



Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC -
como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil



ESTUDO DE CASO DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL PARA UMA CIDADE DE PEQUENO PORTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Gustavo Guimarães Rosa (1), Flávia Cauduro (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1) guimaraesrosag@gmail.com, (2) flavia.cauduro@unesc.net

RESUMO

Atualmente há uma contínua preocupação com relação a renovação e preservação dos recursos naturais. Estudos relacionados a redução, reuso e reciclagem dos recursos naturais são foco dos pesquisadores e das grandes indústrias. A Engenharia Civil não está menos preocupada ou alheia a preservação destes recursos: a Construção Civil tem promovido sistemas de reuso de águas cinzas, uso de águas pluviais, reciclagem dos resíduos da construção, uso de materiais locais, estudo do ciclo de vida das construções, etc.; o setor da Infraestrutura Urbana, por sua vez, está promovendo medidas para preservar o ecossistema das áreas em processos de urbanização com o intuito de implantar loteamentos com menor impacto ao meio ambiente, que garantam a preservação das Áreas de Preservação Permanente, com planejamento do uso do solo, etc. Neste olhar, o manejo dos recursos hídricos precisa ser monitorado de forma constante nas áreas consolidadas e em processo de urbanização. Conhecer o Ciclo da Água das cidades, promover medidas de controle, monitoramento, coleta e tratamento do esgoto sanitário e dos mananciais da cidade, e promover o manejo consciente das águas pluviais podem reduzir o impacto da urbanização nos recursos hídricos. Neste contexto, o objetivo deste artigo é o estudo de uma drenagem com metodologias sustentáveis para uma cidade de pequeno porte de Santa Catarina. O estudo foi desenvolvido em uma área de 280.781,86 m² que corresponde a região central de uma cidade do Sul de Santa Catarina com aproximadamente 26.626 habitantes, e utilizará o recurso pluvial nas edificações; favorecer a infiltração pluvial no solo; reduzir alteração do escoamento superficial; promover medidas de retenção e/ou detenção das águas pluviais; respeitar: as cotas de enchente, áreas de APP, desenho e curso natural dos recursos hídricos; entre outras medidas. O estudo foi concluído com a comparação dos cenários da drenagem sustentável versus drenagem tradicional. Por fim foi determinado que o modelo que mais se aproxima da realidade de ser aplicado nessa área em questão é o modelo A, onde não interfere no andamento atual do sistema de drenagem da cidade, porém não apresentam resultados tão significativos para a implantação do mesmo. Já os outros modelos B e C, ficam como uma recomendação para a execução em novos loteamentos, através da implantação na seção de drenagem urbana dos planos diretores dos municípios.

Palavras-Chave: manejo pluvial, recursos hídricos, ciclo da água, drenagem sustentável, ecossistema.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade da gestão de recursos hídricos vem dos primórdios da agricultura, em que a água era controlada com o objetivo de fornecer uma irrigação ideal, permitindo que as regiões áridas e semiáridas fossem cultivadas, cujo volume de chuvas normalmente não seria suportado. De acordo com Lucero, Gunn e Scarborough (2011), os extremos de chuva, muito ou pouco, resultam em colheitas fracassadas, portanto, o manejo da fome foi decisivo para a vida de muitas pessoas, levando ao aumento ou queda de civilizações.

O acelerado e tumultuoso processo de urbanização têm atuado negativamente sobre os mecanismos urbanos referentes aos recursos hídricos, como o sistema de drenagem pluvial. Esta ocupação desordenada, muitas vezes desrespeita o sistema de drenagem natural das águas, aterrando as margens dos corpos hídricos e ocupando áreas de amortecimento de cheias, tornando assim frequente os problemas de enchentes urbanas (BASTOS, 2009).

No Brasil há inúmeros casos de enchentes e inundações, como por exemplo a cidade litorânea de Tubarão, Santa Catarina. O município possui índices pluviométricos relativamente baixos, porém em um período de 40 anos sofreu a ocorrência de 11 alagamentos (SOUZA, 2017). O episódio mais grave foi no ano de 1974 em que ocorreram 48 mortes e 60 mil pessoas desalojadas onde o nível do rio subiu 10 metros e demorou 3 dias para normalizar.

Não só no Brasil ocorrem esses problemas devido ao mau dimensionamento de drenagem pluvial. Em Buenos Aires, na Argentina, no mês de abril de 2013 houve uma chuva torrencial que atingiu toda a região metropolitana da capital do país, causando alagamentos e mortes, decorrentes de choques elétricos e afogamentos (BBC, 2013).

