no Guaíba, o relevo varia de colinoso a plano e as declividades são inferiores a 6%, segundo Moura e Dias (2010).

De acordo com Pires (1997) do ponto de vista do uso da terra, quase 50% da área da bacia correspondia ao uso agropecuário e 28% da área era ocupada por matas. No entanto, segundo levantamento mais recente de Almeida e Strohaecker (2011) esses valores foram alterados para: agropecuário 23,11% e vegetação florestal (39,70%). Assim, observa-se que predominam na Bacia do Arroio do Salso de espaços não urbanizados, ainda que existam alguns aglomerados urbanos consideráveis, tais como a Lomba do Pinheiro, bairro com muitas ocupações irregulares, localizado na área do divisor de águas com a bacia do Arroio Dilúvio, e a Restinga, bairro situado no setor central e que concentra mais da metade da população residente na área da bacia.

Na área próxima à Lomba do Pinheiro, ou seja, nas cabeceiras da bacia, as declividades são elevadas e ocorrem situações de perigo ligadas ao rolamento de rochas e matacões. Em determinadas partes do bairro verificam-se depósitos de lixo e a retirada da mata ciliar. Esses fatores associados ao solapamento das margens de alguns cursos d'água provocam aumento considerável do aporte de sedimentos nos arroios, contribuindo para o assoreamento e intensificando as inundações nas partes mais baixas da bacia situadas a jusante.

Já no setor central, próximo ao bairro Restinga, ocorrem processos erosivos, caracterizados pela formação de ravinas e voçorocas em pontos isolados. Também é comum a remoção da camada superficial do solo ocasionada pela erosão em função do mau manejo da terra agrícola.

Na parte inferior da bacia, próximo da desembocadura do arroio do Salso no Guaíba, há ocupações irregulares. A medida de proteção prevista nessa área, pela administração municipal, é a retirada das famílias assentadas nos terrenos de topografia mais baixa, restringindo a ocupação em uma área sujeita a inundações a cada 10 anos, em média.

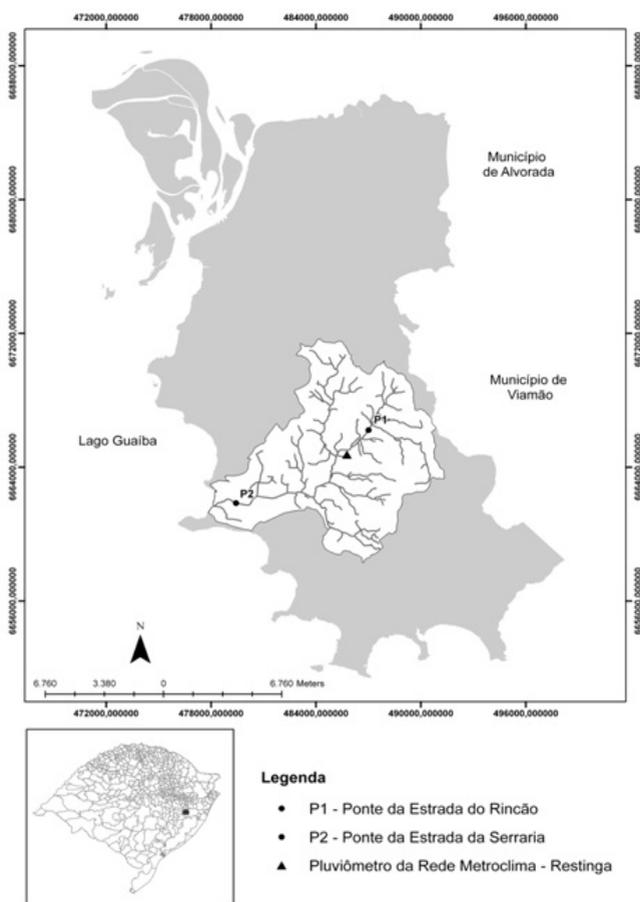
Sinteticamente, pode-se afirmar que muitas das áreas inundáveis das planícies do Arroio do Salso e de seus afluentes ainda encontram-se pouco ocupadas, ao contrário do que acontece em outras bacias hidrográficas do município, por exemplo, a bacia hidrográfica do arroio Dilúvio. Esse fato é fundamental já que permite a adoção de medidas de proteção “não-estruturais” para essa bacia, isto é, a aplicação de medidas preventivas às áreas sujeitas a inundações e à contaminação dos recursos hídricos, entre outras.

A elaboração de indicadores ambientais é medida preventiva e de fundamental importância para o melhor ordenamento da bacia hidrográfica do Salso, tendo em vista ser uma das poucas áreas do município de Porto Alegre que ainda apresenta espaço considerável à expansão urbana. Trata-se de área relativamente conservada, especialmente no que tange às áreas de preservação permanente (APPs) e à cobertura vegetal dos morros e colinas. A intensificação da urbanização em direção à zona sul da cidade potencializa a ocorrência de uma série de proble-

mas ambientais comuns a todas as áreas que enfrentam esse processo.

Em síntese, propõe-se através da pesquisa a elaboração de alguns indicadores ambientais para que a administração pública qualifique suas ações técnicas e políticas a partir de um adequado ordenamento territorial e ambiental da referida bacia hidrográfica. Para tanto, esse estudo apresenta os resultados obtidos a partir dos seguintes objetivos propostos: (1) identificar as áreas suscetíveis aos processos de inundação; (2) caracterizar os eventos chuvosos e os episódios de inundação; (3) analisar as tendências de ordenamento territorial e a vulnerabilidade social; (4) analisar a cobertura vegetal e o uso da terra e as consequências na qualidade das águas do Arroio do Salso.

