



Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) versus o Convencional (SUDC)

Nicolas da Silva Fröhlich (1), Flávia Cauduro (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) nicolasfrohlich@hotmail.com, (2) flavia.cauduro@unescc.net

Resumo: A população urbana mundial está em constante crescimento, o que acarreta na pavimentação das ruas, passeios e construção de edifícios. Com isso a retenção e infiltração da água no solo reduzem e o escoamento superficial aumenta, promovendo vazões de escoamento pluvial maiores, principais causas de inundações quando os sistemas de drenagem não possuem capacidade para as mesmas. Em função desta impermeabilização, alagamentos acontecem com maior frequência do que quando o solo ainda era permeável, antes da urbanização. Nas últimas décadas, abordagens com sistemas de drenagem sustentáveis são estudadas com mais frequência, este conceito procura diminuir o impacto da urbanização e tornar as condições hidrológicas próximas as naturais. Estes consistem em projetos e construções de estruturas capazes de diminuir o escoamento superficial, podendo assim, evitar inundações. O presente trabalho busca comparar o desempenho de um Sistema de Drenagem Urbana Sustentável, focado em medidas estruturais, com o Sistema de Drenagem Convencional de uma cidade de pequeno porte do sul de Santa Catarina. O objeto de estudo é a área central da cidade de Sombrio/SC. Os sistemas sustentáveis utilizados neste estudo compreendem três medidas estruturais: poços de infiltração, trincheiras de infiltração e pavimentos permeáveis. Após a análise de desempenho, foi possível concluir que os sistemas urbanos de drenagem sustentável podem ser aplicados em uma cidade de pequeno porte e promover a redução dos sistemas convencionais. O emprego de coberturas permeáveis permite a redução de 14,86% do Coeficiente do Escoamento Superficial. Neste estudo houve a redução de 31,51% da vazão pluvial lançada no sistema convencional de drenagem. Os sistemas urbanos de drenagem podem ser melhorados com o uso de estruturas permeáveis.

Palavras-chave: poço de infiltração; trincheira de infiltração; pavimento permeável; drenagem urbana; manejo pluvial.

Urban Sustainable Drainage System (SUDS) versus Conventional (SUDC)

Abstract: The world's urban population is constantly growing, which results in the paving of streets, pavements and construction of buildings. As a result, water retention and infiltration in

the soil reduces and surface runoff increases, promoting higher rainfall runoff flows, the main causes of flooding when drainage systems do not have the capacity for them. Due to this waterproofing, flooding occurs more frequently than when the soil was still permeable, before urbanization. In recent decades, approaches with sustainable drainage systems have been studied more frequently, this concept seeks to reduce the impact of urbanization and make hydrological conditions close to natural ones. These consist of the design and construction of structures capable of decreasing surface runoff and thus preventing flooding. The present work seeks to compare the performance of a Sustainable Urban Drainage System, focused on structural measures, with the Conventional Drainage System of a small city in the south of Santa Catarina. The object of study is the central area of the city of Sombrio/SC. The sustainable systems used in this study comprise three structural measures: infiltration wells, infiltration trenches and permeable pavements. After the performance analysis, it was possible to conclude that urban sustainable drainage systems can be applied in a small city and promote the reduction of conventional systems. The use of permeable roofs allows a reduction of 14.86% in the Surface Flow Coefficient. In this study, the reduction of 31.51% of the rainfall discharged into the conventional drainage system is noted. Urban drainage systems can be improved with the use of permeable structures.

Keywords: infiltration well; infiltration trench; permeable pavement; urban drainage; rainwater management.

Introdução

No Brasil, segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2015, aproximadamente 84,72% da população brasileira ocupa zonas urbanas. A população urbana mundial está em constante crescimento, o que acarreta na pavimentação das ruas, passeios e construção de edifícios.

Por causa da urbanização o número de alterações no uso do solo é maior, aumentando a impermeabilização, ocasionando a mudança da drenagem natural das águas pluviais. Com isso a retenção e infiltração da água no solo reduzem e o escoamento superficial aumenta, promovendo vazões de escoamento pluvial maiores, principais causas de inundações quando os sistemas de drenagem não possuem capacidade para as mesmas (LOURENÇO, 2014).

