

IX-048 - INFLUÊNCIA DA SUPRESSÃO DE ÁREAS VERDES NA DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO DO ARROIO PEPINO, PELOTAS, RS

Raquel Pinheiro⁽¹⁾

Aluna do Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental e Gestão Ambiental do Instituto Federal Sul-rio-grandense IFSUL campus Pelotas.

Jocelito Saccol de Sá

Professor Dr. do Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental e Gestão Ambiental do Instituto Federal Sul-rio-grandense IFSUL campus Pelotas.

Samanta Tolentino Cecconello

Professora Me. do Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental e Gestão Ambiental do Instituto Federal Sul-rio-grandense IFSUL campus Pelotas.

Endereço⁽¹⁾: Praça Vinte de Setembro, 455 - Bairro Centro - Pelotas - RS - CEP: 96066-450 - Brasil - Tel: +55 (53) 2123-1046 - Fax: +55 (xx) 4444-5555 - e-mail: jocelito@pelotas.ifsul.edu.br.

RESUMO

O crescimento populacional e as ocupações irregulares das áreas de planície de inundação estão ocasionando diversos desequilíbrios ambientais e alterações na dinâmica natural das bacias hidrográficas, o que resulta em inundações frequentes que expõem ao risco a população urbana e causam prejuízos econômicos. O presente trabalho tem como objetivo analisar os impactos do processo de urbanização na supressão de áreas verdes, sob a análise da dinâmica hidrológica da vazão de pico no exutório da micro bacia do baixo curso do Arroio Pepino, município de Pelotas, RS. Foram realizadas análises da urbanização do município, visitas de campo para reconhecimento do local e delimitação da área da bacia de contribuição, da rede de drenagem e dos cursos d'água por meio de mapas topográficos e também a quantificação e caracterização do escoamento superficial da área de estudo e por fim, a simulação das possíveis modificações do uso do solo na área em questão. Com os resultados obtidos, foi possível identificar os impactos no baixo curso do Arroio Pepino que agravam as inundações, como a elevação das vazões, a deterioração da qualidade da água e o aumento na produção de sedimentos, e que esses impactos ocorrem devido ao processo de urbanização e alteram a dinâmica natural da bacia hidrológica, principalmente pelo fato do sistema de drenagem urbana ser fundamentado no rápido escoamento e priorizar ações localizadas. O mapeamento da cobertura superficial da área de estudo apresentou elevado índice de impermeabilização indicando carência de área verde e também a relevância do ecossistema da área em estudo como área verde e também como bacia de amortização da vazão de pico durante eventos de precipitação. Com a supressão da vegetação o índice de impermeabilização da micro bacia passou de 88,52% para 95,45%, resultando na redução do tempo de concentração e alteração do coeficiente de escoamento superficial. Com a modificação da cobertura do solo, houve um aumento da vazão máxima da bacia nas situações simuladas de precipitação para um tempo de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos em média de 9%. A urbanização reduz a cobertura vegetal e, conseqüentemente, modifica o ciclo hidrológico, pelas mudanças das quantidades de água inseridas nos processos integrados ao ciclo.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem, Vazão, Vegetação, Escoamento Superficial.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano nas cidades brasileiras vem ocasionando diversos desequilíbrios ambientais. Fatores como alterações nos cursos d'água, a impermeabilização do solo e a falta de planejamento, reduziram a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos e resultam em frequentes alterações na dinâmica natural das bacias hidrográfica.

Conforme Oliveira (2010), à inundação causada pela urbanização ocorre devido à alteração do ambiente com a extração da cobertura vegetal do solo e à aplicação de coberturas impermeabilizantes como o concreto e asfalto. Tucci e Collischonn (1998), mencionam ainda questões como o crescimento populacional, a precariedade nos sistemas de drenagem e as ocupações irregulares de área de planície de inundação como responsáveis pelos eventos constantes de inundações nos centros urbanos.

Segundo Tucci e Silveira (2001), quando a bacia é ocupada, gera duas preocupações distintas: a) o impacto do meio sobre a população através das enchentes; e b) o impacto do homem sobre a bacia, mencionado na preservação do meio ambiente, deste modo percebe-se a necessidade de equilibrar as relações entre o homem e o ambiente, de forma a minimizar os impactos do uso e ocupação do solo, como enchentes e inundações.

