



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

DIMENSIONAMENTO DE MICRORRESERVATÓRIOS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DA CIDADE DE PELOTAS-RS

Patricia Damasceno Ribeiro- patiidamasceno@gmail.com - Universidade Federal de Pelotas

Iulli Pitone Cardoso- iulli.pitone@gmail.com - Universidade Federal de Pelotas

Andréa Souza Castro- andreascastro@gmail.com - Universidade Federal de Pelotas

Tirzah Moreira Siqueira- tirzahmelo@hotmail.com - Universidade Federal de Pelotas

João Francisco Carlexo Horn- jfchorn@gmail.com – Universidade Federal de Santa Maria

Resumo: *O processo acelerado de urbanização no Brasil trouxe como consequência o aumento da impermeabilização do solo causando grandes impactos socioambientais. Dentre esses impactos estão os problemas relacionados a inundações urbanas, que se tornam ainda mais frequentes devido à gestão da drenagem urbana ainda ser baseada em técnicas com princípio higienista. Em virtude disso, surgiu a visão ambientalista que tem por objetivo tratar o escoamento superficial diretamente na fonte. Com isto, o presente estudo foi realizado na Cidade de Pelotas no Estado do Rio Grande do Sul, município que sofre frequentemente com inundações e alagamentos. Com o propósito de auxiliar o excesso de vazão causado pela urbanização foi feito um estudo em uma pequena bacia hidrográfica urbana da cidade, para avaliar a aplicabilidade de microrreservatórios em lotes urbanos para amortecimento de cheias de vazão. Para o dimensionamento dessas estruturas foi utilizado o modelo hidrológico denominado Método Racional com diferentes tempos de retorno para calcular as vazões de pico e assim calcular o volume a ser armazenado nos microrreservatórios. Os resultados obtidos mostraram que o critério de projeto considerando um tempo de retorno de cinco anos apresentam bons resultados, onde os microrreservatórios armazenariam 6,9 m³/lote. O uso dessa técnica ambientalista apontou soluções que auxiliariam na diminuição da vazão de pico gerada na bacia estudada e, também, uma boa alternativa para aliviar os sistemas de macrodrenagem presentes na região que frequentemente transbordam quando ocorrem chuvas intensas.*

Palavras-chave: urbanização; inundações; escoamento superficial; microrreservatórios; pequenas bacias hidrográficas.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

DIMENSIONAMENTO DE MICRORRESERVATÓRIOS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DA CIDADE DE PELOTAS-RS

Abstract: The accelerated process of urbanization in Brazil resulted in increased soil sealing causing major socio-environmental impacts. Among these impacts are the problems related to urban floods, which become even more frequent because urban drainage management is still based on techniques with a hygienist principle. As a result of this, the environmentalist vision has emerged that aims to treat surface runoff directly at the source. With this, the present study was carried out in the City of Pelotas in the State of Rio Grande do Sul, a municipality that frequently suffers from flooding and flooding. With the purpose of assisting the excess flow caused by urbanization, a study was carried out in a small urban water catchment area of the city, to evaluate the applicability of micro-reservoirs in urban lots to cushion flow floods. For the design of these structures, the hydrological model called the Rational Method with different return times was used to calculate the peak flows and thus to calculate the volume to be stored in the micro-reservoirs. The results obtained showed that the project criterion considering a five-year return time has good results, where the micro-stores would store 6,9 m³/lote. The use of this technique showed solutions that would help to reduce the peak flow generated in the studied basin and also a good alternative to alleviate macrodrainage systems present in the region that often overflow when there are heavy rains.

Keywords: urbanization; floods; superficial flow; micro reservoir; small watersheds.

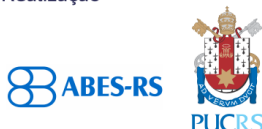
1. INTRODUÇÃO

A água é de extrema importância para a subsistência dos seres vivos que habitam a terra e por isso é essencial cada país possuir uma boa e adequada gestão de recursos hídricos para garantir água de boa qualidade para as gerações atuais e futuras. Com esse objetivo, no Brasil, foi aprovada a lei 9.433 de oito de janeiro de 1997, a qual instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos- PNRH. Essa legislação se apresenta de forma a suprir os conflitos gerados pelos diversos usos da água, em função do crescimento urbano, agrícola e industrial.

O crescimento urbano é um dos fatores que mais interfere nas características qualitativas dos recursos hídricos, principalmente pela grande demanda hídrica e pela consequente degradação da qualidade dos rios, devido aos usos múltiplos da água e das diversas atividades que o desenvolvimento urbano e econômico propicia para o país. Contudo, a urbanização trouxe outro agravante: o aumento do escoamento superficial. Lugares que antes eram ocupados por vegetação, agora são ocupados por ruas, calçadas e lotes que impermeabilizam o ambiente e diminuem o tempo de concentração da bacia, aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, gerando maiores picos de vazão.