Em função desta impermeabilização, os alagamentos acontecem com maior frequência do que quando o solo ainda era permeável, antes da urbanização. Por outro lado, as inundações ribeirinhas ocorrem de forma natural em áreas de várzeas, as mesmas acontecem com menor frequência, deixando a população confiante para ocupar ainda mais essas áreas, motivo pelo qual as inundações ribeirinhas, quando ocorrem, são consideradas catastróficas (TUCCI, 2012).

Estes desastres causam diversos problemas econômicos e sociais, paralisando a cidade, afetando as atividades comerciais, assim como danos a infraestrutura e perdas materiais, propagação de doenças e em casos mais graves, o desalojamento e perda de vidas. A desvalorização imobiliária, diminuição da qualidade de vida e a redução do valor ambiental são sequelas dessas áreas onde ocorrem tais degradações urbanas e ambientais (OLIVEIRA, 2018).

O desafio de evitar inundações locais começa a ser solucionado, segundo Lourenço (2014), por volta do Século XVII, os sistemas primitivos de drenagem são constituídos de valas abertas que transportam as águas pluviais de forma rápida ao meio receptor mais próximo. Porém além da água proveniente de chuvas, acabam carregando também todo tipo de lixo, originando mal cheiro e sendo um possível transmissor de doenças.

Então, é percebido que as águas residuais e pluviais devem ser retiradas das cidades em canalizações enterradas para proteger a população de doenças e seus efeitos. Surge neste período, ao longo dos séculos XVIII e XIX, a fase higienista. Difundida na França com o lema

“*tout à l’égout*”, (do francês: tudo ao esgoto), tornando-se referência mundial (GONZALES, 2014).

Neste momento ocorre a falsa impressão de “problema resolvido”, no entanto os impactos causados pela poluição, uma vez que o esgoto não recebe tratamento, são apenas transferidos para a jusante dos despejos, contaminando outras comunidades. Além disso, este conceito é relacionado às constantes inundações, deslizamentos de terra e problemas nos lençóis d’água subterrâneos (POLETO, 2011).

Em meados de 1970, os sistemas unitários não são suficientes, originando a introdução dos primeiros sistemas separativos e Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), ideias primárias da drenagem corretiva. Onde as águas residuais, domésticas e industriais, são transportadas para as ETAR, com o objetivo de melhorar a qualidade das mesmas, e as águas pluviais são encaminhadas diretamente ao destino final, corpo receptor (LOURENÇO, 2014).

Nas últimas décadas, abordagens de sustentabilidade são estudadas com mais frequência, este conceito procura diminuir o impacto da urbanização e tornar as condições hidrológicas próximas às naturais (GONZALES, 2014). Contrariando o princípio da drenagem higienista, já que propõe a retenção da água no local, reduzindo o escoamento superficial, ou seja, promove a recarga nos aquíferos e retarda a chegada da água no meio receptor.

Segundo Ferreira (2015), o custo de uma infraestrutura sustentável tende a ser menor que o de um sistema tradicional, pois com a adição de medidas de infiltração na fonte, são reduzidas as redes de condutos de drenagem, sarjetas, entre outros. A aplicação dessas medidas é mais viável em locais em fase de urbanização, uma vez que podem ser inseridas diretamente no plano diretor, facilitando o planejamento das obras e a preservação dos solos (GONZALES, 2014).

Dentre as medidas que podem ser tomadas como drenagem sustentável, existem as estruturais e as não estruturais. As medidas não estruturais promovem uma conscientização da população, por meio, por exemplo, de ações educativas, impondo normas e regulamentos, prevenindo com zoneamento e alerta de enchentes. E as estruturais consistem em projetos e construções de estruturas capazes de diminuir o escoamento superficial, reservar e utilizar o volume pluvial (TUCCI, 2012).

Os poços de infiltração são infraestruturas pontuais de controle na fonte que permitem armazenar temporariamente as águas pluviais. Estes dispositivos são constituídos por tubos de concreto perfurado ou tijolo assentado em crivo, podendo dispor, ou não, de material de enchimento em seu interior. Este material é caracterizado por ser poroso e/ou drenante, normalmente é utilizado brita envolta em geotêxtil (REIS; ILHA, 2014, p. 80).

Assim como os poços, as trincheiras de infiltração têm a função de armazenar e infiltrar as águas pluviais. São estruturas lineares, com pouca profundidade, que recolhem a água perpendicularmente ao seu desenvolvimento, fixadas na borda da área contribuinte. Possuem larguras de 0,80 a 1,00 m, para facilitar sua execução e o comprimento pode coincidir com o da área de contribuição. Essas valas são preenchidas com britas, seixos ou cascalhos envoltos com geotêxtil com o objetivo de filtrar a água e principalmente estabilizar os taludes evitando o desabamento (FERREIRA, 2015).

Permitindo reduzir os riscos de aquaplanagem e o escoamento superficial, os pavimentos permeáveis são alternativas compensatórias para a drenagem urbana. Compostos por subleito, solo em que a estrutura do pavimento será apoiada; sub-base, camada com granulometria maior, disposta de vazios com capacidade de armazenamento para a água; base, camada que distribui o carregamento para o subleito; e revestimento permeável, dimensionado para resistir ao desgaste e permitir a infiltração da água (OLIVEIRA, 2018).

Algumas estruturas, como poços de infiltração e trincheiras de infiltração, são soluções de baixo custo, de simples implantação para a drenagem na fonte e podem fazer parte do ambiente urbano. Por outro lado, a execução de pavimentos permeáveis, que também ajudam a melhorar a drenagem urbana, além de possuir um custo superior ao tradicional, exige mão-de-obra especializada e constante manutenção (LOURENÇO, 2014).

Assim, o presente trabalho busca comparar o desempenho do Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS), focado em medidas estruturais, com o sistema de drenagem convencional para a cidade de Sombrio em Santa Catarina.

Materiais e métodos

Para o presente trabalho foi designada uma área de 82.372,90 m², Figura 1, pertencente à região central de Sombrio do Estado de Santa Catarina. Este localizado a 240 km de Florianópolis e 230 km de Porto Alegre, possui uma área total de 142,745 km² e segundo Censo IBGE/2010, 26.626 habitantes.



Figura 1. Área de estudo (magenta) e Fluxo do escoamento (amarelo)

Em função da planialtimetria do trecho determinado, a direção do fluxo da macrodrenagem é de nordeste à sudoeste, com destino final na lagoa, com intermédio do Rio da Lage, localizado no limite do município.

A partir da definição da área de estudo, foi realizado o dimensionamento hidrológico. Para tanto, foi considerado tempo de concentração de 10 min, buscando prevenir chuvas de



maior intensidade. Assim, a intensidade da chuva foi determinada com base em dados Hidrológicos da cidade de Sombrio, Santa Catarina, Eq. 1 (BACK, 2013).

$$i = \frac{812,17 \times T^{0,161}}{(tc+8,94)^{0,70}} \quad (1)$$

em que:

tc = Tempo de concentração, em min;

i = Intensidade média máxima da chuva, em mm h⁻¹;

T = Período de retorno, em anos;

O período de retorno adotado tem como base o tipo de obra estudado, conforme a Tabela 1, foi de 25 anos.

Tabela 1. Períodos de retorno usuais (Fonte: Tomaz, 2002)

Tipo de Obra	Potenciais danos de Inundação	T (anos)
Coletor de águas pluviais em estradas	Impede o tráfego Custos de atrasos nos veículos devido a inundação	2 a 5
Coletor urbano nas ruas	Impede acesso de emergência Custo de contorno (desvio) Custo de atrasos nos veículos	10 a 25
Controle rural de inundação	Danos a estradas de rodagem Danos as plantações	25 a 50
Controle urbano de inundação	Danos as propriedades Danos a infraestrutura	100

Para o cálculo da vazão pluvial, foi utilizada a Eq. 2, que se refere ao Método Racional Modificado.

$$Q_a = \frac{C \times i \times A}{360} \times \left(1 - 0,009 \times \frac{L}{2}\right) \quad (2)$$

em que:

Q_a = Vazão máxima de escoamento, em m³ s⁻¹;

C = Coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

i = Intensidade média máxima da chuva, em mm h⁻¹;

A = Área de contribuição da bacia, em ha;

L = Comprimento axial da bacia, em km.

Para o cálculo da vazão máxima de escoamento (Eq. 2), foi utilizado o coeficiente de escoamento superficial médio “C médio”, pois as superfícies da área de estudo possuem diferentes materiais de revestimento, logo, diferentes coeficientes de escoamento superficial “C”, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficientes de escoamento superficial (Fonte: adaptado de Rosa, Cauduro, 2018)

Superfície	C
Asfalto	0,95
Lajota sextavada	0,70
Calçada com Paver	0,50
Gramado plano	0,15
Telhado	0,85
Calçada com Pedra ou cerâmica	0,75
Blocos Vazados (ARAÚJO, 1999)	0,03

No desenvolvimento, foram definidos seis cenários com diferentes sistemas, sustentáveis e convencionais, para a drenagem urbana da área de estudo. Os cenários foram denominados por ordem alfabética, conforme Figura 3. A Figura 2 mostra exemplos de poço e trincheira de infiltração.

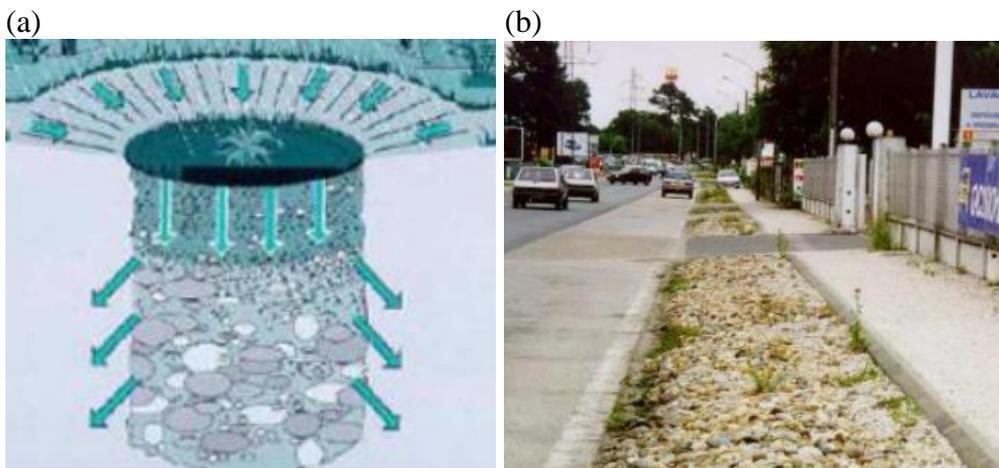


Figura 2. (a) Poço de Infiltração (Lourenço, 2014) e (b) Trincheira de Infiltração (Gonzales, 2014).

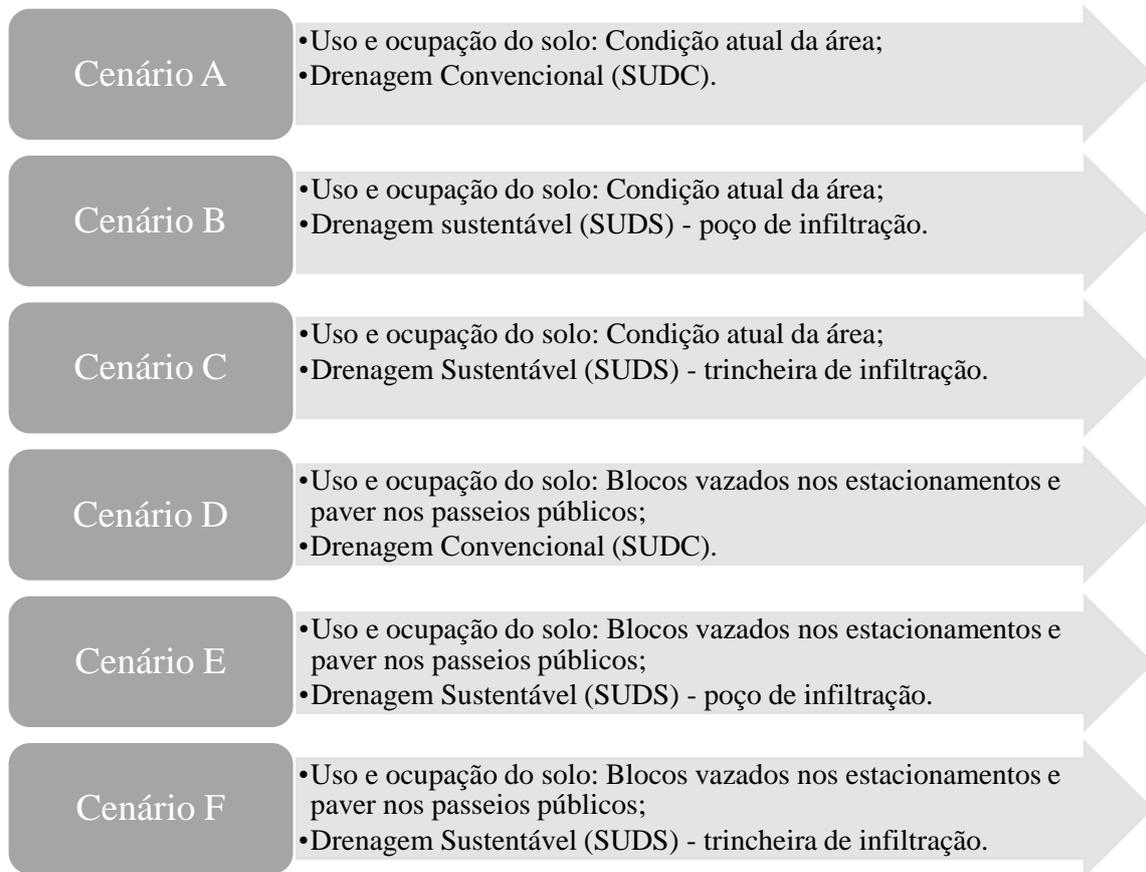


Figura 3. Cenários do estudo.

A condição atual da área de estudo, presente nos Cenários A, B e C, considerou: pavimentos asfálticos para as ruas e avenidas, cerâmica ou pedra regular para as calçadas, lajotas sextavadas de concreto para os estacionamentos e gramado plano para os canteiros centrais das avenidas.

Para os Cenários D, E e F foram substituídas as lajotas sextavadas nos estacionamentos por pavimento permeável, blocos vazados, e alteração das pedras ou cerâmicas das calçadas por lajotas intertravadas de concreto (Paver). Estas alterações visam, principalmente, o aumento da infiltração pluvial na superfície da área e a, conseqüente, redução do Coeficiente de Escoamento Superficial médio.

Para cada condição de uso e ocupação do solo estudados foram simulados três sistemas de drenagem urbano. Um SUDC que considerou o uso de bocas de lobo e dois SUDS com dispositivos diferentes, poço e trincheira de infiltração, utilizados separadamente.

Nos Cenários com SUDS foi considerada a existência de no mínimo duas bocas de lobo por trecho e adicionado o SUDS nos locais sujeitos a alagamento. As bocas de lobo foram consideradas afim de reduzir a vazão lançada ao sistema sustentável, pois sem elas, a quantidade de trincheiras e poços de infiltração seria inviável. Além disso, elas servem para garantir que situações de sobrecarregamento dos SUDS em episódios de chuva intensa sejam evitadas.

Para o dimensionamento dos poços de infiltração, foram pré-determinadas a altura efetiva, em 3,00 m, e o diâmetro do poço de infiltração, em 2,50 m. O balanço hídrico no interior do poço empregou as Eq. 3, 4 e 5, conforme Lourenço (2014).

$$S_{PI} = I_{PI} - O_{PI} \quad (3)$$

$$I_{PI} = Q_a \times D_P \quad (4)$$

$$O_{PI} = Q_i \times D_P \quad (5)$$

em que:

S_{PI} = Volume de armazenamento do poço de infiltração, em m^3 ;

I_{PI} = Volume de água afluyente ao poço de infiltração (input), em m^3 ;

O_{PI} = Volume de água que infiltra no solo durante a precipitação (output), em m^3 ;

Q_a = Vazão máxima de escoamento, em $m^3 s^{-1}$;

D_P = Duração da precipitação, em s, para este foi adotado o valor de 600 s, após isso o solo foi considerado como saturado;

Q_i = Vazão infiltrada durante o período de precipitação, em $m^3 s^{-1}$.

Segundo Lourenço (2014), neste método de dimensionamento a área de infiltração " A_i " é considerada, por fator de segurança, como 50% da área lateral do poço de infiltração e a área do fundo do poço não deve ser contabilizada devido ao maior risco que esta área tem de colmatação. Dessa forma a área de infiltração do poço foi calculada pela Eq. 6.

$$A_i = 0,50 \times \pi \times D \times H_e \quad (6)$$

em que:

A_i = Área de infiltração, em m^2 ;

D = Diâmetro do poço de infiltração, em m;

H_e = Altura efetiva do poço de infiltração, em m.

A altura total do poço de infiltração corresponde a soma da altura efetiva e a altura de folga para entrada e saída de tubos de descarga do poço de infiltração. Neste estudo, esta folga foi considerada de 1,00 m. Portanto, a altura total do poço de infiltração ficou considerada em 4,00 m.

Depois de considerada a altura total, esta foi verificada através de comparação com $h_{m\acute{a}x}$, Eq.7, proposta por Tomaz (2012). A altura total deve ser maior que o $h_{m\acute{a}x}$ calculado.

$$h_{m\acute{a}x} = \frac{S_{PI}}{A_f} = \frac{S_{PI}}{\frac{\pi \times D^2}{4}} \quad (7)$$

em que:

$h_{m\acute{a}x}$ = Altura de água armazenada no poço para determinada duração de precipitação, em m;

S_{PI} = Volume de armazenamento do poço de infiltração, em m^3 ;

n = Porosidade efetiva do material de enchimento, adimensional, foi adotado $n=0,5$;

A_f = Área do fundo do poço de infiltração, em m^2 .

D = Diâmetro do poço de infiltração, em m.

Segundo Lourenço (2014), o dimensionamento das trincheiras de infiltração se baseia no volume necessário ao armazenamento temporário da precipitação. Para iniciar o dimensionamento das trincheiras de infiltração, estas foram pré-determinadas em parte do comprimento do trecho das avenidas e com altura e largura de 1,50 m. O balanço hídrico das trincheiras de infiltração foi determinado pela Eq. 8 e a vazão infiltrada pela Eq. 9.

$$V_a = (Q_a - Q_i) \times D_p \quad (8)$$

$$Q_i = A_i \times q \quad (9)$$

em que:

V_a = Volume de armazenamento, em m^3 ;

Q_a = Vazão máxima de escoamento, em $m^3 s^{-1}$;

Q_i = Vazão infiltrada durante o período de precipitação, em $m^3 s^{-1}$;

D_p = Duração da precipitação, em s.

A_i = Área de infiltração, em m^2 ;

q = Taxa de infiltração com fator de segurança aplicado, em $m s^{-1}$.

Foi considerado para o estudo um solo franco arenoso, que segundo Lourenço (2014), possui taxa de infiltração $q=0,05 m h^{-1}$ e, para uma área maior que $1000 m^2$ sem danos ou inconvenientes, fator de correção de 1,5, adimensional.

A área de infiltração da trincheira foi determinada pela Eq. 10.

$$A_i = A_{pl} + A_b \quad (10)$$

em que:

A_i = Área de infiltração da trincheira, em m^2 ;

A_{pl} = Área das paredes laterais da trincheira, em m^2 ;

A_b = Área da base da trincheira, em m^2 .

Após o pré-dimensionamento das trincheiras baseado no volume de armazenamento temporário, foi necessário definir a altura final da trincheira de infiltração, para tal, ela foi redimensionada a partir da Eq. 7.

Resultados e discussões

O Coeficiente de Escoamento Superficial médio (C médio) foi obtido a partir da análise da cobertura do solo da área estudada, mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Coeficiente de Escoamento Superficial médio (C médio).

Superfície	Coeficiente de Escoamento Superficial	Atual - Cenários A, B e C (%)	Alterado - Cenários D, E e F (%)
Asfalto	0,95	16,91	16,91
Lajota sextavada	0,70	14,47	-
Paver	0,50	-	6,44
Gramado plano	0,15	14,07	14,07
Telhado	0,85	48,11	48,11
Pedra ou cerâmica	0,75	6,44	-
Blocos vazados	0,03	-	14,47
C médio	-	0,74	0,63

A condição atual da cobertura da área caracterizou o C médio igual a 0,74. Já para os Cenários com a alteração da condição da cobertura do solo foi possível observar que a alteração resultou em um coeficiente de 0,63. Assim, foi observado, conforme pretendido, que o uso de coberturas que permitem maior infiltração da água no solo promoveu redução, de 14,86%, no C médio da área de estudo. Esta redução vai ocasionar impacto direto nos valores de vazão máxima do escoamento da área e, consecutivo, impacto no dimensionamento do sistema de drenagem dos Cenários.

Os resultados do estudo de drenagem dos cenários propostos, apresentados na Tabela 4, foram avaliados considerando a vazão infiltrada nas áreas; a vazão manejada pelas bocas de lobo, poços e trincheiras de infiltração; e o número de sistemas necessários para manejar a vazão pluvial.

O cenário atual da área de estudo, Cenário A, tem vazão infiltrada na superfície de 0,558 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ e vazão lançada e manejada no sistema de drenagem convencional de 1,587 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$. Para manejar esta vazão lançada na drenagem são necessárias, no mínimo, 37 bocas de lobo.

Como consta no desenvolvimento, nos Cenários B, C, E e F foram fixadas duas bocas de lobo por trecho, totalizando 24 bocas de lobo em toda área de estudo.

Tabela 4. Resultados analisados.

	Unid.	Cenário A	Cenário B	Cenário C	Cenário D	Cenário E	Cenário F
Sistema drenante	-	SUDC	SUDS Poço	SUDS Trincheira	SUDC	SUDS Poço	SUDS Trincheira
C médio	-	0,74	0,74	0,74	0,63	0,63	0,63
Vazão infiltrada na superfície	m ³ s ⁻¹	0,558	0,558	0,558	0,800	0,800	0,800
Vazão nos SUDC's	m ³ s ⁻¹	1,587	1,128	1,128	1,345	1,087	1,087
Vazão nos SUDS's	m ³ s ⁻¹	-	0,460	0,460	-	0,257	0,257
Volume armazenado nos SUDS's	m ³	-	296,88	269,74	-	190,85	150,83
Área superficial dos SUDS's	m ²	-	197,92	360,30	-	127,23	202,20
Nº de bocas de lobo	un.	37	24	24	33	24	24
Nº de poços de infiltração	un.	-	28	-	-	18	-
Metro linear de trincheira de infiltração	m	-	-	240,20	-	-	134,80

O Cenário B, com as mesmas características do Cenário A, foram aplicados poços de infiltração para manejar parte da água lançada ao sistema de drenagem. A vazão de 1,128 m³ s⁻¹ do escoamento superficial é captado por 24 bocas de lobo, e 0,46 m³ s⁻¹ é captado por 28 poços de infiltração. Estes totalizam 296,88 m³ de água armazenada e ocupam 197,92 m² de área superficial. Assim, com a redução de mais de 35% das bocas de lobo do Cenário A foi possível manejar o pluvial nestes 28 poços de infiltração.

No Cenário C foram adotadas trincheiras de infiltração como SUDS, este Cenário tem o mesmo C médio do Cenário A. No Cenário C a vazão lançada nas bocas de lobo é de 1,128 m³ s⁻¹ e para manejo nas trincheiras de infiltração 0,460 m³ s⁻¹. O volume de armazenamento da trincheira necessário de 269,74 m³, 9,14% menor que quando utilizado poços, e ocupará área de superfície de 360,30 m², sendo ela 82,04% maior que a do Cenário anterior que utiliza poços de infiltração. A área superficial de uma trincheira é esperada ser maior do que de um poço de

infiltração, pois pelas características construtivas o poço é uma estrutura pontual e profunda, enquanto que a trincheira é linear e rasa. Somados os comprimentos das trincheiras, dará 240,20 m lineares, estes serão distribuídos em nove pontos ao longo da área estudada.

O Cenário D é o primeiro cenário da sequência com a redução do C médio. Este cenário utilizou o SUDC para manejo pluvial, assim como o Cenário A, já discutido. Quando comparados os Cenários A e D, é possível observar aumento de 43,37% da vazão infiltrada na superfície, redução de 15,25% da vazão lançada ao SUDC e a redução de 4 unidades de bocas de lobo. Estas reduções observadas são possíveis devido as alterações realizadas na cobertura do solo e mostram o impacto positivo causado com a redução de 14,86% do C médio.

No Cenário E, são lançados na drenagem $1,087 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ no SUDC, captados pelas 24 bocas de lobo. O restante do escoamento superficial da área, cerca de $0,257 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ são captados pelos SUDS, poços de infiltração. Foram necessários 18 poços com 2,50 m de diâmetro e 3,00 m de profundidade distribuídos pelos trechos, totalizando $127,23 \text{ m}^2$ de área superficial e $190,85 \text{ m}^3$ de volume de armazenamento temporário.

No Cenário F, as mesmas vazões do Cenário E foram encontradas, uma vez que o C médio foi o mesmo nos dois Cenários. No Cenário F, foram inseridas trincheiras de infiltração com largura e profundidade de 1,50 m. Será necessário distribuir 134,80 m lineares de trincheiras em nove pontos para armazenar temporariamente $150,83 \text{ m}^3$ da água pluvial, 20,97% menor que quando utilizado poços, e a área superficial foi 58,92% maior, sendo necessários $202,20 \text{ m}^2$.

Entre os Cenários B e E, e C e F, conforme esperado há redução dos SUDC necessários para manejar a vazão pluvial das áreas. Este fato era esperado, pois com a redução do C médio houve a redução da vazão a ser manejada na área e assim a redução dos sistemas necessários.

Conclusão

O presente estudo de caso, com o objetivo de comparar o desempenho do Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS), focado em medidas estruturais, com o Sistema de Drenagem Urbana Convencional (SUDC), permite concluir que: os sistemas urbanos de

drenagem sustentável podem ser aplicados em uma cidade de pequeno porte e promover a redução dos sistemas convencionais.

O uso dos SUDS possibilita a redução de 35,14% de unidades de boca de lobo na área estudada.

O emprego de coberturas permeáveis permite a redução de 14,86% do C médio e assim permite o aumento de $0,242 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ da vazão pluvial infiltrada no solo da área, permitindo a recarga do lençol freático.

O uso combinado de coberturas permeáveis e SUDS gera a redução de 31,51% da vazão pluvial lançada no SUDC, isso representa a diminuição de $0,500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ manejado pelo SUDC.

Dos SUDS aplicados, o poço apresenta volume de armazenamento de até 26,53% maior que a trincheira. Já a trincheira necessita de área superficial de até 82,04% maior que o poço. A trincheira distribuída linearmente com menor profundidade, onde a absorção e o armazenamento de toda água pluvial ocorrem ao longo de grande parte da rua. O poço localizado no fim do trecho com maior profundidade, armazenando e absorvendo pontualmente a água da chuva que percorre toda a extensão da rua. Com isso, o modo de aplicação da trincheira, que evita o acúmulo de água nos pontos mais baixos das sarjetas ao longo dos trechos, é mais interessante.

Quanto ao lençol freático, é importante salientar que em áreas onde este é raso, o uso da trincheira é o mais indicado. Já em áreas consolidadas, onde há pouca área superficial disponível, o poço de infiltração apresenta maior viabilidade de instalação.

Os resultados deste estudo fomentam as afirmações sobre as melhorias dos sistemas urbanos de drenagem correlacionadas aos investimentos do uso público de coberturas permeáveis e na conscientização da população para respeitar as Taxas de Infiltração e utilizar/preferir coberturas/estruturas permeáveis. Assim, como o planejamento do Poder Público, o desenvolvimento responsável, estudos personalizados no desenvolvimento do Plano Diretor Municipal e a fiscalização para o cumprimento deste.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, Paulo Roberto; TUCCI, Carlos, E. M.; GOLDENFUM, Joel A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial**. 1999. 8 f. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. Porto Alegre, 1999.

BACK, Álvaro José. **Chuvas intensas e chuva para o dimensionamento de estruturas de drenagem para o estado de Santa Catarina**. (Com programa HidroChuSC para cálculos). Florianópolis: Epagri, 2013. 193p.

FERREIRA, Artur Francisco Mendonça da Silva Piva. **Avaliação e Proposta de Sistema de Drenagem Pluvial da Superquadra 411/12: Um Estudo de Caso**. 2015. 81 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

GONZALEZ, Fernanda Cristina Gonçalves. **Projeto de Drenagem Sustentável para Mitigação de Cheias na Bacia do Rio Quitandinha, em Petrópolis, RJ**. 2014. 89 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

IBGE, **População Rural e Urbana**. 2015. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

LOURENÇO, Rossana. **Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis**. 2014. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2014.

OLIVEIRA, Laurent Feu Grancer Silva. **Dimensionamento e análise de desempenho hidráulico de estacionamentos com drenagem convencional e pavimento permeável, apoiado por modelagem computacional**. 2018. 90 f. Monografia (graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

POLETO, Cristiano. **SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma Contextualização Histórica**. Revista Thema, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2011.

REIS, Ricardo Prado Abreu; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. **Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de infiltração de água de chuva: poço de infiltração e jardim de chuva.** Ambiente Construído, v. 14, n. 2, p. 79-90, 2014.

ROSA, Gustavo Guimarães; CAUDURO, Flávia. **Estudo de drenagem sustentável para uma cidade de pequeno porte do estado de Santa Catarina.** 2018. 18 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2018.

TOMAZ, Plínio. **Infiltração e Dry Well – Routing de poço e vala de infiltração pelo modelo BRE 365.** 2012. pp. 48-1 a 48-19, Guarulhos, 2012.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana.** Brasília: CEPAL/IPEA, 2012. 50 p.