No município de Pelotas, RS, esses conflitos ocorrem em diversos cursos d'água, onde se destaca o baixo curso do Arroio Pepino, pois importantes obras que pretendiam conter suas inundações e urbanizar suas planícies, hoje, resultam em impactos ambientais que agravam o problema. Em Pelotas, as principais obras de drenagem pluvial foram realizadas na década de 30, sendo Francisco Rodrigues Saturnino de Brito o engenheiro responsável pelo projeto (ESSINGER, 2009). Com passar dos anos pouco foi realizado em obras visando à ampliação do sistema e aplicação de práticas de drenagem sustentáveis em detrimento da drenagem higienista, o que se constata em diversas cidades brasileiras (CASTRO, 2011).

A resposta hidrológica de uma micro bacia hidrográfica está relacionada aos diferentes usos do solo, o que representa uma forma de avaliação dos impactos ambientais, possibilitando nortear as ações de manejo (MENEZES et al., 2014).

Existem distintos métodos para o cálculo da vazão de projeto em sistemas urbanos de drenagem, como: fórmulas empíricas que fornecem a vazão drenada por uma determinada área de bacia; métodos estatísticos que implicam na análise de séries históricas de vazão e ajustes a distribuições estatísticas de extremos e os métodos conceituais nos quais as equações que descrevem o sistema hidrológico urbano são decorrentes de uma interpretação física fenômenos envolvidos (POMPÊO, 2000).

Para Porto (1995), destaca-se o uso consagrado de duas abordagens em hidrologia urbana: o clássico método racional, aplicável a bacias urbanas com área de drenagem inferior a 3 km², e os métodos baseados na teoria do hidrograma unitário, recomendados para bacia de maior porte que as primeiras. Assim, um dos fatores determinantes para a escolha do método para estimar a vazão máxima depende da área da bacia de contribuição.

A avaliação do impacto da urbanização sobre o escoamento pode ser realizada pelo método racional em nível de microbacia urbana, dentro do conceito de vazão de projeto. A vazão de projeto ou vazão máxima (crítica) é a estimativa do maior volume de água escoado na unidade de tempo em uma determinada seção do curso de água (TUCCI & COLLISCHONN, 1998; MACHADO, 2010).

O método racional se caracteriza pela simplicidade dos mecanismos numéricos de quantificação utilizados, onde todos os processos hidrológicos para transformação da precipitação em vazão são englobados em apenas um coeficiente, o coeficiente de escoamento superficial (C). Este método é amplamente utilizado, tendo se tornado uma regra no dimensionamento de pequenos sistemas de drenagem pluvial (GAROTTI & BARBASSA, 2010).

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo analisar os impactos do processo de supressão de áreas verdes, sob a análise da dinâmica hidrológica da vazão de pico no exutório da micro bacia do baixo curso do Arroio Pepino, município de Pelotas, RS.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na micro bacia do baixo curso do arroio Pepino, localizada na região urbana do município de Pelotas. O município situa-se na região sul do Estado do Rio Grande do Sul, no paralelo 31°46'19'' de latitude Sul e meridiano 52°20'33" de longitude Oeste, com uma área de 1.609 km², distante da capital do Estado em aproximadamente a 250 km (PELOTAS, 2013).

A cidade é caracterizada por ter sua área urbana implantada numa planície costeira, circundada por cinco bacias hidrográficas que deságuam no Canal São Gonçalo, ligação natural entre a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim. Os arroios Moreira, Santa Bárbara, Pepino e Pelotas constituem seus principais drenos naturais na zona urbana, todos afluentes do Canal São Gonçalo. A topografia, predominantemente é plana e encontra-se em altitude baixa, com variação de 9,5 m a 27 m em relação ao nível do mar. Devido às baixas altitudes Pelotas está, constantemente, sujeita a inundações (SOUSA, 2008).

Para avaliar o impacto da urbanização na área de estudo, buscou-se determinar a vazão máxima e o escoamento superficial adotando chuvas com tempo de retorno (Tr) de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, utilizando respectivamente o método racional e o modelo hidrológico Curva-Número (SOIL CONSERVATION SERVICE, 1971).

O método da Curva-Número é muito utilizado e difundido na conservação do solo e da água, sendo indicado para a estimativa do escoamento superficial direto gerado por eventos de precipitação pluvial individuais (BESKOW et al, 2009)

O método racional é um modelo empírico cujo objetivo é estimar a vazão máxima de escoamento de uma determinada área sujeita a uma intensidade máxima de precipitação, com um determinado tempo de concentração. O método considera os seguintes fatores: determinação da área da bacia de contribuição; intensidade de precipitação; e o coeficiente de escoamento superficial, sendo a vazão determinada pela Equação 1.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q= vazão de pico (m³/s);

C=coeficiente de escoamento superficial,

I= intensidade da precipitação (mm/h) e,

A= área total da bacia (km²).

Para identificar e mapear a área da bacia de contribuição das águas pluviais no local em estudo foi realizado um levantamento em campo, delimitando o divisor de água pela análise da topografia, sentido do escoamento superficial e o sistema de microdrenagem. Este levantamento contou com auxílio do Aerofotogramétrico da Zona Urbana de Pelotas realizado em 1995 e periodicamente atualizado, o que possibilitou um amplo registro da malha urbana, com informações topográficas, indicações dos cursos d'água, áreas verdes, edificações existentes, vazios urbanos, rede de infraestrutura, entre outros.

Após definir a área da bacia de contribuição, foi calculado com o auxílio do software Autocad 2008, o comprimento do seu curso principal, sua declividade e suas áreas permeáveis e impermeáveis.

O comprimento do curso principal foi determinado a partir do traçado de uma linha reta ao longo do cursos d'águas, compreendida entre a desembocadura até a cabeceira, optando pelo maior percurso. A declividade média foi obtida pela distância entre as curvas de nível dividida pelo comprimento do talvegue. A porcentagem das áreas permeáveis e impermeáveis foram determinadas a partir da classificação de cinco tipos de cobertura: vegetação; solo compactado; blockets; paralelepípedo; e cimento/asfalto.

Para a determinação da intensidade da precipitação (I) utilizou-se os parâmetros determinados por Goulart (1992) para o município de Pelotas, RS (Equação 2)

$$I = \frac{1253,0975 + 64,7169 \times \ln Tr}{(Tc + 5) \times Tr^{-0,018}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

I = Intensidade de ocorrência da precipitação (mm h⁻¹);

Tr = Período de retorno (anos) e,

Tc = Tempo de concentração (minutos).

Para o cálculo do tempo de concentração foi utilizada a equação desenvolvida por Schaake et al. (1967) (Equação 3). De acordo com Tucci(2005) ela é mais indicada no caso de bacias urbanas que inclui espaços com arruamentos pavimentados e com sarjetas ao longo de passeios e indicada para bacias urbanas com áreas menores de 70 hectares (SILVEIRA, 2005).

$$T_c = \frac{0,503 \times L_b^{0,24}}{imb^{0,16} \times \alpha^{0,26}}$$

(Equação 3)

Onde:

T_c = tempo de concentração (minutos);

L_b = comprimento do curso principal (km);

imb = declive médio da bacia hidrográfica (m/m) e,

α = porcentagem de áreas impermeáveis na bacia hidrográfica.

O tipo de solo da área em estudo foi determinado a partir do mapa de geomorfologia da zona urbana de Pelotas de acordo com a classificação do Sistema Brasileiro de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2006). Baseado nessas características determinou-se o grupo hidrológico do solo, possibilitando estimar a capacidade máxima de armazenamento na camada superficial do solo, obtida através do parâmetro da Curva Número (CN). Com a área classificada e quantificada, foi possível determinar o coeficiente de escoamento superficial (C) e então simular o efeito da supressão da vegetação do local na vazão de pico da micro bacia do Arroio Pepino.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos mapas de rede de drenagem, topografia e dos cursos d'água, determinou-se o divisor de águas da bacia de contribuição da área de estudo, totalizando uma área de drenagem de 875.517,24m² e 5.822,30m de perímetro, identificado por uma poligonal, como pode ser observado na Figura 1. O curso principal da área de estudo apresentou uma extensão de 1,75 km e 0,00513m/m de declividade média.

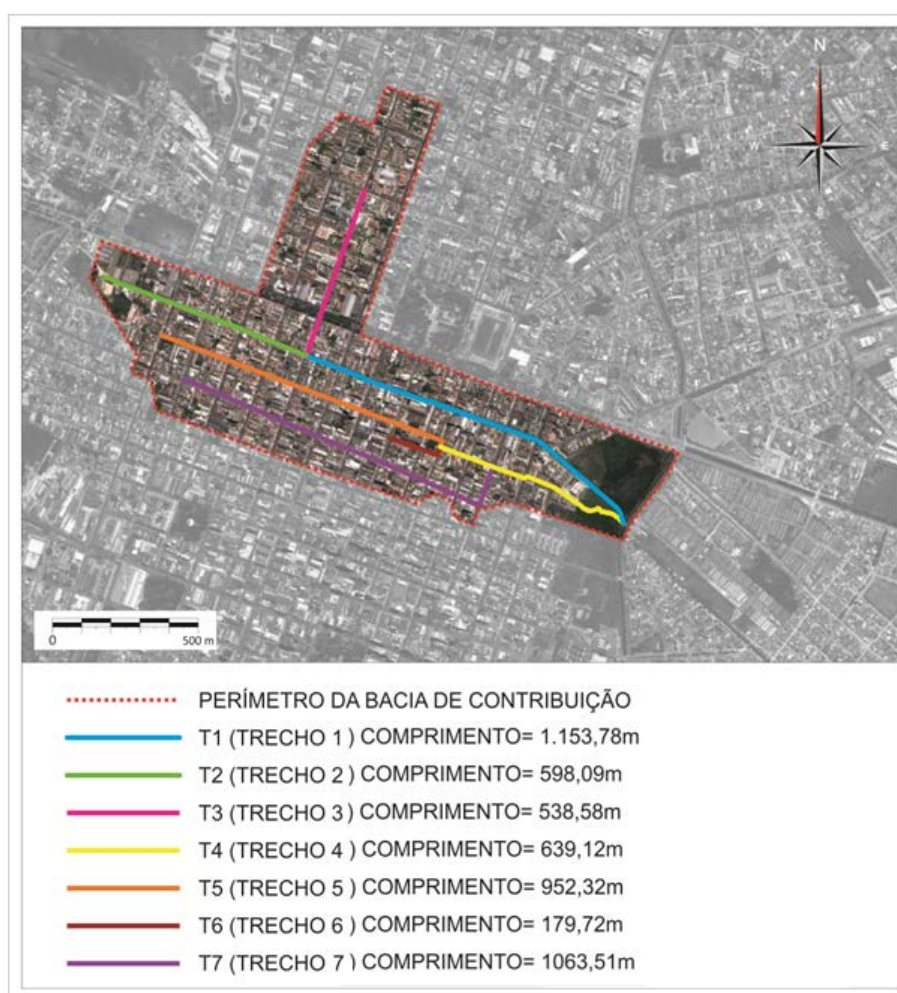


Figura 1 - Delimitação da Bacia de Contribuição e seus cursos d'água, Pelotas (2013).

Verificou-se que o processo de urbanização alterou a dinâmica natural da bacia do baixo curso do Arroio Pepino, provocando impactos que agravaram as inundações devido o aumento do escoamento superficial e também pela deterioração da qualidade da água, visto que algumas edificações realizam o lançamento de esgotos domésticos in natura contendo entre outras substâncias coliforme termo-tolerante, gorduras e detergentes na rede pluvial, ocasionando também a proliferação de vetores como insetos e roedores e doenças para a população. Canholi (2005) afirma que a contaminação nos corpos hídricos é proveniente de fontes poluidoras pontuais e difusas, mas depende da limpeza urbana, da intensidade da precipitação e do tipo de uso da área urbana.

Segundo Chaves et al. (2010) o mapeamento do uso e da ocupação do solo possibilita o estabelecimento de ações de integração entre planejamento territorial e gestão ambiental.

As impermeabilizações do solo, aliado ao sistema de drenagem existente na cidade, além de aumentarem a carga, aceleram o escoamento e transferem volumes cada vez maiores para jusante, que transborda sempre que o limite da infraestrutura é ultrapassado, atingindo moradias e expondo ao risco de inundações grande parte da população. Esses impactos tem se originado pela falta de visão ambiental dos profissionais nos projetos de drenagem urbana, por não considerar a bacia como um todo, agindo em trechos isolados (TUCCI, 2005).

A análise do mapeamento da cobertura superficial do solo indicou uma área amplamente impermeabilizada com 88,5% da área com cobertura de asfalto, concreto e paralelepípedos (Tabela 1). Considerando área verde como toda e qualquer área pública ou privada, incluindo vazios urbanos, a bacia de contribuição possui ao todo 11,5% de vegetação, sendo que 6,9% dessa área, representada por um espaço onde se almeja a criação de um parque urbano central e estaria vinculada ao planejamento da Área Especial de Interesse do Ambiente Cultural (AEIAC). Apesar de sua importância, essa proposta foi vetada na sessão nº 128/08 de 17 de julho de 2008, que aprovou o III Plano Diretor do município de Pelotas (PELOTAS, 2008).

Tabela 1 – Tipos de cobertura e uso do solo da bacia do baixo Arroio Pepino, Pelotas- RS, 2003.

Tipo de Cobertura e uso do solo	Área (m²)	Percentual (%)
Vegetação - Bacia de Contribuição	99581,18	11,5
Concreto/asfalto	719033,35	82,9
Paralelepípedo	41817,82	4,8
Blockets	3558,33	0,4
Solo compactado	3767,03	0,4
Total	867767,71	100

A cidade de Pelotas apresenta um déficit quanto ao índice de áreas verdes per capita em relação aos valores recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL INTEGRADO-PDMI, 2008). A supressão da cobertura vegetal impacta diretamente no ciclo hidrológico, provocando redução da capacidade de infiltração e acumulação natural no solo, além de tornar esse solo vulnerável a processos erosivos que favorecem o empobrecimento.

Com a supressão da vegetação e consequentemente a impermeabilização da área em estudo, o índice de impermeabilização da micro bacia passou de 88,52% para 95,45%, o que resulta em uma redução do tempo de concentração e alteração do coeficiente de escoamento superficial, refletindo diretamente na vazão de pico, como mencionado por Tucci (2005).

Com a modificação da cobertura do solo, houve um aumento da vazão máxima da bacia nas situações simuladas de precipitação para um tempo de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos em média de 9% como pode ser observado na Tabela 2. A urbanização reduz a cobertura vegetal e, consequentemente, modifica o ciclo hidrológico, pelas mudanças das quantidades de água inseridas nos processos integrados ao ciclo (CASTRO, 2011).

Tabela 2 – Vazão máxima simulada para precipitações com 5, 10, 25, 50 e 100 anos nas condições de sem e com supressão de vegetação da bacia do baixo arroio Pepino, Pelotas-RS, 2013.

Tempo retorno (anos)	Vazão Máxima (m³/s)	
	Sem Supressão da Vegetação	Com Supressão da Vegetação
5	6,08	6,66
10	6,59	7,20
25	7,31	7,97
50	7,54	8,22
100	7,78	8,46

Uma forma de minimizar esses impactos seria manter as condições da bacia mais próximas às naturais, através do retardamento da onda de cheia que aumentaria o tempo de concentração da bacia, reduzindo os picos de vazão (CANHOLI, 2005).

Menezes et al. (2014), observaram que as mudanças do uso e ocupação do solo em uma micro bacia urbana no município de Lavras, MG, de 2003 e 2013 não contribuíram para modificar a vazão de pico no exutório da bacia hidrográfica estudada. Segundo os autores esse resultado está relacionado com o aumento da área urbana e aumento de mata secundar, o que não descarta a necessidade de preservação das áreas de mata remanescentes da bacia hidrográfica.

A visão integrada da paisagem com a bacia hidrográfica é de extrema importância devido à influência no equilíbrio do sistema, pois a cobertura vegetal executa importante papel no sistema hidrológico por causa da sua capacidade de armazenar parte deste volume aumentando a evapotranspiração, resultando na redução do escoamento superficial que retarda os picos de enchentes e controla a erosão da bacia hidrográfica (TUCCI, 2005).

CONCLUSÃO

Conforme os resultados obtidos, foi possível identificar os impactos no baixo curso do Arroio Pepino que agravam as inundações, como a elevação das vazões e a deterioração da qualidade da água e que esses impactos ocorrem devido ao processo de urbanização alterar a dinâmica natural da bacia hidrológica, principalmente pelo fato do sistema de drenagem urbana ser fundamentado no rápido escoamento e priorizar ações localizadas.

O mapeamento da cobertura superficial do solo mostrou que área da bacia de contribuição é carente de área verde, apresentando elevado índice de impermeabilização e também a relevância da manutenção de áreas verdes urbanas visando a amortização da vazão de pico durante eventos de precipitação e na aplicabilidade da drenagem sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BESKOW, S.; MELLO, C. R.; COELHO, G.; SILVA, A. M.; VIOLA, M. R. Estimativa do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída. Revista Brasileira da Ciência do Solo, v.33, p.169-178, 2009.
2. CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e o controle de enchente. São Paulo: Oficina de texto. 2005. 302p.
3. CASTRO, A.S. Uso de pavimentos permeáveis e coberturas verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano. 2011. Porto Alegre. 142p. Tese Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011.
4. CHAVES, A. A. A.; LACERDA, M. P. C.; KATO, E.; GOEDERT, W. J.; RAMOS, M. L. G. Uso das terras da parte norte da bacia do rio Descoberto, Distrito Federal, Brasil. Bragantia, v.69, p.711-718, 2010.
5. EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI. 2006. 306p.

6. ESSINGER, C. V. Entre a fábrica e a rua: a companhia fiação e tecidos pelotense e a criação de um espaço operário, bairro da várzea, Pelotas RS (1953-1974). 2009. Pelotas. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. 2009.
7. GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v.15 n.1, p. 19-28, jan/mar, 2010.
8. GOULART, J.P.; MAESTRINI, A. P.; NEBEL, A. L. Relação intensidade-duração-frequência de chuvas em Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v. 7, n.1, p.543-552, 1992.
9. MACHADO, P. J. Diagnóstico físico-ambiental da bacia hidrográfica do córrego São Pedro: um exercício acadêmico de gestão dos recursos hídricos. *Geographica*. 2010. 124p.
10. MENEZES, J. P. C.; FRANCO, C. S.; OLIVEIRA, L. F. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; FIA, R. Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma micro bacia urbana. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15, n. 4, 2014.
11. OLIVEIRA, L. M. Acidentes geológicos urbanos. Curitiba: MINEROPAR - Serviço Geológico do Paraná. 2010. 78p.
12. PELOTAS, LEI Nº 5.502, de 11 de setembro de 2008. Institui o Plano Diretor Municipal e estabelece as diretrizes e proposições de ordenamento e desenvolvimento territorial no Município de Pelotas, e dá outras providências Disponível em < http://www.pelotas.com.br/politica_urbana_ambiental/planejamento_urbano/III_plano_diretor/> Acesso em: 23 mar. 2014.
13. PELOTAS, P. d. (s.d.). Prefeitura Municipal de Pelotas. Disponível em: <<http://www.pelotas.rs.gov.br>> Acesso em out. 2013.
14. POMPEO, C. A. Drenagem urbana sustentável. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.
15. PORTO, R. L. Escoamento superficial direto. *Drenagem Urbana*. ABRH. São Paulo. 1995. 107-165p.
16. SCHAAKE, J. C., GEYER, J. C., KNAPP, J. W. Experimental examination of the rational method, *Journal of Hydraulics Division*, ASCE, v. 93, n. 6, p. 353-370, nov. 1967.
17. SILVEIRA, A. L. L. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais RBRH – *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.10, n.1, p. 5-23, jan/mar, 2005.
18. SOIL CONSERVATION SERVICE. Hydrology; National Engineering Handbook. Washington, Soil Conservation Service/USDA, Supplement A, Section 4. 1971.
19. SOUSA, C.A.T. Análise Crítica do Sistema de Macrodrenagem do Santa Bárbara – Pelotas/RS. 2008. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização programa de Pós-Graduação Curso Gestores Regionais de Recursos Hídricos) - Faculdade de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.
20. TUCCI, C. E. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Ministério das Cidades. 2005.
21. TUCCI, C. E.; COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e Controle de Erosão. São Paulo: VI Simpósio nacional de controle da erosão. 29 mar. 1998.
22. TUCCI, C. E.; SILVEIRA, A. Gerenciamento da drenagem urbana. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. abr. de 2001.