Figura 1  
Localização da Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso no município de Porto Alegre, pontos de coleta de água e localização do pluviômetro.



## 2. PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Para identificar as áreas suscetíveis aos processos de inundação compreende-se que as inundações estão relacionadas às áreas planas com topografias deprimidas, situadas próximas aos canais fluviais ou ao redor de corpos d'água, ou diretamente relacionadas aos canais fluviais que drenam a bacia hidrográfica. Para tanto, a suscetibilidade foi analisada a partir das seguintes variáveis: geomorfologia, geologia e pedologia; buscando a classificação de diferentes classes de suscetibilidade de acordo com as condições apresentadas pelos diferentes parâmetros entre as variáveis analisadas.

Para tanto foi analisado o mapeamento geomorfológico elaborado por Moura e Dias (2010) e as características litológicas e pedológicas da área de estudo. A análise das formas de relevo através da morfometria, ou seja, elementos hipsométricos (altitude) e clinográficos (declividade) do terreno trazem informações, principalmente, sobre a velocidade dos fluxos. A hipsometria é um indicador de energia potencial disponível para o escoamento superficial e a declividade que se refere à inclinação das vertentes em relação ao horizonte tem direta ligação com a velocidade do escoamento das águas.

As características geológicas compreendem, sobretudo, o grau de coesão e dissecação das rochas que compõem as formas de relevo. Por grau de dissecação da rocha entende-se a intensidade de ligação entre os minerais ou partículas que as constituem que, por sua vez, quando as rochas são pouco coesas prevalecem os processos modificadores das formas de relevo e quando as rochas são bastante coesas, predominam os processos de formação dos solos, os quais favorecem a diminuição do escoamento superficial.

Os solos enquanto formações superficiais, geralmente, se tornam mais importantes para estudos de morfodinâmica do que o substrato geológico. Nesta variável são evidenciadas a permeabilidade e a drenagem do solo, em função das suas condições internas e intrínsecas, como sua composição mineralógica e granulométrica e suas características físicas e químicas. Para tanto, deve-se considerar a maturidade do solo, o balanço morfogênese/pedogênese, os quais são indicativos de solos rasos ou profundos e, conseqüentemente, sugerem a capacidade de infiltração e escoamento superficial.

Nesse sentido, a análise e o mapeamento das áreas suscetíveis à inundação foram elaborados considerando as características litológicas, geomorfológicas, pedológicas em áreas de planícies e/ou formas de relevo cujos processos operacionais são predominantes na sua formação.

A caracterização dos eventos chuvosos e dos episódios de inundação foi realizada com base nos estudos de Fujimoto (2001) e os dados coletados no 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre, para o período de 1970 a 2009, cobrindo valores de precipitação anuais, mensais e diárias. Além dos valores de precipitação, também foram analisados os dias chuvosos e os principais eventos de chuva (precipitação acima de 30 mm) em três anos que apresentaram as maiores pre-

precipitações entre os 40 anos pesquisados, ou seja, os anos de 1972, 1987 e 2002. As precipitações acima de 30 mm representam a quantidade de chuva a partir da qual são registrados na mídia os eventos de inundação e alagamento, segundo estudos realizados por Martins (2000) e Fujimoto (2001) para o município de Porto Alegre. Os dados foram organizados em tabelas e gráficos para proporcionar uma análise da distribuição anual, mensal e diária das precipitações.

A análise do mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra, baseado em Hasenack (2008), a caracterização socioeconômica (escolaridade, renda, infraestrutura, etc.) a partir dos setores censitários do IBGE de 2010 e o levantamento das principais políticas de saneamento do município (PORTO ALEGRE 1999, 2010 e 2011) permitiram identificar a vulnerabilidade da população frente aos episódios de inundação. As áreas com maior vulnerabilidade são aquelas com muito alta ou alta suscetibilidade à inundação, associadas às ocupações urbanas com maior vulnerabilidade social aos referidos eventos, ou seja, as moradias suscetíveis às perdas sociais ou materiais frente aos eventos de inundação do Arroio do Salso.

A análise da qualidade das águas do Arroio do Salso foi realizada a partir da coleta de amostras de água no Arroio do Salso em cinco campanhas em dois pontos ao longo do arroio (Figura 1), realizadas entre 30 de agosto de 2010 e 25 de janeiro de 2011, cujos parâmetros analisados foram: coliformes fecais, condutividade elétrica (CE), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH e turbidez. As amostras de água para análise dos parâmetros foram coletadas manualmente e preservadas em caixa de isopor com gelo até a sua chegada ao laboratório, no Centro de Ecologia da UFRGS. A metodologia de análise empregada foi: condutometria para a CE (NBR 14340/1999), método potenciométrico para pH (APHA, 2005, Standard Methods 21st), gravimetria – secagem a 180o C para SDT (Standard Methods 21st), gravimetria – secagem a 105o C para SST (Standard Methods 21st) e nefelometria para a turbidez (NBR 11265/1990).

A análise da avaliação da qualidade da água do arroio do Salso foi feita através da relação e do mapeamento das concentrações dos parâmetros com os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dentre outras diretrizes, estabelece a classificação em função do uso e da classe da água.