O ciclo hidrológico natural ocorre quando a água precipita sobre a superfície, onde parte dela é interceptada pela vegetação, infiltra no solo ou evapora de volta para a atmosfera. A água que infiltra no solo serve para abastecer os aquíferos e o excesso de água na superfície escoar num caminho natural em direção aos rios, riachos e para o oceano (TUCCI, 2007). Com o processo de urbanização esse ciclo hidrológico natural sofre grandes alterações, principalmente, devido à impermeabilização do solo que dificulta a infiltração da água no mesmo, aumentando o escoamento superficial direto da bacia

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

hidrográfica. Um dos principais causadores desta impermeabilização do solo é a pavimentação das ruas. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE indicam que no Brasil o crescimento de ruas pavimentadas em áreas urbanas entre os anos de 2000 e 2008, saltou de 78,3% para 94,4% havendo um aumento de 20,6% nesse período (IBGE, 2008).

O acréscimo do escoamento superficial pode aumentar a ocorrência de inundações urbanas, prejudicar o tráfego das cidades, ocorrer perdas econômicas, poluição e problemas de saúde devido às doenças de veiculação hídrica que representam ameaças aos residentes locais e ao desenvolvimento urbano. Por isso é de extrema importância estudar o desempenho hidrológico de áreas impermeáveis para auxiliar na gestão de drenagem urbana das cidades (YAO et. al, 2016).

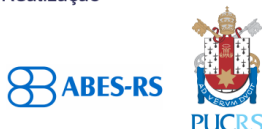
Os sistemas de drenagem urbana sempre se basearam em dois tipos de conceitos: o conceito higienista e o conceito ambientalista. Segundo Silva (2016), o conceito higienista segue o princípio de que toda a água proveniente da chuva deve ser transportada o mais rápido possível pela rede de esgoto evitando insalubridades e desconfortos nas residências e ruas. O conceito ambientalista surgiu para corporificar o cuidado ao meio ambiente, principalmente o cuidado com os recursos hídricos. Este conceito apresenta como fundamento principal não transferir os efeitos da urbanização para jusante e sim tratar o controle do escoamento superficial na fonte, trazendo diversas medidas de controle de picos de vazão. No Brasil ainda se segue o conceito higienista, mas algumas cidades como Belo Horizonte, Porto Alegre, Rio de Janeiro e Curitiba estão promovendo ações que conduzem nos planos diretores de drenagem urbana (PDDU) os conceitos ambientais, se conscientizando de que a drenagem urbana deve se integrar no planejamento ambiental das cidades (SILVEIRA, 2002).

As bocas-de-lobo, sarjetas, calhas coletoras de telhados, condutos e galerias pluviais enterradas, entre outros sistemas de drenagem tradicionais têm como princípio de funcionamento transferir a água para jusante o mais rápido possível e em virtude disso alteram o ambiente natural dos rios e córregos urbanos (TOMINAGA, 2013). Desta forma, as medidas de controle na fonte visam promover a redução e a retenção do escoamento pluvial de modo a dispensar os sistemas tradicionais de drenagem urbana, ou de integra-los de forma harmoniosa (SILVEIRA, 2002). As medidas de controle na fonte mais conhecidas são os telhados verdes, pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração, reservatórios de detenção e retenção e os microreservatórios nos lotes.

Os microrreservatórios (MRs) são dispositivos que armazenam a água precipitada, a fim de retardar o tempo de concentração da bacia. São estruturas simples, em forma de caixa similar às de abastecimento, que podem ser de concreto, alvenaria ou outro material (AGRA, 2001). Os MRs podem ser incluídos junto às instalações de águas pluviais no lote, tendo como princípio de funcionamento receber o escoamento produzido no lote e direcioná-lo para a rede pública de drenagem, promovendo um armazenamento temporário e uma descarga de vazão efluente em níveis inferiores através de um dispositivo de saída (SILVA, 2016). Os MRs também possuem um dispositivo de emergência, caso ocorra uma precipitação com período de retorno maior do que o projetado, que extravasa o volume de água para a superfície do lote, para o sistema de drenagem ou diretamente na rede pluvial.

A cidade de Pelotas, município localizado ao sul do Estado do Rio Grande do Sul, que teve sua expansão urbana relativamente rápida e apresenta como principal característica a sua topografia predominantemente plana e sua baixa altitude. Esses aspectos junto com problemas clássicos de drenagem urbana, de cidades que expandiram sem um planejamento prévio, e com a influência da distribuição de chuva durante o ano justificam os frequentes problemas que o município enfrenta com alagamentos e inundações, os quais prejudicam intensamente a população que reside no local. O presente estudo engloba uma bacia hidrográfica urbana que abrange dois sistemas de macrodrenagem de grande importância para a cidade de Pelotas, são eles: o Canal do Pepino e o Canaleta da Rua General Argolo. Quando ocorrem precipitações muito intensas esses canais não conseguem transportar o volume de água com a eficiência nas quais foram projetados, devido ao aumento das áreas impermeabilizadas na região. Por isso, é de extrema importância investir em técnicas que auxiliem na redução do

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

escoamento superficial, como o caso do uso de microrreservatórios nos lotes, para aliviar os sistemas de macrodrenagem inseridos nessas bacias.