Essas enchentes urbanas ocorrem devido à dois fatores: os naturais, que atingem a população que ocupam os leitos dos rios, e pela própria urbanização. As enchentes urbanas nas áreas ribeirinhas estão diretamente ligadas ao descumprimento do Plano Diretor Urbano, em que a população ocupa locais de risco de alagamento médio, que não são atingidos com muita frequência, mas quando sofrem, resulta em muitos prejuízos (TUCCI, 2003).

Os alagamentos devido à urbanização das cidades ocorrem pela impermeabilização do solo, através dos telhados, calçadas, revestimento asfáltico, entre outros, e fazem com que toda a água pluvial que se deposita nesses locais seja transportada pelo sistema de drenagem convencional, onde é feito uma retificação do rio local para redução da área ocupada pelo mesmo, e assim aumentando a velocidade do fluxo fluvial, com o objetivo de transportar as águas o mais rápido possível (BASTOS, 2009). A estrutura de microdrenagem é composta primeiramente pela pista de rolamento, que transporta toda a água superficial para as sarjetas, e é levada por meio da gravidade até as bocas de lobo e às tubulações. Juntamente com as tubulações, os poços de visita são instalados em trechos calculados, para facilitar a manutenção das tubulações quando necessário. Após todo esse transporte, toda a água pluvial que cai sobre o sistema é levada até o curso d'água natural onde teoricamente seguiria seu rumo naturalmente (LINARD, 2017).

Os problemas com a drenagem urbana ocorrem devido às grandes chuvas em um curto período, que ocasionam uma grande vazão nas tubulações e conseqüentemente sobrecarregam os rios, gerando assim um drástico aumento do seu nível, que causam o alagamento de regiões urbanizadas (NATIONAL DISASTER EDUCATION COALITION, 2004).

O conceito de drenagem urbana foi aprimorado com o passar dos anos, e novas técnicas foram adotadas a fim de amortecer a velocidade do transporte da água até o curso natural, através de um sistema de macrodrenagem, constituído por dissipadores de energia com diâmetro maior que 100 cm, como as galerias, canais abertos, rampas dentadas, bacias de retenção e contenção (LINARD, 2017).

Após o uso dos reservatórios, as vazões de pico que aconteciam quando haviam intensas chuvas em um curto período são ligeiramente enfraquecidas pelos sistemas de amortecimento, que tornam o escoamento das águas até o destino mais demorado e concedem o tempo necessário para os cursos d'água absorverem toda a carga pluvial sem ocorrer a sobrecarga (JÚNIOR, 2015).

Já o método de drenagem sustentável, conhecida também por drenagem compensatória, apresenta diferenças em alguns aspectos dos métodos de drenagem convencional. Esse método adota alternativas de pavimentos permeáveis, onde não há necessidade de dutos de concreto para transporte das águas pluviais, e sim o aproveitamento da pista de rolamento dos automóveis para absorver as chuvas. É

dimensionado também jardins de chuva em uma porcentagem dos passeios públicos, para ajudar na absorção da carga pluvial, composta por plantas, árvores e até mesmo pavers, substituindo os materiais cerâmicos a fim de manter um equilíbrio ecológico da área (LINARD, 2017).

Esse método permite também a aplicação de uma drenagem ecológica em pavimentos impermeáveis, através de valos de infiltração, alocados nas laterais da pista, onde toda a água pluvial que se deposita na pista de rolamento, é transportada lateralmente até os valos, onde é feita a absorção das chuvas lentamente até o lençol freático (FERNANDES et al, 2008).