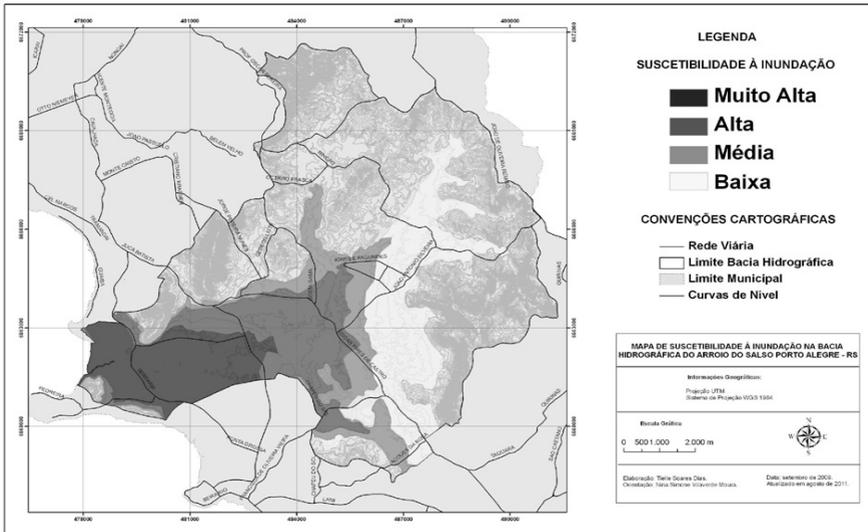
### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Áreas suscetíveis à inundação na bacia hidrográfica do arroio do salso**

A análise e o mapeamento das áreas suscetíveis à inundação foram elaborados por Moura e Dias (2010) basicamente sobre as áreas de planícies ou formas de relevo cujos processos agradacionais são predominantes na sua formação, dentro da área da referida bacia hidrográfica. Em função da suscetibilidade aos processos de inundação, a área foi classificada nas seguintes classes (Figura 2):

Figura 2

Mapa de Suscetibilidade à Inundação na Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso, município de Porto Alegre (RS).



As áreas com muito alta suscetibilidade à inundação são aquelas que apresentam as menores altitudes (menores de 5m) associadas com as declividades mais baixas e estão representadas por grande extensão de terras ao longo do trecho inferior do Arroio do Salso, próximo ao Guaíba, contribuindo para um escoamento superficial de baixa velocidade. Nesse sentido, são áreas extensas com relevo plano, caracterizado por deposição de sedimentos e por algumas pequenas áreas de cordões arenosos. Os solos são peculiares de planícies aluviais e lagunares e podem ser do tipo Gleissolos Háplicos (profundos e muito mal drenados) e Planossolos Hidromórficos (profundos e típicos de áreas de várzea) (HASENACK, 2008).

As áreas consideradas com alta suscetibilidade apresentam altitudes entre 5 e 15m e solos mal drenados, representadas pelo padrão em forma de planícies flúvio-lagunares e, secundariamente, pelo padrão em forma de patamares planos (Fujimoto e Dias, 2009). Os solos predominantes são os Gleissolos Háplicos, Planossolos Hidromórficos e Plintossolos Argilúvicos, ambos com características de solos mal drenados. A configuração das áreas consideradas com muito alta suscetibilidade à inundação aponta para uma série de características naturais que possibilitam a retenção de água durante os eventos chuvosos. O leito do arroio nesta porção da bacia é raso e largo com escoamento lento, desaguando em um corpo d'água de maior proporção e com o mesmo nível médio de suas águas, dificultando o escoamento e, por vezes, favorecendo o represamento da água

quando, durante episódios pluviométricos, o nível do Guaíba encontra-se igual ou superior ao do Arroio do Salso. Os diques marginais do arroio próximo à foz são pouco expressivos.

As áreas de média suscetibilidade referem-se, principalmente, ao padrão em patamares planos com altitudes entre 15 a 20m. A média suscetibilidade à inundação é uma categoria espacialmente mais reduzida, correspondendo a uma área alongada que abarca os afluentes do Arroio do Salso e que é a categoria intermediária entre as porções mais facilmente inundáveis da bacia hidrográfica e aquela cuja inundação seria mais difícil. Os solos são também caracterizados como mal a muito mal drenados, com tendência à retenção de água em períodos de intensa precipitação. É nesta categoria que se localiza parte do bairro Restinga, principal ocupação urbana da bacia hidrográfica do Arroio do Salso.

As áreas de baixa suscetibilidade também correspondem aos patamares planos, porém com altitudes entre 20 a 30m e declividades entre 2 a 5%, podendo ocorrer cotas mais elevadas, não excedendo os 50 metros. Os padrões geomorfológicos abrangidos são os em forma de planícies flúvio-lagunares, em forma de patamares planos e em forma de colinas isoladas, sendo essas colinas de formação sedimentar e de baixas altitudes. Os solos permanecem com as características de drenagem dificultada, sendo mal drenados. É nesta categoria que se concentra a maior parte do bairro Restinga e algumas outras ocupações urbanas. O curso d'água nesta categoria tem características diferenciadas, sendo mais estreito e com vale mais encaixado, além de diques marginais bem pronunciados e leito com leve sinuosidade. O fluxo é mais intenso devido à declividade mais acentuada desta porção da bacia hidrográfica. Destaca-se a possibilidade de inundações por enxurrada devido às áreas de altas declividades dos compartimentos de vertentes situados a montante.