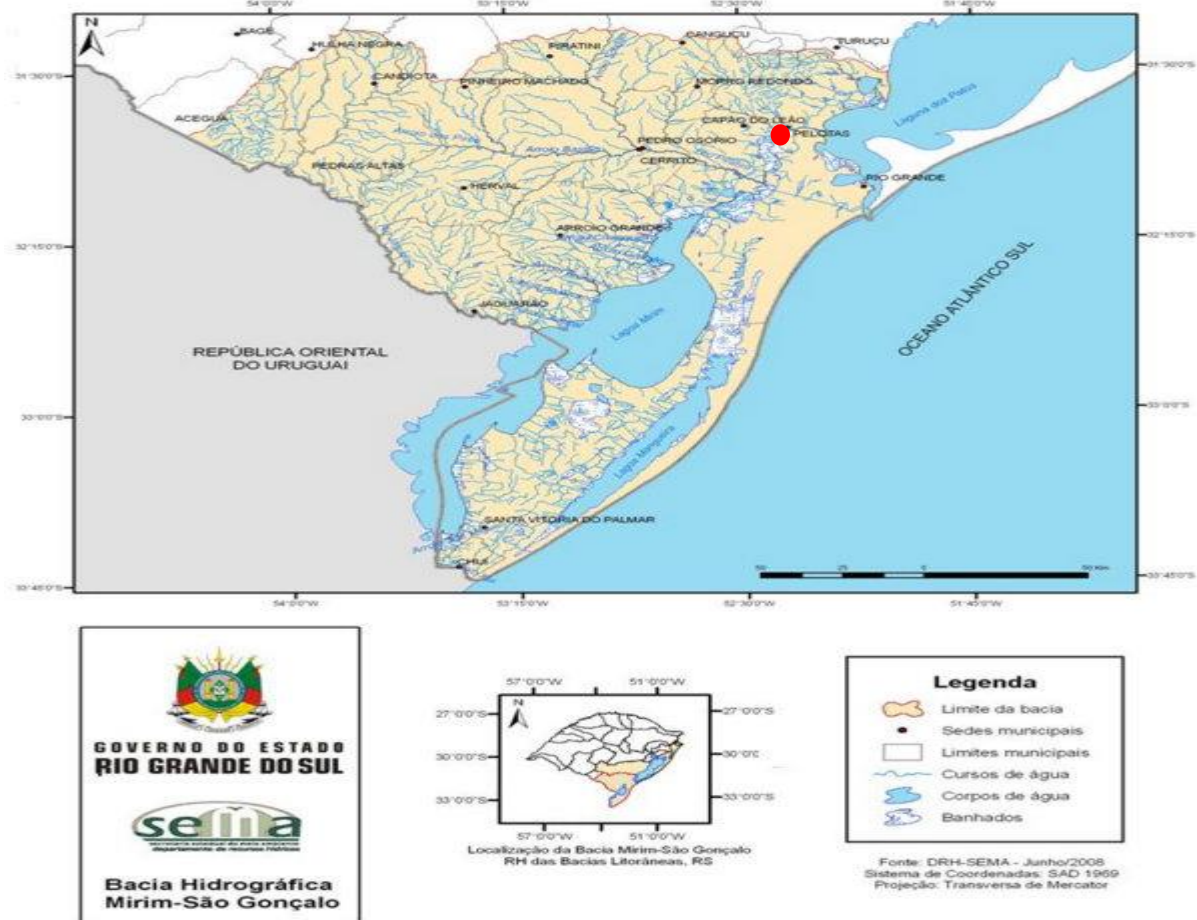
O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicabilidade de microrreservatórios em lotes urbanos para amortecimento de cheias de vazão em uma bacia hidrográfica urbana da região central do município de Pelotas – RS e determinar o volume necessário para o amortecimento das vazões de pico geradas pela urbanização existentes nestas duas bacias.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

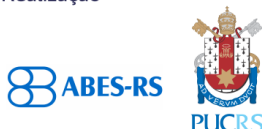
Compreendida na Região Hidrográfica do Litoral, de acordo com a divisão do Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (SERH-RS), a área em estudo situa-se no sudeste do Estado do Rio Grande do Sul na bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1- Localização da bacia hidrográfica Mirim- São Gonçalo.



Fonte: SEMA, 2010.

Realização



Correalização



Informações:

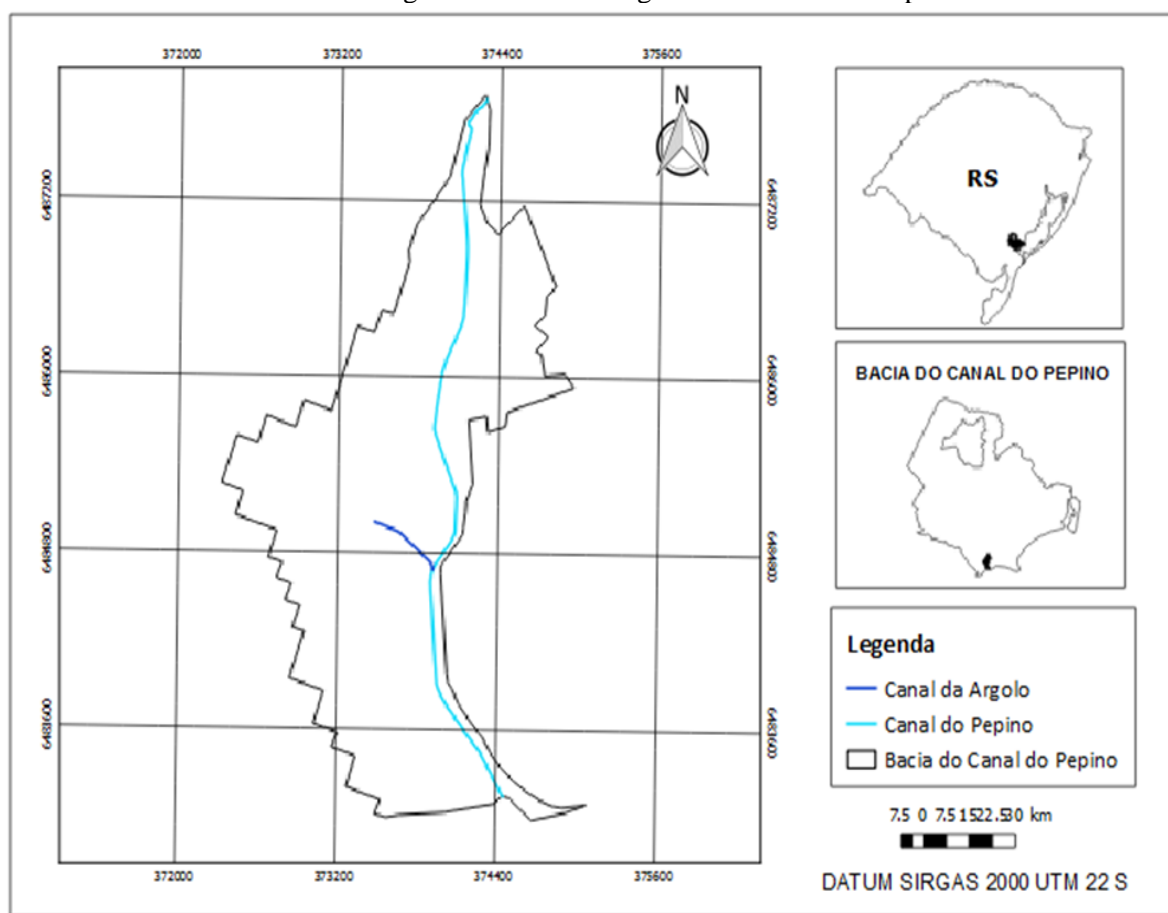
qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

Para a realização deste estudo foi escolhida uma pequena bacia hidrográfica urbana localizada na região central do município de Pelotas. A bacia foi delimitada pelo software Arcgis com o auxílio de dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Pelotas. Ao longo deste trabalho a bacia será denominada de Bacia do Canal do Pepino.

2.1.1. Bacia do Canal do Pepino

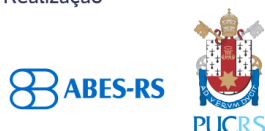
A Bacia do Canal do Pepino está situada, em parte, nos Bairros Areal, Centro e Porto do município de Pelotas, onde se encontram o centro histórico da cidade, áreas comerciais e diversas residências, correspondendo a uma área totalmente urbanizada. Esta área abrange dois canais pluviais extremamente importantes para o município, os quais são denominados de Canaleta da Rua General Argolo e o Canal do Arroio Pepino (Figura 2).

Figura 2- Bacia Hidrográfica do Canal do Pepino.



Antes da construção do Canaleta da Rua General Argolo, que teve início no ano de 1928, havia a presença de um córrego intermitente que com precipitações intensas ocasionava frequentes inundações. Para tentar amenizar tantas enchentes foi projetado o canal com 1,60 metros de profundidade por 2,10 metros de largura que, atualmente, tem início a partir da esquina da Rua Andrade Neves com a Rua General Argolo vindo a desaguar no Canal do Arroio Pepino (SANEP, 2015).

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

O Canal do Arroio Pepino é um dos principais drenos naturais do município de Pelotas que deságua diretamente no Canal São Gonçalo. Conforme Cardoso (2012), no ano de 1915 começaram as primeiras obras de retificação e canalização do Arroio Pepino em partes isoladas. Já em 1949 iniciou a canalização ao longo de todo Arroio, a fim de controlar as frequentes enchentes do local. Após o término das obras o Canal do Pepino passou a ter a função de somente transportar águas pluviais para um canal fluvial, mas a presença de ligações clandestinas faz com que o canal transporte, também, os efluentes domésticos e resíduos sólidos que a população despeja dentro do canal. Próximo ao seu exutório junto ao canal São Gonçalo foi construído um dique com casa de bombas, a fim de separar o Arroio Pepino do Canal São Gonçalo quando um deles estivesse acima do nível do outro. Portanto, quando as chuvas ocorrem as bombas são acionadas para bombear a água do canal pluvial para o canal fluvial, mas o resíduo sólido urbano, lançado nos canais de drenagem, acaba interferindo no sistema de bombeamento, gerando alagamentos nesta região. Dessa forma, o que mais impede esta parte do Canal do Pepino de funcionar com eficiência é o aumento da urbanização que gera um maior escoamento superficial e o acúmulo de resíduo sólido que a população despeja ao longo do canal.

A bacia do Canal do Pepino apresenta uma área de 5,47 km², dado obtido com a utilização do software Arcgis, e dispõe de 10.016 lotes e 25.620 unidades habitacionais, dados esses disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Pelotas. Esses dados mostram a alta densidade urbana presente na área, o que influencia expressivamente no volume do escoamento superficial gerado em eventos de precipitação. Em virtude disso, é importante a utilização de medidas mitigadoras que diminuam esta geração de escoamento superficial, aliviando os sistemas de macrodrenagem existentes nessa região.