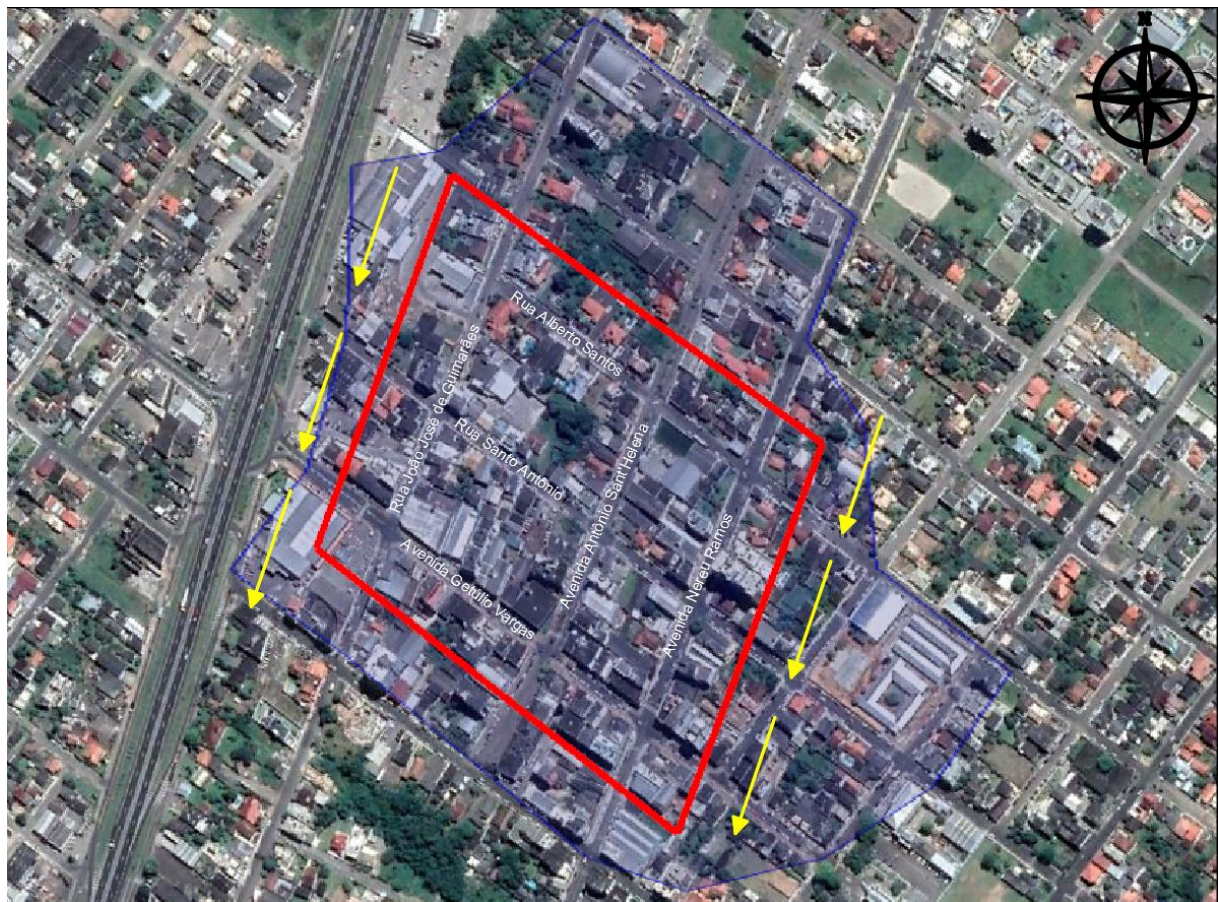
Com base nas informações descritas, o objeto deste artigo é estudar métodos de drenagem alternativos para uma municipalidade de pequeno porte do Estado de Santa Catarina. Os objetivos específicos para alcançar esse objetivo geral são comparar diferentes cenários de drenagem tradicional com modelos sustentáveis; e detectar as variáveis urbanas influentes para a redução da vazão pluvial lançada no sistema de drenagem urbano.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo delimitou a área central de um município de 26.626 habitantes e 142,745 km² do sul do Estado de Santa Catarina, localizado a 240 km da capital do estado, Florianópolis. A área de estudo, figura 1, foi delimitada a partir da densidade demográfica e do auxílio do levantamento planialtimétrico da cidade, e compreende a região central da cidade.

Figura 1: Área de estudo (vermelho), área de contribuição (azul) e fluxo da macrodrenagem (amarelo)



Fonte: Dos autores, 2018.

O trecho escolhido para análise é predominantemente comercial e residencial, horizontal e vertical. A tabela 1 apresenta os dados da área de contribuição do qual a área de estudo faz parte.

O fluxo da macrodrenagem central do município é da direção nordeste à sudoeste, onde se deposita no Rio da Laje, localizado no perímetro do município, com destino final ao mar.

Tabela 1: Dados da área de estudo

Índice	Valor
Área	280.183,32 m ²
Perímetro	2.221,88 m
Comprimento do talvegue	445,69 m
Declividade média	0,0154 m/m

Fonte: Dos autores, 2018.

2.2 METODOLOGIA

No desenvolvimento deste estudo, para a drenagem sustentável de uma municipalidade de pequeno porte, foi adotado como principal método o estudo de quatro modelos para a mesma área de estudo. Os modelos apresentam distinções na tipologia da cobertura superficial das áreas, na quantidade destas superfícies e com relação a política de manejo das águas pluviais com uso ou não das águas pelas edificações.

2.2.1 Modelos para o dimensionamento

Foram adotados três modelos de drenagem sustentável para a comparação com o Modelo Tradicional, denominados de Modelo A, Modelo B e Modelo C. Os cenários adotados para cada modelo serão descritos no decorrer deste estudo.

Os coeficientes de deflúvio utilizados nas tabelas 3, 4, 5 e 6 foram retirados da tabela 2. Os materiais possuem diferentes coeficiente de deflúvio “C”, quando estes são relacionados com as respectivas áreas de cobertura é determinado o coeficiente de deflúvio médio “C_{méd}” do modelo.

Tabela 2: Coeficientes de deflúvio superficial Runoff (C)

Superfície	Coef. Runoff (C)	Fonte
Asfalto	0,95	U.S. Green Building Council, 2009.
Lajota sextavada	0,70	American Society of Civil Engineers, 1997.
Calçada c/ Paver	0,50	Wilken, 1978
Gramado plano	0,15	American Society of Civil Engineers, 1997.
Terreno não construído c/ Brita	0,10	American Society of Civil Engineers, 1997.
Telhado	0,85	Goldenfum e TUCCI, 1996.
Calçada c/ Pedra ou cerâmica	0,75	U.S. Green Building Council, 2009
Terreno c/ Brita	0,10	American Society of Civil Engineers, 1997.

Fonte: Dos autores, 2018.

2.2.1.1 Modelo Tradicional

Para o modelo tradicional, foram adotadas as condições atuais da área de estudo, considerando:

- ruas e avenidas compostas por pavimentos asfálticos;
- calçadas com pedra regular ou cerâmica;
- estacionamentos com lajotas intertravadas de concreto (paver);
- canteiro central das avenidas composto por gramado plano.

O coeficiente médio de deflúvio, “C_{méd}”, é apresentado na tabela 3.

Tabela 3: Considerações do Modelo Tradicional

Região	Área (m ²)	C	Área (%)
Terreno não construído c/ Brita	10.504,34	0,10	7,93
Calçada c/ Pedra ou cerâmica	13.213,44	0,75	9,97
Estacionamento c/ Paver	5.018,76	0,50	3,79
Avenidas c/ Asfalto	6.914,13	0,95	5,22
Ruas c/ Asfalto	10.760,81	0,95	8,12
Canteiro central das avenidas	2.768,43	0,15	2,09
Área construída (Telhado)	83.332,12	0,85	62,89
Total	132.512,03	C _{méd} = 0,77	100,00

Fonte: Dos autores, 2018.

2.2.1.2 Modelo A

No modelo sustentável denominado de Modelo A, foram adotados os seguintes pontos:

- áreas de calçadas foram substituídas em 50% por gramados e jardins;
- manteve-se o pavimento asfáltico nas ruas e avenidas, assim como o pavimento intertravado de concreto nos estacionamentos.

Em um município de pequeno porte a redução da largura da calçada e a substituição de parte desta por gramado não causa impacto em relação a circulação de pedestres, tabela 4.

Tabela 4: Considerações do Modelo A

Região	Área (m ²)	C	Área (%)
Terreno não construído	10.504,34	0,10	7,93
50% Calçada c/ Paver	6.606,72	0,50	4,99
50% Calçada c/ Gramado	6.606,72	0,15	4,99
Estacionamento c/ Paver	5.018,76	0,50	3,79
Avenidas c/ Asfalto	6.914,13	0,95	5,22
Ruas c/ Asfalto	10.760,81	0,95	8,12
Canteiro central das avenidas	2.768,43	0,15	2,09
Área construída (Telhado)	83.332,12	0,85	62,89
Área Total	132.512,03	Cméd= 0,72	100,00

Fonte: Dos autores, 2018.

2.2.1.3 Modelo B

Neste modelo foram propostas as seguintes aplicações:

- áreas de calçadas foram substituídas em 50% por gramados e jardins;
- ruas com pavimento de lajotas sextavadas de concreto;
- avenidas com pavimento asfáltico;
- estacionamentos com pedras britadas;
- captação de 20% das águas pluviais que caem sobre os telhados, para uso nas edificações e manejo de 80% do volume pluvial pelo sistema de drenagem.

As ruas secundárias não representam necessidade em serem asfaltadas visto que nas mesmas a velocidade máxima permitida é baixa e o trânsito deve respeitar este limite para segurança dos pedestres que trafegam nestes tipos de ruas. As pedras britadas são comumente utilizadas em áreas de estacionamento e tem um coeficiente Runoff menor. O uso das águas pluviais é saudável para o sistema de abastecimento de água e para o meio ambiente. As águas pluviais podem ser utilizadas em fins não potáveis como: bacias sanitárias, máquinas e tanques de lavar roupa, rega de jardins e plantações, lavagem de calçadas e carros.

Assim, foi obtido o coeficiente de deflúvio médio do Modelo B, tabela 5.

Tabela 5: Considerações do Modelo B

Região	Área (m ²)	C	Área (%)
Terreno não construído c/ Brita	10.504,34	0,10	7,93
50% Calçada c/ Paver	6.606,72	0,50	4,99
50% Calçada c/ Gramado	6.606,72	0,15	4,99
Estacionamento c/ Brita	5.018,76	0,10	3,79
Avenidas c/ Asfalto	6.914,13	0,95	5,22
Ruas c/ Lajota sextavada	10.760,81	0,70	8,12
Canteiro central das avenidas	2.768,43	0,15	2,09
80% de Telhado	66.665,70	0,85	50,31
20% de Telhado c/ Captação Pluvial	16.666,42	0,00	12,58
Área Total	132.512,03	C _{méd} = 0,58	100,00

Fonte: Dos autores, 2018.

2.2.1.4 Modelo C

O Modelo C é composto por:

- áreas de calçadas foram substituídas em 50% por gramados e jardins;
- ruas com pavimento de lajotas sextavadas de concreto;
- avenidas com pavimento asfáltico;
- estacionamentos com pedras britadas;
- captação pluvial de 40%;
- redução de 20% da área composta pelas ruas e avenidas e cobertura desta área com materiais permeáveis como gramados, jardins ou pedras britadas.

O modelo C, tabela 6, tem aumento percentual do uso das águas pluviais promovendo a redução direta no volume de água pluvial lançada para a drenagem pública.

Este modelo também prevê a substituição de 20% das áreas de ruas e avenidas por gramados ou jardins, ou seja, revestimentos com valores reduzidos do Coeficiente de Runoff. Isto promoverá considerável redução do “C_{méd}”, tal alteração precisa prévio estudo para a execução da mesma sem comprometer a mobilidade urbana na cidade onde ela será empregada.

Tabela 6: Considerações do Modelo C

Região	Área (m ²)	C	Área (%)
Terreno não construído c/ Brita	10.504,34	0,10	7,93
50% Calçada c/ Paver	6.606,72	0,50	4,99
50% Calçada c/ Gramado	6.606,72	0,15	4,99
Estacionamento c/ Brita	5.018,76	0,10	3,79
80% das Avenidas c/ Asfalto	5.531,30	0,95	4,17
20% das Avenida c/ Gramado	1.382,83	0,15	1,04
80% das Ruas c/ Lajota Sextavada	8.608,65	0,70	6,50
20% das Ruas c/ Gramado	2.152,16	0,15	1,62
Canteiro central das avenidas	2.768,43	0,15	2,09
60% de Telhado	49.999,27	0,85	37,73
40% de Telhado c/ Captação Pluvial	33.332,85	0,00	25,15
Área Total	132.512,03	C _{méd} = 0,46	100,00

Fonte: Dos autores, 2018.

2.2.2 Método do dimensionamento

A Legislação Federal determina que os órgãos públicos dos estados e municípios têm autonomia para estabelecerem as normas para o manejo de águas pluviais, visto que não há normas técnicas da ABNT para a drenagem de águas pluviais em logradouros públicos, com exceção das normas para as rodovias.

Devido ao plano diretor do município, objeto de estudo, não constar normas de manejo para águas pluviais, no estudo deste artigo serão adotadas técnicas de dimensionamento para os cenários dos modelos apresentados no item 2.2.1, de acordo com as leis da hidráulica, respeitando as leis da vazão, da conservação de massa e da conservação da energia, baseadas nos princípios de hidrodinâmica.

2.2.3 Dimensionamento hidrológico

Após a identificação da área de contribuição de chuva, conforme figura 1, foi possível calcular o tempo de concentração das chuvas, descrita pela equação de Kirpich para pequenas bacias (menores do que 0,50 km²), indicada como equação 1, e a intensidade da chuva, equação 2.

$$tc = 57 \left(\frac{L^3}{Dh} \right)^{0,385} \quad (1)$$

Onde: tc é o tempo de concentração, em minutos;

L é o comprimento do talvegue em Km;

Dh é a diferença de cotas do talvegue em metros.

$$i = \frac{KT^m}{(t+b)^n} \quad (2)$$

Onde: i é a intensidade média máxima da chuva, em mm/h;

T é o Período de retorno, em anos;

t é a duração da chuva, em minutos;

K, m, b, n são os parâmetros da equação determinadas para cada local.

Como os parâmetros para a equação 2 variam de cidade para cidade, foram adotados os coeficientes para a cidade de Sombrio/SC, considerando que o intervalo de tempo da estação adotado foi o de $5 \text{ min} \leq t \leq 120 \text{ min}$, resultando nos resultados dos parâmetros $K = 812,17$, $m = 0,161$, $b = 8,94$ e $n = 0,70$ (BACK, 2013).

O tempo de retorno adotado nesse projeto, segundo Tomaz (2002), será de 25 anos, referente ao tipo de obra desse trabalho, como é mostrado na tabela 8.

Tabela 8: Períodos de retornos usuais

Tipo de Obra	Potencial 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 anos
Coletor urbano nas ruas	Impede acesso de emergência Custo de contorno (desvio) Custo de atrasos nos veículos	10 a 25 anos
Controle rural de inundação	Danos a estradas de rodagem Danos às plantações	25 a 50 anos
Controle urbano de inundação	Danos às propriedades Danos á infraestrutura	100 anos

Fonte: Tomaz, 2002.

O cálculo da vazão pluvial foi realizado de acordo com o Método Racional, equação 3, que utiliza a área da bacia, que nesse caso foi denominado como área de

contribuição hidráulica, o coeficiente de deflúvio médio e a intensidade da chuva no cálculo.

$$Q = C . i . A \quad (3)$$

Onde: Q é a vazão máxima de escoamento, em m³/s;

C é o coeficiente de deflúvio de Runoff, adimensional;

i é a intensidade média máxima da chuva, em mm/h;

A é a área de contribuição da bacia, em há.

O coeficiente de deflúvio de Runoff utilizado foi o “C_{méd}” definido para cada modelo e detalhado no item 2.2.1. A intensidade média máxima da chuva foi definida através da equação 2.

2.2.4 Dimensionamento Hidráulico

Após todo levantamento dos dados hidrológicos da região, o dimensionamento hidráulico foi feito com o auxílio do software Microsoft Excel, onde encontrou-se os valores como a vazão, através da equação 3 apresentada no item 2.2.3, a velocidade nas tubulações e sarjetas de cada trecho da área de estudo, seguindo os princípios de Manning, em que foram adotados os coeficientes apresentados na tabela 9. Os quantitativos de bocas de lobo foram definidos através do cálculo da vazão do trecho de estudo dividido pela vazão que cada unidade suportaria, levando também em consideração o espaçamento entre elas e os diâmetros das tubulações através da relação entre o material, que no caso foram tubos de concreto, da inclinação do terreno e da vazão necessária em cada trecho, tornando assim possível a análise rápida e precisa entre os três modelos de drenagem sustentável em relação ao modelo tradicional.

Tabela 9: Coeficiente de Manning

Material	Coef. Manning	Fonte
Asfalto	0,012	Florida Department of Transportation. Drainage Manual, 1986.
Concreto	0,011	Florida Department of Transportation. Drainage Manual, 1986.
Lajota Sextavada	0,020	Back, 2015.

Fonte: Dos autores, 2018.

Um apontamento importante que vale ressaltar é sobre o material adotado nas sarjetas, onde foi utilizado o mesmo presente na pavimentação da malha urbana. Como por exemplo, nos modelos B e C, onde foram diferenciados as avenidas e ruas através da pavimentação asfáltica nas avenidas e a utilização de lajota sextavada de concreto nas ruas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quando aplicados os métodos de dimensionamento sustentável, foi possível avaliar a influência que cada material utilizado na área de estudo causa nos resultados da drenagem pluvial. Como por exemplo, quando comparado o modelo tradicional com os diferentes modelos sustentáveis individualmente, como apresentado na tabela 10.

Tabela 10: Dimensionamento

Resultados Avaliados	Modelo Tradicional	Proposta A	Proposta B	Proposta C
Vazão pluvial lançada para a drenagem (m ³ /s)	3,8499	3,6369	2,7400	2,0119
Vazão pluvial retida no sistema (m ³ /s)	1,5327	1,7457	2,6427	3,3708
Quantidade de BLs (un)	84	74	58	46
Velocidade máxima na sarjeta (m/s)	1,0978	0,8774	0,8099	0,7414
Velocidade máxima na tubulação (m/s)	4,1965	4,1965	3,8795	3,5491

Fonte: Dos autores, 2018.

Analisando primeiramente o modelo tradicional com a proposta de dimensionamento A, foi obtido uma redução de 5,53% na vazão pluvial lançada para a drenagem, um aumento de 13,90% na vazão retida no sistema, redução de 11,90% no quantitativo de bocas de lobo, equivalente a 10 unidades e a redução de 20,08% na velocidade máxima das sarjetas, porém entre esses modelos não se obteve mudanças entre as velocidades máximas encontrada nas tubulações, pois esse valor foi encontrado no mesmo trecho estudado, onde se localiza uma das ruas, que no caso do modelo A não foi alterado o material da pavimentação, mantendo a velocidade constante.

Já em relação entre o modelo tradicional e a proposta B, considerada como o modelo sustentável intermediário, os resultados encontrados para a vazão pluvial lançada para a drenagem tiveram uma redução de 28,83%, aumentando assim em 72,42% a vazão retida no sistema, com isso foi possível reduzir em 26 bocas de lobo, totalizando 30,95%, logo a velocidade das águas nas sarjetas diminuíram 26,23%, e nessa comparação houve uma redução também na velocidade máxima nas tubulações de 7,55%.

E por fim, relacionando o modelo tradicional com o modelo C, modelo em que as técnicas de drenagem sustentáveis foram mais utilizadas, e conseqüentemente obtiveram-se os valores comparativos mais impactantes, como a redução de 47,74% na vazão que é lançada para a rede de drenagem, logo aumentou em 119,93% a vazão absorvida pelo sistema até o lençol freático, reduzindo assim em 45,24% a quantidade de bocas de lobo necessárias para o funcionamento do sistema, equivalente a 38 unidades. Já em relação as velocidades máximas, reduziu-se em 32,46% nas sarjetas e 15,43% nas tubulações.

3.1 COMPARATIVO DO QUANTITATIVO DE DRENOS DE CONCRETO

Dentre os resultados foi possível identificar a redução do quantitativo e diâmetro dos drenos de concreto, tabela 11, necessárias para suprir a vazão pluvial calculada. Tal resultado foi possível com a redução da vazão lançada nas tubulações gerada pela aplicação da drenagem sustentável.

Tabela 11: Quantitativo de drenos de concreto

MODELO TRADICIONAL								
DN (mm)	400	500	600	700	800	900	1300	Total
LTOTAL (m)	165,00	745,00	560,00	167,00	120,00	110,00	62,00	1.929,00

MODELO A								
DN (mm)	400	500	600	700	800	900	1200	Total
LTOTAL (m)	165,00	721,00	460,00	167,00	120,00	110,00	62,00	1.805,00

MODELO B							
DN (mm)	400	500	600	700	800	1100	Total
LTOTAL (m)	165,00	849,00	278,00	120,00	110,00	62,00	1.584,00

MODELO C						
DN (mm)	400	500	600	700	1000	Total
LTOTAL (m)	664,00	627,00	120,00	110,00	62,00	1.583,00

Fonte: Dos autores, 2018.

A demonstração desta redução em números pode ser realizada com a comparação das áreas cobertas pela disposição hipotética dos drenos lado a lado.

Assim, para o modelo tradicional de drenagem, os drenos posicionados lado a lado preenchem uma área de 602,21 m².

O modelo A, uma área de 557,05 m², este modelo que apresenta apenas uma medida alternativa a drenagem tradicional foi observada que foi uma redução de 7,50% na área coberta pelos drenos de concreto.

A área do modelo B corresponde a 426,43 m² e representa uma redução de 29,19% quando comparada ao modelo tradicional.

Por fim, comparado o modelo tradicional ao modelo C foi obtido uma área de 331,51 m², representando uma redução de 44,95% da área coberto pelos drenos de concreto.

As reduções apresentadas acima, exemplificando com as áreas ocupadas pelos drenos de concreto para cada modelo, foi uma forma tangível encontrada para apresentar as reduções quantitativas obtidas com a aplicação da drenagem sustentável. Essas reduções impactarão, principalmente, na redução de custos de materiais, mão de obra e serviços quanto a drenagem pluvial. Medidas que contribuem com o que os profissionais técnicos da área da engenharia sempre buscam, economia e segurança.

4 CONCLUSÕES

O presente estudo de caso de uma cidade de pequeno porte do Estado de Santa Catarina estudou quatro modelos de drenagem na área central da cidade objeto do estudo, sendo um modelo convencional – situação atual da cidade – e três modelos diferentes de inserção de métodos sustentáveis para a drenagem urbana. A conclusão deste estudo de caso permitiu concluir:

- ✓ a drenagem sustentável com o uso de técnicas fáceis e simples apresentam resultados positivos na redução da vazão pluvial enviada para o sistema pluvial urbano;
- ✓ dentre os modelos apresentados o modelo A é o mais fácil para ser executado em uma área consolidada, como a área do estudo de caso;
- ✓ os modelos B e C apresentaram os melhores resultados para a redução da vazão enviada para o sistema de drenagem urbano 28,83% e 47,74%, respectivamente, porém a aplicação destes modelos em áreas consolidadas não é de fácil execução. Estes modelos são indicados para áreas em estudo ou em processo de urbanização;

A conclusão deste estudo confirma que a aplicação de metodologias alternativas à drenagem convencional é interessante aos cofres públicos, privados e ao meio ambiente, pois as metodologias apresentadas neste estudo de caso geram o amortecimento das cheias dos rios nas épocas de chuvas intensas, afim de evitar enchentes, inundações e alagamentos, e consecutiva redução dos custos com o sistema de drenagem pluvial.

Importante salientar que a implantação destes modelos será realidade quando for incentivada individual e coletivamente com a inserção de diretrizes nos Planos Diretores dos municípios.

5 REFERÊNCIAS

American Society of Civil Engineers. **DESIGN AND CONSTRUCTION OF URBAN STORMWATER MANAGEMENT SYSTEMS**. Disponível em: <
https://www.waterboards.ca.gov/rwqcb4/water_issues/programs/stormwater/municipa

I/AdminRecordOrderNoR4_2012_0175/2001LAMS4_AR/Items%20532%20to%20553_reduced.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

BACK, Á.J. **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.

BACK, Álvaro José. **Hidráulica e hidrometria aplicada:** com programa Hidrom para cálculo. 2. ed. rev. e ampl. Florianópolis: EPAGRI, 2015. 397 p.

BASTOS, Patrícia Covre. **Efeitos da Urbanização sobre Vazões de Pico de Enchente.** Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2009.

BBC. **Mortos por enchente na Argentina sobem para 35.** 2013. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/ultimas_noticias/2013/04/130403_argentina_enchente_fn_rn>. Acesso em: 01 mai. 2018.

DC. **Tragédia de 1974 em Tubarão, SC, não tem lista oficial de mortos até hoje.** 2014. Disponível em: <http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2014/03/tragedia-de-1974-em-tubarao-sc-nao-tem-lista-oficial-de-mortos-ate-hoje-4453041.html>. Acesso em: 08 mai. 2018.

FERNANDES, Marília; KOBAYASHI, Fabiana Y.; FAGGION, Flávio H. M.; BOSCO, Lara M. Del. **DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL.** PHD 2537 – Água em Ambientes Urbanos. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008. p. 8.

Florida Department of Transportation. Drainage Manual. **DRAINAGE MANUAL.** 2002. Disponível em: <<http://www.fdot.gov/roadway/drainage/files/drainagemanual.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2018.

GOLDENFUM, J.A. e TUCCI, C.E.M. **Hidrologia de águas superficiais.** Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1996. 128p.

JÚNIOR, Luiz Carlos Mittelstadt. **ÁGUAS PLUVIAIS E DRENAGEM URBANA INFLUÊNCIA DE RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO NO CONTROLE DE VAZÃO.** In: Seminário de Iniciação Científica, XXIII, 2015. Santa Rosa: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2015. p. 9.

LINARD, Pedro Arthur Ribeiro Gomes. **DREANGEM COMPENSATÓRIA E SUA APLICAÇÃO EM UMA ÁREA DA UFRN**. 2017. 71 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

LUCERO, L.J.; GUNN, J.D.; SCARBOROUGH, V.L. **Climate Change and Classic Maya Water Management**. *Water* 2011, 3, 479-494.

SOUZA, Franciele Schmitz. **ANÁLISE HISTÓRICA DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE TUBARÃO – SANTA CATARINA**. 2017. 83 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão.

TALKING ABOUT DISASTER: Guide for Standard Messages. Produced by the National Disaster Education Coalition, Washington, D.C., 2004.

TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais: Piscinões, Galerias, Bueiros, Canais**. Métodos SCS, Denver, Santa Bárbara, Racional, TR-55. São Paulo: Editora Navegar, 2002.

TUCCI, Calos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. **INUNDAÇÕES URBANAS NA AMÉRICA DO SUL**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 150 p.

U.S. Green Building Council. **LEED 2009 FOR EXISTING BUILDINGS OPERATIONS AND MAINTENANCE**. 2014. Disponível em: <<https://www.usgbc.org/resources/leed-new-construction-v2009-current-version>>. Acesso em: 16 out. 2018.

WILKEN, P. S. (1978). **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB p 477.