### **3.2. Os eventos chuvosos e os episódios de inundação**

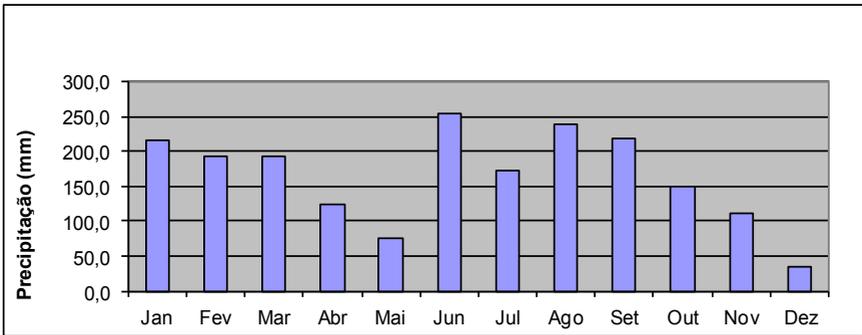
De acordo com Livi (1998), as frentes frias promovem os fenômenos meteorológicos que mais perturbam a vida da população em Porto Alegre. No verão a atuação mais intensa de uma frente fria atinge áreas do continente menores do que no inverno. Nesse período, as frentes frias atuam predominantemente na faixa litorânea, são menos frequentes e intensas e deslocam-se rapidamente para o oceano, onde se dissipam. Já no inverno, as frentes são mais intensas e frequentes, atingindo toda a área litorânea do sul do continente e grande parte do seu interior. Neste período ocorre o predomínio da massa de ar frio sobre a de ar quente em grande parte da região meridional da América do Sul.

Para a análise desse trabalho foram utilizados os dados sobre precipitações coletadas no 8º Distrito de Meteorologia, localizado relativamente próximo à área estudo. Observa-se que dentro do período analisado, de 1970 a 2008, os maiores índices de precipitação ocorreram nos anos de 1972, 1987 e 2002, apresentando totais pluviométricos de 1.984,6 mm, 1.775,0 mm e 1.707,5 mm, respectivamente. Por outro lado, os menores índices ocorreram nos anos de 1988, 1978 e 2006,

apresentando totais pluviométricos de 1.052,0 mm, 1.073,2 mm e 1.114,0 mm, respectivamente.

O ano de 1972 apresenta-se como o ano mais chuvoso no período analisado (entre 1970 a 2009), com precipitação total de 1.984,6 mm e média mensal de 165,3 mm. Observa-se, no Gráfico 1, que as chuvas estão concentradas principalmente nos meses de junho a setembro e de janeiro a março, sendo que os meses com os maiores valores pluviométricos são junho, agosto, setembro e janeiro, com precipitação total de 253,5mm, 239,2mm, 219,4mm e 215,4mm, respectivamente. Os meses com menores valores pluviométricos foram os meses de dezembro com 36,1mm e de maio com 75,9mm.

Gráfico 1  
Distribuição Mensal da Precipitação no ano de 1972.



Fonte: 8o Distrito de Meteorologia de Porto Alegre.

Observa-se, no Quadro1, que os meses de janeiro, fevereiro, março, junho e outubro foram os mais chuvosos, considerando-se aqueles com alturas superiores a 1 mm diários, com 13, 11, 15, 11 e 11 dias chuvosos em cada mês, respectivamente. Os maiores totais pluviométricos apresentados em 24 horas foram de 89,4 mm, 69,1 mm, 63,4 mm e 60,9 mm, nos dias 08 de junho, 11 de fevereiro, 16 de março e 19 de julho, respectivamente. No mês de junho, o mais chuvoso do ano, foram registrados três eventos concentrados nos dias 7, 8 e 27, representando 185,2 mm do total de 253,5 mm precipitado no mês.

Verifica-se que os meses que apresentaram os totais pluviométricos mais elevados não correspondem aos meses com o maior número de dias chuvosos, exceto junho e janeiro. Os meses com os maiores eventos diários de chuva correspondem, em sua maioria, com os meses com o maior número de dias chuvosos, porém, não possuem nenhuma relação com os meses que apresentaram os mais altos valores pluviométricos.

## Quadro 1

Dias Chuvosos e Eventos Diários com Precipitação Superior a 30 mm (1972).