2.2. Determinação da vazão de referência

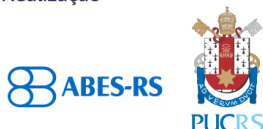
A vazão excedente é resultante de apenas uma fonte: as águas pluviais. Desta maneira, para o cálculo do volume de água a ser detido nos MRs é necessário a utilização de um modelo hidrológico de chuvas, que leve em consideração a intensidade das chuvas, o escoamento superficial e a área de contribuição. Foi utilizada uma equação empírica que transforma a chuva em vazão. Esta equação é conhecida como Método Racional, sendo a mais simples e a mais utilizada em pequenas áreas de drenagem, como é o caso da Bacia do Canal do Pepino. Segundo Mello e Silva (2013), o objetivo do método racional é caracterizar a precipitação efetiva aplicando um redutor na precipitação intensa e consequentemente achar um percentual do total precipitado que gerou escoamento superficial. A equação do método racional usada foi a seguinte:

$$Q = 0,278 * C * I * A \quad (1)$$

Onde Q é a vazão (m³ s⁻¹), I é a intensidade da precipitação (mm h⁻¹), A é a área da bacia (km²) e C é o fator de redução (adimensional), conhecido como coeficiente de escoamento superficial ou fator C.

O coeficiente de escoamento superficial é um fator de redução totalmente influenciado pela cobertura vegetal, pela declividade da bacia e pelo tempo de retorno da precipitação, existindo tabelas com valores propostos para esse fator. Para auxiliar a chegar no coeficiente de escoamento superficial atual da bacia, foi feito um mapa de uso e ocupação do solo com o auxílio do software Arcgis usando dados disponíveis da Prefeitura Municipal de Pelotas (Figura 3). Os valores do coeficiente são adimensionais e variam de 0,00 até 1,00, ressaltando que quanto mais próximo de 1,00, maior será o escoamento superficial gerado na bacia.

Realização



Correalização



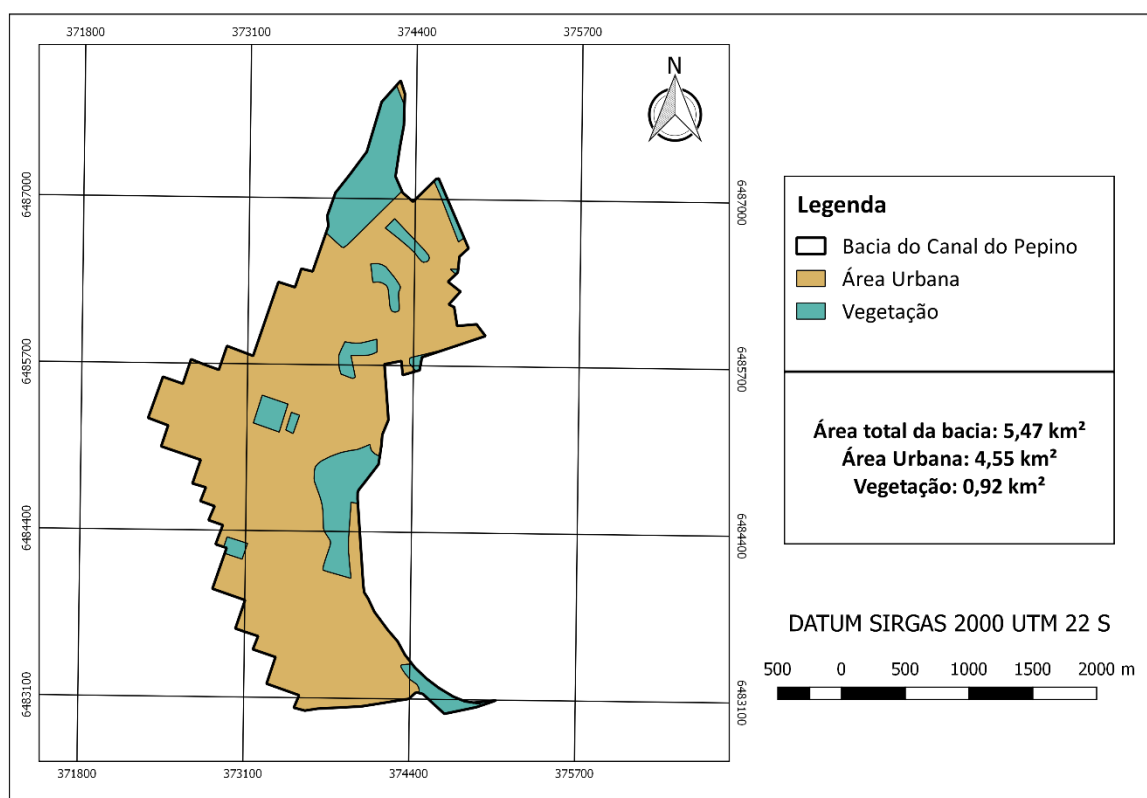
Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

Na Figura 3, podemos observar que 83,2% da bacia é urbanizada e somente 16,8% possui vegetação, gerando um grande aumento do escoamento superficial, principalmente, em dias de precipitação intensa.

Para estabelecer as vazões de referência utilizadas nos cálculos do dimensionamento dos MRs foram utilizados dois cenários: um considerando a bacia com as características pré-urbanizadas (toda a bacia com vegetação presente) e outro cenário considerando a bacia com suas características de cobertura atuais (Figura 3).

Figura 3- Mapa de uso e ocupação do solo.



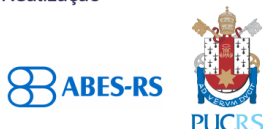
2.3. Determinação das chuvas de projeto

Para determinação das chuvas de projeto foi utilizada a equação da intensidade média máxima de precipitação, na qual está associada a duração e a frequência da chuva. Goulart et. al (1992), através de dados empíricos e regressão matemática, obteve para o município de Pelotas a seguinte equação relacionando a intensidade, duração e a frequência das chuvas da região.

$$I = \frac{1253,0975 + 64,7169 \cdot \ln (TR)}{(t+5)^{0,8277} \cdot TR^{-0,018}} \quad (2)$$

Onde I é a intensidade média máxima de precipitação (mm h^{-1}); TR é o tempo de retorno (anos) e t é o tempo de duração da chuva (min).

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

2.3.1. Tempo de retorno (TR)

Conforme Tucci (2009), o TR é escolhido com base na segurança da obra e nos custos relacionados com a mesma. Ao decidir-se que uma determinada obra será projetada para uma vazão com um TR de X anos, conseqüentemente decide-se o grau de segurança que a população estará sujeita. Pela dificuldade de estabelecer o TR de forma objetiva, sua escolha acaba sendo seguida por valores aceitos pelo meio técnico. Muitas entidades realizam estudos e estabelecem padrões de TR para diversos tipos de obras como critério de projeto. No presente estudo, foi utilizado dados de TR da DAEE/CETESB (1980).

2.3.2. Tempo de concentração

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de controle. Em outras palavras, é o tempo que leva para a gota de água que cai no ponto mais distante da bacia hidrográfica chegar à seção de controle, ou seja, na sua foz. Para a utilização do método racional, o tempo de duração da chuva de projeto utilizado no cálculo da Equação (2) deve ser considerado igual ao tempo de concentração da bacia.

Existem muitas equações que podem estimar o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica associando o seu comportamento com suas variáveis topográficas. Neste trabalho foi utilizado a equação de Ven Te Chow. Segundo Mello e Silva (2013), a equação de Ven Te Chow é recomendada para bacias com áreas menores que 25 km², o que engloba a Bacia do Canal do Pepino.

$$t_c = 52,64 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{S_R}} \right)^{0,64} \quad (3)$$

Onde L é o comprimento do talvegue principal (km), S_R é a declividade média do talvegue (m km⁻¹) e t_c é o tempo de concentração (min).

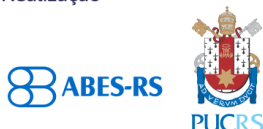
O comprimento do talvegue principal e a declividade média do talvegue foram encontrados através de dados obtidos pelo software ArcGis.

2.4. Dimensionamento dos microrreservatórios

O volume de detenção necessário para ser reservado nos MRs, foi calculado a partir da seguinte situação: a vazão de pico considerando a área da bacia com suas características de cobertura atuais subtraída pela vazão de pico considerando o ambiente original da bacia, ou seja, pré-urbanizado.

Podemos observar a vazão excedente no gráfico da Figura 4, onde ilustra o volume de detenção necessário para assegurar que as condições hidrológicas funcionem, de forma, cada vez mais próximas das originais.

Realização



Correalização

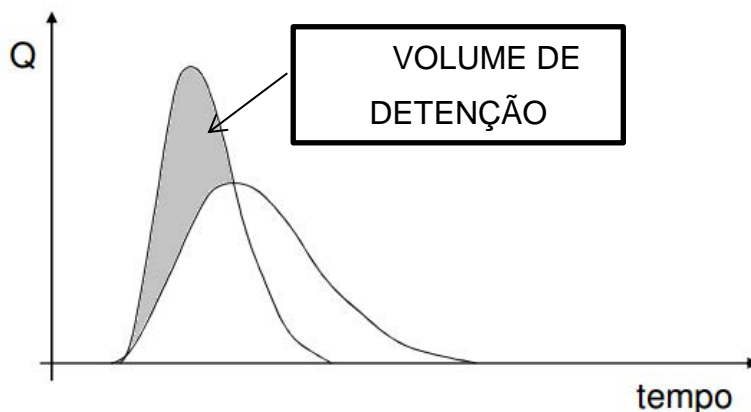


Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



Figura 4 - Ilustração da diferença entre os hidrogramas das áreas com diferentes situações de cobertura da superfície e o volume de detenção.



O volume de detenção, representado pela diferença gráfica dos hidrogramas da bacia com diferentes características de superfície, é calculado pela Equação (4).

$$V_{det.} = (Q_{urb. atual} - Q_{pré urb.}) \cdot t_c \cdot 60 \quad (4)$$

Onde $Q_{urb. atual}$ é a vazão de pico com a cobertura de solo atual (m^3/s), $Q_{pré urb.}$ é a vazão de pico pré-urbanizada (m^3/s), t_c é o tempo de concentração da bacia (min) e V_{det} é o volume de detenção.

Para calcular o tamanho de cada reservatório foi dividido o volume de detenção pelo número de lotes da bacia hidrográfica em estudo, como mostra a Equação (5).

$$V_{lote} = V_{det} \div N^o_{lotes} \quad (5)$$

Onde V_{det} é o volume de detenção (m^3), N^o_{lotes} é a quantidade de lotes em cada bacia hidrográfica e V_{lote} é o volume de detenção por lote (m^3).

A Equação (5) foi feita considerando que todos os lotes possuem o mesmo valor de área, pois esses dados não foram disponibilizados pelo órgão público.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Tempo de concentração da Bacia do Canal do Pepino

Através dos dados do software Arcgis, foi encontrado o valor do comprimento do talvegue principal de 5,79 km, com uma declividade média de $0,66 m km^{-1}$. Através desses dados foi calculado o tempo de concentração pela fórmula de Ven Te Chow e se obteve um valor de 185,12 minutos.

3.1.2. Tempo de retorno escolhido

Foram escolhidos tempos de retorno segundo critérios de projeto convencionais utilizados em dimensionamento de sistemas de microdrenagem (Tucci, 2007). Dessa maneira, os MRs foram dimensionados para três tempos de retorno: 2, 5 e 10 anos. Com esses dados definidos, foi possível determinar as intensidades médias máximas de precipitação para cada tempo de retorno.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



3.1.3. Intensidades Médias Máximas de Precipitação

Usando a Equação (2), foi possível calcular as chuvas de projeto para a Bacia do Canal do Pepino em diferentes tempos de retorno (Tabela 1).

Tabela 1- Intensidade média máxima de precipitação da Bacia do Canal do Pepino.

Tempo de Retorno (anos)	Intensidade Média Máxima de Precipitação (mm/h)
2	17,79
5	19,96
10	21,73

Observa-se que quanto maior o TR maior a chuva de projeto, pois conforme o TR aumenta, a probabilidade dessa chuva ser igualada ou superada diminui e com isso o valor da sua intensidade aumenta.

3.2. Vazão de referência

Considerando a área da bacia com baixa declividade, foram escolhidos os coeficientes de escoamento superficial para cada situação em estudo. A Tabela 2 mostra o coeficiente C para a área com características pré-urbanizada e para a área urbanizada atualmente.

Tabela 2- Coeficiente de escoamento superficial para diferentes características de superfície da área para a Bacia do Canal do Pepino.

TR	Coeficiente de Escoamento Superficial	
	Área pré-urbanizada	Área urbanizada atual
2	0,25	0,65
5	0,28	0,69
10	0,30	0,72

A Tabela 3, apresenta os valores encontrados para as vazões de referência na Bacia do Canal do Pepino com diferentes características de superfície.

Tabela 3- Vazões de referência da Bacia do Canal do Pepino.

Áreas	TR	C	I (mm/h)	A (km ²)	Q (m ³ /s)
Pré-urbanizada	2	0,25	17,79	5,47	6,77
	5	0,28	19,96	5,47	8,50
	10	0,30	21,73	5,47	9,91
Urbanizada atual	2	0,65	17,79	5,47	17,57
	5	0,69	19,96	5,47	20,87
	10	0,72	21,73	5,47	23,93

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

Analisando os valores das vazões de referências da bacia hidrográfica, nota-se que quanto mais urbanizado o ambiente maior as vazões de pico, isso se justifica pelo alto índice de impermeabilização do solo que o ambiente urbano apresenta.

3.3 Dimensionamento dos MRs

Os resultados do volume necessário para ser armazenado nos MRs são apresentados na Tabela 4 para a Bacia do Canal do Pepino, onde mostra os valores para as diferentes situações estudadas.

Tabela 4- Volume necessário para armazenamento por lote na Bacia do Canal do Pepino.

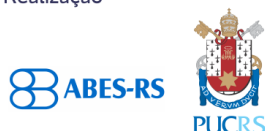
Área Urbanizada Atual - Área pré-urbanizada				
TR	Excesso de vazão (m ³ /s)	Volume total (m ³)	Nº de lotes	Volume por lote (m ³ /lote)
2	10,81	120032,5	10.016	12,0
5	12,37	137445,3		13,7
10	14,02	155720,9		15,5

Analisando os resultados encontrados, observa-se que os volumes variaram de 12,0 m³/lote a 15,5 m³/lote. O volume de armazenamento dos MRs pode ser considerado 50% dos valores encontrados, pois o que se busca é evitar o extravasamento dos canais de drenagem presentes da região e torná-los eficientes na sua maior parte do tempo. Portanto, para um TR de 2, 5 e 10 anos, o volume por lote a ser armazenado, respectivamente, seria de 6 m³/lote, 6,9 m³/lote e 7,8 m³/lote.

O uso de MRs na bacia hidrográfica diminuiria consideravelmente as vazões de pico e, conseqüentemente, os alagamentos que ocorrem frequentemente no local e que ocasionam um grande transtorno à população. Auxiliaria, também, na eficiência dos sistemas de macrodrenagem presentes na região que não conseguem suportar o aumento da vazão de pico em caso de chuvas intensas. Conforme DIAS et. al. (2015), a falta de manutenção do Canal do Pepino e o grande descarte de resíduos sólidos e despejo de efluentes domésticos acaba acumulando sedimento ao longo do canal contribuindo para a diminuição da sua eficiência. Portanto, o uso da técnica compensatória de MRs contribuiria expressivamente para evitar que o canal tivesse sua capacidade ultrapassada, transbordando em dias de precipitações excessivas.

Além disso, a utilização desta técnica pode aumentar a vida útil dos canais de macrodrenagem presentes na Bacia do Canal do Pepino, pois é comum as precipitações que ocorrem na região superarem o TR no qual o sistema de macrodrenagem foi projetado. Portanto a utilização desta técnica compensatória pode ser considerada uma forma de diminuir expressivamente os efeitos da urbanização na geração de picos de vazão. Além disto, esta técnica pode ser considerada de baixo custo comparada com as estruturas de macrodrenagem, onde a sua implantação pode ser inserida aos poucos ao longo dos anos e ser realizada com incentivo fiscal junto a Prefeitura Municipal, sendo uma técnica que diminuiria a necessidade de grandes obras de drenagem que gerariam custos maiores ao município.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
**meio ambiente,
política & economia**

4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Avaliando os resultados obtidos é notável que a aplicação de MRs em lotes urbanos auxiliaria na diminuição do escoamento superficial na bacia hidrográfica estudada, pois essas estruturas armazenariam o excesso de volume resultante do aumento da urbanização e auxiliariam na eficiência nos sistemas de macrodrenagem presentes na região.

Os problemas de inundações que a bacia hidrográfica enfrenta pode ser solucionado reservando temporariamente o volume gerado pelo excesso da vazão considerando 50% do volume encontrado, uma vez que os MRs possuem como objetivo o armazenamento dos volumes correspondentes às vazões de pico que acabam gerando extravasamento nos canais de macrodrenagem e conseqüentemente gerando alagamentos em locais específicos. Em relação ao TR escolhido como critério de projeto conclui-se que o valor de 5 anos é o valor mais indicado, e, com isso os custos do MRs não se tornam tão altos por não necessitarem armazenar um volume tão elevado.

Por fim, a bacia hidrográfica estudada possui sistemas de macrodrenagem, que são o Canal do Pepino e o Canaleta da Argolo, ambos foram construídos para drenar águas pluviais e transbordam frequentemente causando alagamentos na cidade. Portanto, para aliviar esses canais quando ocorrem chuvas intensas no local, é uma boa alternativa a utilização de sistemas de microdrenagem com enfoque ambientalista, que é o caso dos MRs, para suprir esse excesso de vazão causado pela urbanização.

Para futuros estudos, recomenda-se avaliar o tamanho de cada lote para saber se nele se encontra residências, prédios ou condomínios e assim, poder distribuir de forma mais correta os volumes de cada MRs por lote.

Agradecimentos

À Prefeitura Municipal de Pelotas, à Prof^a Dr^a Andrea Souza Castro e ao Prof^o Dr^o João Francisco Carlexo Horn.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, Elen Cristina Amorim. **Mapeamento das transformações socioambientais da Bacia Hidrográfica do Arroio Pepino, 1916 – 2011 / Pelotas (RS)**. Rio Grande, 86 p., 2012. Dissertação (Mestrado) - Fundação Universidade do Rio Grande.

DAEE/CETESB. **Drenagem Urbana**. 2 ed. São Paulo, 1980.

DIAS, Carlos; NOSHANG, Anderson; HORN, João Francisco C; AHLERT, Siclério; PADILHA, Damáris Gonçalves; MAZIERO, Elisandra. **Avaliação da Influência do Sedimento no Escoamento em Trecho no Canal Artificial de Drenagem Urbana na Cidade de Pelotas-RS**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21.,2015, Brasília-DF. **Anais...** Brasília-DF: ABRH, 2015.

GOULART, J.P.; MAESTRINI, A.P.; NEBEL, A.L. Relação Intensidade-Duração-Freqüência das Chuvas em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.7, n.1, p.543-552, 1992.

Realização

 ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.** Disponível em <
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>.
Acessado em: 04 de jul de 2015.

MELLO, Carlos Rogério; SILVA, Antônio Marciano. **Hidrologia: Princípios e Aplicações em Sistemas Agrícolas.** Lavras: UFLA, 2013. 455 p.

Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas- SANEP. **Canalete da Argolo.** Disponível em:
<<http://www.pelotas.com.br/sanep/museu-do-saneamento/drenagem-urbana/canalete-da-argolo/>>.
Acessado em: 19 de out de 2015.

SILVA, D. F. **Análise da Influência de microrreservatórios em um loteamento e seus efeitos em escala de bacia.** São Carlos, 172 p., 2016. Dissertação (Mestrado)- Universidade de São Paulo.

SILVEIRA, André Luiz Lopes. **Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão.** 1. ed. Curso preparado por: IPH, UFRGS e Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPQ), 2002, 70 p.
TOMINAGA, Erika Naomi de Souza. **Urbanização e Cheias: Medidas de Controle na Fonte.** 2013. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Inundações Urbanas.** Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007. 393 p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** Porto Alegre: ABRH, 2009, 944 p.

YAO, L.; WEI, W.; CHEN, L. How does imperviousness impact the urban rainfall-runoff process under various storm cases?. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 893-905, 2016.

Realização

 ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375