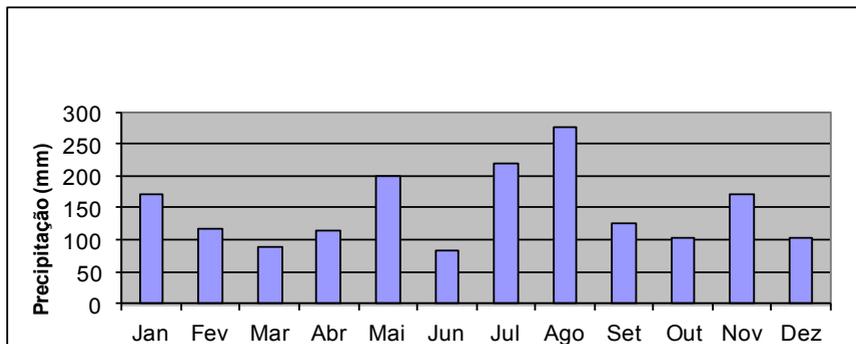
MESES	TOTAL DE DIAS CHUVOSOS		DIA E EVENTOS COM PRECIPITAÇÃO SUPERIOR A 30MM DIÁRIOS		
Janeiro	13	(Dia 06) 35,4 mm	(Dia 28) 59,4 mm		
Fevereiro	11	(Dia 11) 69,1 mm	(Dia 19) 35 mm		
Março	15	(Dia 16) 63,4 mm			
Abril	06	(Dia 15) 54 mm			
Maiο	07	(Dia 23) 33 mm			
Junho	11	(Dia 07) 44,6 mm	(Dia 8) 9,4 mm	(Dia 27) 51,2 mm	
Julho	09	(Dia 05) 42 mm	(Dia 19) 60,9 mm		
Agosto	10	(Dia 03) 53,2 mm	(Dia 11) 39,8 mm	(Dia 12) 49,3 mm	(Dia 22) 37 mm
Setembro	09	(Dia 09) 39,1 mm	(Dia 10) 47,5 mm	(Dia 19) 33,6 mm	(Dia 20) 37,3 mm
Outubro	11	(Dia 28) 35,9 mm	(Dia 30) 34,8 mm		
Novembro	08	(Dia 11) 36,4 mm	(Dia 14) 37,4 mm		
Dezembro	05				
TOTAL	115				

Fonte: 8o Distrito de Meteorologia de Porto Alegre.

O ano de 1987 apresenta-se como o segundo com o total pluviométrico mais elevado no período analisado, com precipitação total de 1.775 mm e média mensal de 144,6 mm. Nesse ano, as chuvas apresentaram uma pequena concentração entre os meses de julho e agosto e entre os meses de novembro a janeiro, conforme apresenta o Gráfico 2. As maiores precipitações ocorreram nos meses de agosto, julho, maio, novembro e janeiro, com totais de 278 mm, 218,7 mm, 200,9 mm, 170,4 mm e 170 mm, respectivamente. Nos meses de junho e março ocorreram os menores valores pluviométricos com 82,9 mm e 89 mm, respectivamente.

Gráfico 2:

## Distribuição Mensal da Precipitação no Ano de 1987

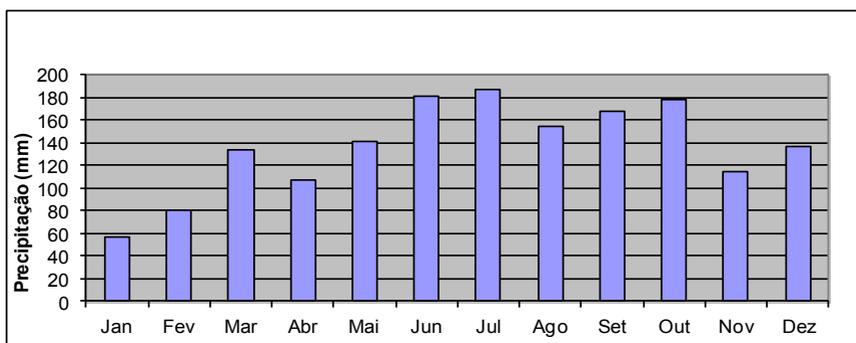


Fonte: 8o Distrito de Meteorologia de Porto Alegre.

O ano de 2002 apresenta-se como o terceiro mais chuvoso no período estudado, com 1.707,5 mm e média mensal de 143,2 mm. Durante o ano de 2002, as chuvas apresentaram-se relativamente bem distribuídas, podendo ser observado no Gráfico 3 um período de maior concentração entre os meses de junho a outubro. Os maiores valores pluviométricos corresponderam aos meses de julho, junho, outubro, setembro, agosto e maio, com totais de 186,6 mm, 181,4 mm, 177,6 mm, 167,8 mm, 154,6 mm e 140,8 mm, respectivamente. Os meses com os menores totais pluviométricos foram janeiro e fevereiro, com índices de 56,2 mm e 80,5,

Gráfico 3

## Distribuição Mensal da Precipitação no Ano de 2002



Fonte: 8o Distrito de Meteorologia de Porto Alegre.

A partir da análise dos dados acima, pode-se concluir que são bastante comuns os eventos capazes de gerar inundações e/ou alagamentos em vários pontos de uma área urbana no município de Porto Alegre. Estes eventos podem ocorrer em função de vários dias de chuva com totais pluviométricos regulares e também através de picos de chuvas torrenciais com totais pluviométricos altos e concentrados, ou ainda, sendo mais grave, devido à conjunção desses dois fatores. Verifica-se pela análise dos dados que tais eventos são possíveis de ocorrer em qualquer época do ano.

Nas áreas suscetíveis à inundação da bacia hidrográfica do Arroio do Salso, os moradores residentes próximos à foz do arroio relataram que os episódios de chuva associados com eventos pluviométricos prolongados (cerca de três a quatro dias de chuva seguidos ou mais) são os responsáveis por gerar inundações na região. No geral, tais eventos estão relacionados às chuvas que atingem toda a região metropolitana e que, por sua ampla abrangência, provoca a elevação do nível médio das águas do Guaíba, conseqüentemente, à diminuição da velocidade média das águas do Arroio do Salso que ali deságuam. Provavelmente, a elevação do volume associada à diminuição da velocidade das águas do Arroio do Salso ocasiona o aumento da área ocupada pelo escoamento das águas, ou seja, a água de escoamento ocupa o leito maior ou as áreas de planícies fluviais, ocasionando eventos de cheia ou inundação.

### **3.3. Tendências do ordenamento territorial e a vulnerabilidade social dos moradores atingidos pelos episódios de inundação**

A partir da análise da cobertura vegetal e do uso e ocupação da bacia hidrográfica do Arroio do Salso, destaca-se que aproximadamente 85% da sua área possui cobertura vegetal (mata nativa e campos) e variados tipos de cultivos e 15% apresentam intervenção urbana. As densidades de ocupação são relativamente baixas na maioria dos bairros integrantes da área de estudo, mas com tendências significativas de modificação da paisagem rural para urbana (PORTO ALEGRE, 1999). As maiores densidades de ocupação ocorrem nos bairros Restinga e Lomba do Pinheiro, que apresentam padrões socioespaciais de baixa renda e de maior comprometimento ambiental. A periferia do bairro Restinga apresenta as maiores áreas de ocupação irregular (urbano não cadastrado) da área de estudo (IBGE, 2010).

Nos bairros Vila Nova, Belém Velho e Restinga existem situações nas quais os usos rurais são limítrofes aos usos urbanos, acarretando, provavelmente, situações de conflito (valorização imobiliária, esgotamento de recursos naturais), segundo Kozenieski (2010). Contudo, em outras localidades mais ao sul do município (Lami, Lageado), há um distanciamento maior entre estas distintas formas de usos do solo.

Atualmente, o foco de investimentos públicos e de especulação imobiliária é o setor sul do município, onde se localiza a bacia hidrográfica do Arroio do Salso. Considerando as características topográficas, as ocupações ocorrem com relativa

facilidade, pois são áreas planas próximas ao curso d'água, apresentando potencialidades à implantação de áreas de cultivo e à instalação de edificações sem gastos excessivos na construção de superfícies planas para a construção de moradias e de infraestrutura (BURKT e FUJIMOTO, 2009).

Da mesma forma, a ocupação de áreas de planície junto a cursos d'água altera a morfodinâmica fluvial. O agravamento dos eventos de inundação pode ocorrer pela ocupação de ambientes reguladores (banhados e margens de cursos d'água), uma vez que o volume de água de precipitação, que ficaria antes retido e absorvido pelo solo, chega aos cursos d'água, fluindo rapidamente, favorecendo as inundações, elevando o nível do curso e podendo atingir as edificações próximas. Portanto, as ocupações mais próximas às áreas suscetíveis à inundação têm grande probabilidade de ter que enfrentar o fenômeno e a vulnerabilidade social é dependente das condições socioeconômicas e de infraestrutura dos moradores.

Cabe ressaltar que o PDDUA (1999 e 2010) estabeleceu que todo o território municipal é considerado área urbana. Os agricultores que mantêm a produção primária devem ser cadastrados para serem isentos do pagamento de IPTU. Os agricultores que pagam ITR o fazem através do Sindicato Patronal Rural de Porto Alegre, pois as propriedades que já estavam cadastradas na receita federal como rurais continuam com tal registro, possibilitando o pagamento do tributo. Novas propriedades rurais não podem ser cadastradas em Porto Alegre.

### **3.4. O uso da terra e as consequências na qualidade das águas superficiais**

As intervenções no uso e ocupação da terra na área da bacia do Arroio do Salso provocaram alterações na qualidade das águas do referido arroio. O estudo permite concluir que a qualidade das águas da bacia do Arroio do Salso está comprometida (Figura 3).

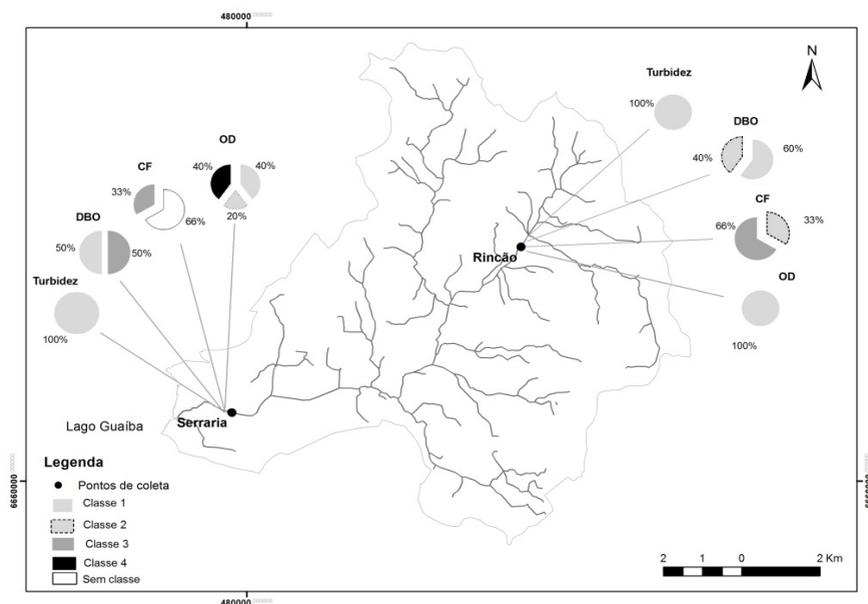
Embora as concentrações de alguns parâmetros (turbidez, pH e oxigênio dissolvido no P1), estejam dentro dos limites razoáveis para a maioria dos usos da água, os resultados de outros parâmetros (condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes fecais) foram relevantes para demonstrar que o arroio está deteriorado e sofre para reverter toda a poluição que recebe.

Outra conclusão importante refere-se à pior qualidade das águas no ponto situado próximo da foz, o P2. Neste ponto, os dados são mais preocupantes e evidenciam a influência dos bairros Lomba do Pinheiro e Restinga, que se situam no percurso a montante do arroio, por serem bastante populosos e, portanto, com grande aporte de dejetos domésticos, os quais prejudicam a qualidade da água (BASSO e PIZZATO, 2011).

A tendência de aumento populacional da área associada ao lançamento de esgotos domésticos sem nenhum tipo de tratamento, principalmente, pode piorar, a já ruim qualidade da água do Arroio do Salso. A expansão urbana, especificamente, a implantação de condomínios horizontais e outras edificações, requerem a necessidade de investimentos em coleta e tratamento de esgoto.

Figura 3

Mapa de qualidade da água: percentual de amostras conforme as classes de uso da Resolução no 357/2005 do CONAMA na Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso, município de Porto Alegre (RS).



É urgente, portanto, que se tomem medidas de reversão deste quadro de poluição. Isso está sendo feito com o andamento das obras previstas pelo PISA - Programa Integrado Socioambiental do Departamento Municipal de Águas e Esgotos (DMAE) de Porto Alegre, cujo objetivo principal é aumentar o índice de tratamento de esgotos dos atuais 27% para 77% no município. Esse programa prevê também o tratamento de esgotos do bairro Restinga, o mais populoso da bacia.

Em síntese, quer pela canalização dos esgotos para estações de tratamento antes de serem despejados no arroio, ou pela maior conscientização da sociedade que vive nas proximidades do Salso, os passos iniciais foram dados. O esforço conjunto da comunidade, autoridades e dos indivíduos poderá reverter o quadro de poluição hídrica do principal curso fluvial da bacia hidrográfica do Salso.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo permitiu estabelecer classes hierárquicas nas áreas de planícies e de patamares planos da bacia hidrográfica do Arroio do Salso quanto à suscetibilidade aos processos de inundação. As áreas mais suscetíveis encontram-se próximas à foz do Arroio do Salso, pois estão relacionadas ao escoamento das suas águas fluviais no nível médio das águas do Guaíba.

A partir da análise dos eventos pluviométricos, pode-se concluir que são bastante comuns os eventos capazes de gerar inundações e/ou alagamentos em vários pontos de uma área urbana. Estes eventos podem ocorrer em função de vários dias de chuva com índices pluviométricos regulares e também através de picos de chuvas torrenciais com índices pluviométricos altos e concentrados, ou ainda, sendo mais grave, devido à conjunção desses fatores. Pode-se verificar pela análise dos dados que tais eventos são possíveis de ocorrer em qualquer época do ano. Considerando os depoimentos dos moradores locais, os eventos pluviométricos prolongados (cerca de três a quatro dias de chuva seguidos) são os responsáveis por gerar inundações na região.

Os efeitos da concentração e da densidade urbana, a desigualdade nas condições de acesso à infraestrutura pela população e as irregularidades urbanísticas, aumentam inundações devido à vulnerabilidade social. Portanto, o cenário tendencial, sem intervenções estruturais do poder público municipal, indica um adensamento populacional associado ao lançamento de esgotos domésticos sem nenhum tipo de tratamento, o que pode comprometer ainda mais a qualidade das águas do Arroio do Salso.

Por sua vez, o cenário idealizado pelo poder público, através do Plano Diretor de Esgotos (2010), é o da universalização de atendimento da demanda com rede coletora do tipo separador absoluto e tratamento dos esgotos até 2030, substanciado recentemente no Programa Integrado Sócio Ambiental (PISA).

Agradecimentos: Ao Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pelo apoio na concretização desse trabalho. Às alunas Tielle Soares Dias, Cristiane Anita Couto Camargo, Fernanda Pizzato e Mariluci Wegner da Silva pelo auxílio na elaboração e edição final das figuras. Os autores também agradecem aos moradores dos bairros Restinga, Serraria e Ponta Grossa pelos valiosos depoimentos.

ENVIRONMENTAL INDICATORS OF THE RIVER BASIN OF THE STREAM OF THE SALSO, PORTO ALEGRE MUNICIPALITY - RS

## ABSTRACT

This study proposes an analysis of some environmental indicators of the river basin of the stream of the Salso in the south city of Porto Alegre/RS; emphasizing, among other indicators, the intensification of the processes of urban flooding, the change in runoff due increased production of sediment, the degradation of water quality by storm sewers and/or cloacal and contamination of aquifers. Accordingly, the main objectives of this work are: to identify areas susceptible to flooding

processes; characterize the rainfall events and episodes of flooding; analyze the tendencies of land use and social vulnerability, to analyze the vegetation cover and land use and the consequences on water quality in the Stream of the Salso. For this purpose, we constructed a map of susceptibility to flooding and analyzed the forms of occupation in that area. Additionally, rainfall data were collected annually, monthly and daily and collected water samples for analysis of different water quality parameters at two points in the Stream of the Salso. From the analysis, one can conclude that the urban concentrations increase the susceptibility to flooding processes. It is evident that the water quality is affected along the course of the stream toward its outfall at Lake Guaíba, as almost all the analyzed parameters had a worse outcome in places near the outfall.

Keywords: Urban flooding. Water quality. Urban expansion. Stream of the Salso. Porto Alegre.

## INDICADORES AMBIENTALES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL ARROYO DEL SALSO, PORTO ALEGRE - RS.

### RESUMEN

Esta investigación propone un análisis de algunos indicadores ambientales de la cuenca hidrográfica del Arroyo del Salso, situada en la región sur del municipio de Porto Alegre/RS; destacan entre otros indicadores: la intensificación de los procesos de inundación urbana; la alteración en el escurrimiento debido al aumento de la producción de sedimentos; la degradación de la calidad del agua por el alcantarillado pluvial y/o cloacas y contaminación de los acuíferos. En ese aspecto, los objetivos principales de ese trabajo son: identificar las áreas susceptibles a los procesos de inundación; caracterizar los periodos lluviosos y las inundaciones; analizar las tendencias de ordenación territorial y la vulnerabilidad social; analizar la cobertura vegetal y el uso de la tierra y las consecuencias en la calidad del agua del Arroyo del Salso. Para ello, se ha elaborado un mapa de susceptibilidad a la inundación y se analizaron las formas de ocupación del área mencionada. Además, se recogieron datos pluviométricos anuales, mensuales y diarios y fueron colectadas muestras de agua en dos puntos del Arroyo del Salso. A partir del análisis realizado, se puede concluir que las desigualdades urbanas aumentan la susceptibilidad a los procesos de inundación. Es evidente que hay degradación de la calidad del agua a lo largo del trayecto del arroyo hacia su desembocadura en el Lago Guaíba, puesto que casi todas las variables analizadas tuvieron peor resultado en el punto situado próximo de la desembocadura.

PALABRAS CLAVE: Inundación urbana, calidad del agua, expansión urbana, Porto Alegre, Arroyo del Salso.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.P. de; STROHAECKER, T.M. Análise das tendências de ordenamento territorial da Bacia do Salso, Porto Alegre, RS. In: Salão de Iniciação Científica da UFRGS. 23, 2011. Porto Alegre, Anais... Porto Alegre: Propeq/UFRGS, 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA) & WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005.

BASSO, L. A. & PIZZATO, F. A qualidade da água da bacia hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre - RS In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2011, Dourados - MS. Universidade Federal Grande Dourados, 2011. v.1.12p.

BRASIL. Censo demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 21 de ago. 2011.

BRASIL. Resolução Nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

BURKT, L. G.& FUJIMOTO, N. S. V. M. A Cidade real supera a cidade legal? Um estudo sobre a bacia hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre/RS. In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideu. 12º Encontro de Geógrafos da América Latina. Montevideu, 2009.

FUJIMOTO, N. S. V. M. Análise ambiental urbana na área metropolitana de Porto Alegre - RS: sub-bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio. Tese de doutorado. São Paulo, SP, 2001, 235p.

FUJIMOTO, N.S.V.M. & DIAS, T. S. Compartimentos de Relevô do Município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul - Brasil. Anais do 12º Encontro de Geógrafos de America Latina, Montevideo, Uruguay, 2009. 15p.

HASENACK, H. Diagnóstico ambiental de Porto Alegre. 1. Edição, Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Porto Alegre, 2008, 87p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em:<[HTTP://www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em 12 jan. 2011.

KOZENIESKI, E. M. O Rural Agrícola na Metrôpole: o caso de Porto Alegre/RS. Porto Alegre: Dissertação (Mestrado) Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Geografia/Instituto de Geociências/UFRGS, 2010.

LIVI, F. P. Elementos do Clima: o Contraste de Tempos Frios e Quentes. In: MENEGAT, R., FERNANDES, L. A. & CARRARO. Atlas ambiental de Porto Alegre. Editora da Universidade, Porto Alegre, RS, 1998, p.73-78.

MARTINS, D. P. (2000) Impactos da Chuva no Aglomerado Urbano de Porto Alegre/RS. Trabalho de Graduação. Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 76 p.

MENEGAT, R.; FERNANDES, L.A. D; KOESTER, E & SCHERER, C.M.S. Porto Alegre antes do homem: evolução geológica. In: MENEGAT, R., FERNANDES, L. A. & CARRARO. Atlas ambiental

de Porto Alegre. Editora da Universidade, Porto Alegre, RS, 1998, p. 11-14.

MOURA, N. S. V. & DIAS, T. S. Estudo sobre a suscetibilidade à inundação do Setor Sul do Município de Porto Alegre-RS: Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010, Recife - PE. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia. , 2010.

PIRES, C.L.Z. (1997) Impactos sócio-ambientais decorrentes de ocupação irregular: o caso da Lomba do Pinheiro. 1997. Trabalho de Graduação. Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 71 p.

PORTO ALEGRE. Bairros Oficiais. Disponível em: [http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal\\_pmpa\\_cidade/?p\\_secao=8](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_cidade/?p_secao=8). Acesso em: 12 jan. 2011.

PORTO ALEGRE. Lei n° 434/99. Lei do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre: CORAG, 1999.

PORTO ALEGRE. Plano Diretor de Esgotos. Porto Alegre: Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2010. Disponível em: [http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal\\_pmpa\\_cidade/dmae](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_cidade/dmae). Acesso em: 02 jun. 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Lei n° 434/99. Lei do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre.