REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS DE DRENAGEM CONVENCIONAL E SUSTENTÁVEL PARA UM LOTEAMENTO NO MUNICÍPIO DE GRAVATÁ-PE

COMPARATIVE STUDY BETWEEN CONVENTIONAL AND SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS FOR AN ALLOTMENT IN THE CITY OF GRAVATÁ-PE

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE DRENAJE CONVENCIONALES Y SOSTENIBLES PARA UNA PARCELACIÓN EN EL MUNICIPIO DE GRAVATÁ-PE

Caroline Adriele Mendonça de Santana
Bacharela em Eng. Civil, UFRPE, Brasil
E-mail: carolineadrielle@hotmail.com

Robson José Silva
Doutor em Eng. Civil, UFRPE, Brasil
E-mail: robson.josesilva@ufrpe.br

Thiago Cabral Nepomuceno
Doutor em Eng. Civil e Ambiental, UFRPE, Brasil
E-mail: thiago.cabralnepomuceno@ufrpe.br

Vicente de Paulo Silva
Doutor em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, UFRPE, Brasil
E-mail: vicenteufrpe@yahoo.com.br

Renatael Oliveira dos Santos
Especialista Docência para a Educação Profissional e Tecnológica, UFRPE, Brasil
E-mail: renataeloliveira@gmail.com

Alexandre Luiz Souza Borba
Mestre em Geociências, UFRPE, Brasil
E-mail: alexandrelsborba@yahoo.com.br

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

Margarida Regueira da Costa
Doutora em Eng. Civil, UFRPE, Brasil
E-mail: regueira.costa@uol.com.br

Dinaldo Cavalcanti de Oliveira
Doutor em Ciências, UFPE, Brasil
E-mail: dinaldo@cardiol.br

Otávio Pereira dos Santos Júnior
Doutor em Tecnologias Energéticas e Nucleares, IFPE, Brasil
E-mail: otavio.santos@vitoria.ifpe.edu.br

Arquimedes Parente Paiva Mororó
Mestre em Eng. Civil, UFPE, Brasil
E-mail: appaiva@hotmail.com

Fernanda Soares de Miranda Torres
Mestre em Eng. Civil, UFRPE, Brasil
E-mail: Fernanda.miranda@sgb.gov.br

Rosiane Antonia Cavalcanti
Bacharela em Química, IFPE, Brasil

Maria Rosilda Cavalcanti
Bacharela em Química, IFPE, Brasil

Alex Souza Moraes
Doutor em Geociências, UFRPE, Brasil
E-mail: alex.moraes@ufrpe.br

Resumo

Em decorrência do crescimento populacional desordenado, aumento dos desmatamentos e poluição nos últimos anos, as cidades estão vivenciando o grande desafio de lidar com os problemas de escoamento da chuva. A impermeabilização do solo somada à falta de planejamento das cidades acarreta problemas como enchentes e inundações cada vez mais frequentes, decorrentes de eventos naturais. Para solucionar esse problema, faz-se necessário o emprego de elementos de drenagem urbana que atuem de maneira eficiente na captação e direcionamento adequado das águas pluviais, reduzindo os impactos negativos à população e ao meio ambiente. Neste contexto, o presente trabalho fez um estudo comparativo entre os sistemas de drenagem convencional e sustentável para um loteamento no município de Gravatá-PE. O sistema de drenagem convencional foi dimensionado com a utilização de sarjetas, bocas de lobo, poços de visita,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

reservatório de detenção e bueiros. Já o sistema de drenagem sustentável, foi projetado com substituição parcial de revestimentos impermeabilizados por área verde, uso de pavimentos intertravados, blocos vazados, trincheiras de infiltração e reservatório de detenção com leito permeável. Os resultados mostraram que o aumento de área verde, além de proporcionar um conforto ambiental, também colaborou na redução do escoamento superficial, diminuindo o risco de inundações e alagamentos. Além disso, por proporcionar uma maior infiltração da água no solo, a drenagem sustentável apresentou economia na utilização dos dispositivos. Portanto, o trabalho evidenciou que a adoção de medidas sustentáveis, da concepção à execução dos projetos, pode ser a solução para os problemas atuais enfrentados relativos à drenagem urbana.
Palavras-chave: Drenagem convencional; Drenagem sustentável; Área verde; Sustentabilidade.

Abstract

As a result of disorderly population growth, increased deforestation and pollution in recent years, cities are experiencing the great challenge of dealing with rain runoff problems. Due to the soil waterproofing, problems such as flooding and inundation resulting from natural events are increasingly frequent, and in addition to it, the lack of planning in cities. To solve this problem, it is necessary to use urban drainage elements that act efficiently in the capture and adequate conduction of rainwater, reducing the negative impacts on the population and the environment. In this context, the present study made a comparative analisys between conventional and sustainable drainage systems for a subdivision in Gravatá-PE. The conventional drainage system was dimensioned with the use of gutters, storm drains, manholes, detention reservoir and culverts. The sustainable drainage system, on the other hand, was designed with partial replacement of waterproofed coatings with green areas, use of interlocked pavements, hollow blocks, infiltration trenches and a detention reservoir with a permeable bed. The results showed that the increase in green area, in addition to providing environmental comfort, also contributed to the reduction of surface runoff, reducing the risk of floods and waterlogging. Besides, by providing greater infiltration of water into the soil, sustainable drainage showed savings in the use of devices. Therefore, the study showed that the adoption of sustainable measures, from the conception to the execution of the projects, can be the solution to the current problems faced regarding urban drainage.
Keywords: Conventional drainage; Sustainable drainage; Green area; Sustainability.

Resumen

Como consecuencia del crecimiento desordenado de la población, el aumento de la deforestación y la contaminación en los últimos años, las ciudades se enfrentan al gran reto de gestionar los problemas de drenaje de las aguas pluviales. La impermeabilización del suelo, sumada a la falta de planificación urbanística, provoca problemas como inundaciones cada vez más frecuentes, derivadas de fenómenos naturales. Para resolver este problema, es necesario emplear elementos de drenaje urbano que actúen de manera eficiente en la captación y el direccionamiento adecuado de las aguas pluviales, reduciendo los impactos negativos para la población y el medio ambiente. En este contexto, el presente trabajo realizó un estudio comparativo entre los sistemas de drenaje convencional y sostenible para una urbanización en el municipio de Gravatá-PE. El sistema de drenaje convencional se dimensionó con el uso de cunetas, bocas de lobo, pozos de visita, depósitos de retención y alcantarillas. Por su parte, el sistema de drenaje sostenible se diseñó con la sustitución parcial de revestimientos impermeables por zonas verdes, el uso de pavimentos entrelazados, bloques huecos, zanjas de infiltración y depósitos de retención con lecho permeable. Los resultados mostraron que el aumento de la zona verde, además de proporcionar un confort ambiental, también contribuyó a reducir el escurrimiento superficial, disminuyendo el riesgo de inundaciones y anegamientos. Además, al proporcionar una mayor infiltración del agua en el suelo, el drenaje sostenible supuso un ahorro en el uso de los dispositivos. Por lo tanto, el trabajo demostró que la adopción de medidas sostenibles, desde la concepción hasta la ejecución de los proyectos, puede ser la solución a los problemas actuales relacionados con el drenaje urbano.
Palabras clave: Drenaje convencional; Drenaje sostenible; Zona verde; Sostenibilidad.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

1. Introdução

O desenvolvimento urbano acelerado tem impactado os recursos naturais, alterando o padrão de uso e ocupação do solo e a qualidade do ambiente, resultando na degradação da biodiversidade. Segundo Tucci (2008), a relação do ambiente natural com a população é viva e dinâmica, e os efeitos dessa relação, se não forem devidamente controlados, podem ter consequência caótica numa cidade.

Devido ao avanço das edificações, o crescimento das cidades tem resultado no aumento da impermeabilização do solo, intensificando significativamente os problemas de cheias, acarretando em transtornos econômicos e sociais. De acordo com Miguez, Verol & Rezende (2015), as cheias naturais são geradas de uma precipitação intensa, que faz parte de um processo hidrológico cíclico, favorável ao meio ambiente. Contudo, a falta de planejamento urbano, tem castigado as cidades com o excesso de escoamento da água da chuva, contribuindo para um dos principais desafios dos centros urbanos atualmente.

No Brasil há inúmeros casos de enchentes e inundações, como por exemplo na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, onde grandes transtornos vêm ocorrendo recorrentemente nos períodos de chuva. Segundo a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), em maio de 2022 a cidade registrou um acumulado de 821 mm de precipitação, gerando deslizamentos de barreiras, enchentes e alagamentos que resultaram em números consideráveis de desabrigados, desalojados e até mortes.

O sistema de drenagem tem o objetivo de prevenir inundações nas áreas urbanas, recolhendo as águas pluviais e as conduzindo para um destino final adequado. Segundo Leite et al (2019), um sistema de drenagem eficiente proporciona grandes melhorias ao meio, evitando a contaminação do solo e da água, prevenindo a proliferação de doenças e assegurando o bem estar e saúde do meio ambiente e da população.

Os projetos de drenagem convencionais são corretos tecnicamente, contudo,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

sua eficiência é influenciada pela urbanização, logo, é importante que os sistemas de drenagem estejam integrados a essas mudanças, buscando a inserção de novas soluções técnicas ao projeto (Miguez; Verol & Rezende, 2015).

Nos últimos anos, novas abordagens sustentáveis vêm sendo desenvolvidas e aplicadas aos sistemas de drenagem, com o objetivo de reduzir os impactos da urbanização e contribuir para a manutenção do ciclo hidrológico. Tais abordagens consolidam o conceito de drenagem sustentável. Esse modelo se utiliza de técnicas que colaboram com a infiltração da água no solo, abastecendo os lençóis freáticos e consequentemente, reduzindo o escoamento superficial.

De acordo com Tucci (2012), as medidas de drenagem sustentáveis podem ser estruturais e não estruturais. As medidas estruturais dizem respeito às estruturas de projeto que contribuem a favor da infiltração ou evaporação da água. E as medidas não estruturais consistem em regulamentos e ações educativas que promovem a conscientização da população.

Assim, o presente trabalho buscou comparar de maneira teórica, o sistema de drenagem convencional e o sistema de drenagem sustentável aplicados a um loteamento previsto no município de Gravatá/PE, por meio da avaliação de parâmetros hidráulicos e análise das condições estruturais e ambientais do sistema.

2. Metodologia

Caracterização da área de estudo

Situada na unidade do Planalto da Borborema, Gravatá é um município pertencente à Mesorregião do Agreste Pernambucano e à Microrregião do Vale do Ipojuca. Sua altitude é de 447 metros, e apresenta um relevo acidentado com vales profundos e estreitos dissecados (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM, 2005). Com clima tropical chuvoso e verão quente e seco, sua estação chuvosa ocorre entre os meses de fevereiro e agosto, sendo junho o mês mais intenso, com precipitação média mensal de 135 mm. A cidade está a 84 km da capital Recife e possui uma área territorial de 503,946 km² e uma estimativa de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

85.309 habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021).

A área de estudo, corresponde a 179.604,27 m², a mesma está situada no limite de Gravatá, na divisa com o município de Sairé, no km 85 da BR-232.

O estudo tomou como base o projeto arquitetônico de um loteamento do município, previsto a ser implantado. A área total do loteamento é dividida em área privada e área institucional, ou seja, uma parcela do terreno foi doada ao Poder Público Municipal, sendo 10,03% para área verde e 10,07% destinada à implantação de equipamentos públicos, que geralmente é usada para construções que visam atender às necessidades da população no entorno.

Em função da planialtimetria da área, a direção do fluxo de escoamento das águas pluviais é de noroeste à sudeste direcionadas ao açude existente no terreno, onde serão lançadas as águas superficiais, que serão reaproveitadas na irrigação da área verde. A cota de nível do açude está a 5 m abaixo da cota de nível das construções.

Estudos Hidrológicos

A partir da identificação da área de estudo, foi realizado o dimensionamento hidrológico. Dessa forma, a intensidade de chuva (curva IDF) da região foi determinada pela seguinte Equação 1:

$$i = \frac{K \times Tr^{a}}{(t+b)^{c}} \qquad (1)$$

Onde:

i = intensidade máxima média de chuva, mm/h;
Tr = período de retorno, anos;
t = duração da chuva, min;
K, a, b, c = parâmetros empíricos que dependem da estação pluviográfica.

Para o município de Gravatá foram utilizados os dados pluviográficos da estação climática mais próxima, localizada no município de Bezerros. Dessa forma, os parâmetros obtidos foram K=4083,64, a = 0,13, b = 31,836, e c = 0,948 (Silva et

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

al., 2012). Para o tempo de retorno, foi considerado o período de 10 anos, indicado para o sistema de microdrenagem urbana (Tomaz, 2002). Já o parâmetro t, que corresponde ao tempo do percurso mais extenso da água até a seção final, foi calculado pela fórmula de Kirpich, conforme a Equação 2:

$$t = 57 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (2)$$

Onde:
L = comprimento do rio principal da bacia, Km;
H = desnível entre o ponto mais alto da bacia e o exutório, m.

Para determinação da vazão, foi utilizado o método racional, apresentado através da Equação 3:

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

Onde:
Q = Vazão máxima de escoamento, m³/s;
C = Coeficiente de deflúvio de Runoff, adimensional;
i = Intensidade média máxima da chuva, m/s;
A = Área de contribuição da bacia, m².

A adoção exclusiva do Método Racional para a determinação de vazão de pico em bacias hidrográficas de pequena extensão justifica-se tecnicamente por sua fundamentação hidrológica simplificada e coerente com escoamentos concentrados em áreas urbanas ou rurais de até aproximadamente 200 ha, nas quais o tempo de concentração é reduzido e a resposta hidrológica pode ser considerada praticamente uniforme. O método estabelece relação direta entre a intensidade de precipitação associada ao tempo de concentração e período de retorno (obtida a partir de curvas IDF locais), o coeficiente de escoamento superficial representativo das características de uso e ocupação do solo, e a área de contribuição, permitindo estimativa conservadora e consistente da vazão máxima para dimensionamento de dispositivos de drenagem. Ademais, sua aplicação requer número reduzido de parâmetros, apresenta baixa sensibilidade a incertezas quando corretamente parametrizado e é amplamente recomendado por

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

normas técnicas e manuais de drenagem urbana, configurando-se como procedimento adequado e tecnicamente defensável para projetos em microbacias onde métodos hidrológicos mais complexos não se justificam pela escala e disponibilidade de dados.

Para o coeficiente de deflúvio, foi utilizado o Cmédio, devido aos diferentes materiais de revestimento nas superfícies do local de estudo. Na Tabela 1, tem-se os valores do coeficiente de diferentes superfícies.

Tabela 1 – Coeficiente de escoamento.

Superfície	C
Asfalto	0,95
Telhado	0,85
Concreto (Netto,2018)	0,80
Calçada com paver	0,50
Gramado	0,15
Terreno com brita	0,10
Blocos vazados	0,03

Fonte: Rosa & Cauduro (2018).

Para o desenvolvimento da drenagem urbana da área em estudo foram definidos dois cenários, o sistema convencional e o sistema sustentável obedecendo modelos diferentes em sua composição.

O traçado da rede de drenagem foi projetado em AutoCad, com locação definida de montante a jusante atendendo aos critérios inerentes a cada dispositivo. A captação e a condução das águas pluviais foram realizadas da esquerda para a direita ao longo das vias, de cima para baixo na área A e de baixo para cima na área B. Essa configuração foi adotada devido às declividades longitudinais das vias, uma vez que está diretamente ligada a velocidade de escoamento pluvial.

Drenagem Convencional

O modelo com drenagem convencional considerou as ruas e o estacionamento com pavimento asfáltico, calçada de concreto, telhado para as

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

edificações e gramado na área verde. A partir da averiguação dos diferentes revestimentos presentes no projeto, foi calculado o Cmédio para o sistema de drenagem convencional, através de uma média ponderada dos coeficientes e suas respectivas áreas de cada revestimento, apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Cmédio drenagem convencional.

Superfície	C*	Área (%)
Asfalto	0,95	13
Telhado	0,85	59
Concreto	0,80	5
Gramado	0,15	23

Fonte: *Rosa & Cauduro (2018);
Os autores (2022).

A drenagem foi dimensionada adotando o uso de sarjetas nos dois lados das vias, com exceção das ruas nas extremidades do terreno; bocas de lobo com grelha nas sarjetas; poços de visita no centro das vias e galerias pluviais. Além disso, foram dimensionados tanque de detenção e bueiros para lançamento no ponto à jusante das águas pluviais coletadas.

As sarjetas são responsáveis por conduzir as águas superficiais que incidem sobre o pavimento e a área de passeio até o dispositivo de captação boca de lobo.

Elas foram projetadas em concreto, com seção triangular, apresentando largura de 0,50 m e declividade transversal de 20%. Para o cálculo de capacidade de vazão, foi utilizada a Equação 4, dada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006):

$$Q_o = 0{,}375 \times {y_o}^{8/3} \times Z \times \frac{I^{1/2}}{n} \qquad (4)$$

Onde:

Q_o = Vazão da sarjeta, m³/s;
y_o = Altura da lâmina d'água, m;
Z = tangente de θ (Figura 4);
I = declividade longitudinal da sarjeta, m/m;
n = coeficiente de rugosidade de Manning.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

Vale salientar que no cálculo da vazão das sarjetas foi aplicado o fator de redução de 0,50 conforme Netto e Fernández (2018), para tornar o resultado obtido mais próximo das condições reais de escoamento.

As bocas de lobo foram projetadas do tipo grelha, que por sua vez, tem a finalidade de fazer a captação das águas nas sarjetas e transportá-las até os poços de visitas (DNIT, 2006).

O dimensionamento da boca de lobo com grelha deve obedecer a uma altura da lâmina d'água na sarjeta de y < 0,12 m. Dessa forma, a vazão é dada pela fórmula (DNIT, 2006):

$$Q = 1{,}655 \times y^{1{,}5} \times P \qquad (5)$$

Onde:

Q = Vazão máxima esgotada pela grelha, m³/s;
P = Perímetro da abertura da grelha, m;
y = altura d'água na sarjeta sobre a grelha, m.

Com base no modelo de boca de lobo adotado o valor do perímetro P foi de 2,41 m. Pela mesma razão das sarjetas, foram aplicadas às bocas de lobo o fator de redução do escoamento sobre as vazões de 0,50.

Para definição da distância máxima entre as bocas de lobo foi calculado o comprimento crítico das sarjetas através da Equação 6 (DNIT, 2006), evitando o transbordamento das mesmas.

$$d = \frac{Q_o}{2{,}78 \times 10^{-7} \times C \times i \times L} \qquad (6)$$

Onde:

d = comprimento crítico da sarjeta, m;
L = largura do implúvio, m.

Logo após a locação das sarjetas e bocas de lobo, os poços de visitas foram posicionados nos pontos de mudança de direção, de declividade, de diâmetro e na coleta das águas da boca de lobo, conforme orientação do DNIT (2006).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

O poço de visita permite acesso ao seu interior, possibilitando a limpeza e inspeção das galerias pluviais, e assegurando o pleno funcionamento da rede (Tomaz, 2013).

Para o dimensionamento das galerias de águas pluviais, foi realizada a delimitação das áreas das bacias de contribuição para cada boca de lobo.

As galerias adotadas foram de seção circular em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), obedecendo à recomendação mínima de 300 mm para o diâmetro, 0,75 m/s para velocidade mínima e 5,0 m/s para velocidade máxima (Netto & Fernández, 2018).

Para o cálculo do diâmetro da galeria, foi utilizada a fórmula de Manning, através da Equação 7:

$$D = 1{,}511 \times \left(n \times \frac{Q}{\sqrt{I}}\right)^{\frac{3}{8}} \quad (7)$$

Onde:

D = Diâmetro do duto, m;
n = coeficiente de Manning;
Q = Vazão do trecho; m³/s.
I = Declividade da galeria em m/m.

Os reservatórios de detenção são definidos pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2020, p. 3) como “estruturas de acumulação temporária das águas de chuva, que contribuem para a redução das inundações urbanas”. Podem ser utilizados, segundo Miguez, Veról & Rezende (2015), para controle da vazão urbana, controle do volume e controle do material sólido. A instalação dos reservatórios próximos a parques e áreas verdes corrobora para um bom funcionamento do ambiente.

O dimensionamento do reservatório foi realizado conforme Equação 8. Para isto, foram considerados dois cenários: pré-desenvolvimento, em que o loteamento está na fase inicial de construção; e o pós-desenvolvimento, em que o loteamento está concluído, portanto, com terreno mais impermeável (Pereira, 2021).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

$$V = 0,5 \times (Q_{pós} - Q_{pré}) \times tb \qquad (8)$$

Onde:

V = volume de armazenamento, m³;
Qpós = vazão de pico no pós-desenvolvimento, m³/s;
Qpré = vazão de pico no pré-desenvolvimento, m³/s;
Tb = tempo de concentração multiplicado por 3, min.

As vazões foram calculadas a partir da Equação 3. Para o coeficiente de escoamento superficial no pré-desenvolvimento foi adotado o C=0,15 referente a gramado (Tabela 1), devido a ocupação do solo com vegetação nativa na condição inicial. Já no pós-desenvolvimento, agora na condição de loteamento concluído o coeficiente adotado foi o de Cmédio calculado, devido ao padrão de ocupação e impermeabilização previstos no terreno.

Para a saída do reservatório foi dimensionado o orifício circular de descarga submersa. Esse orifício tem como função principal o controle da saída da água quando do pico de chuva, à montante do açude.

Pela Lei dos orifícios (Teorema de Torricelli), a sua vazão é calculada, pela Equação 9:

$$Q = C_d \times A \times (2 \times g \times h)^{0,5} \qquad (9)$$

Onde:

C_d = coeficiente de descarga;
A = área da seção do orifício, m²;
g = aceleração da gravidade, m/s²;
h = carga hidráulica, m.

O tempo de esvaziamento do reservatório foi calculado através da Equação 10. Durante o pico de chuva o reservatório deve ser esvaziado lentamente de forma a prevenir inundações.

$$t = \frac{2 \times As \times (y1^{0,5} - y2^{0,5})}{Cd \times Ao \times 2g^{0,5}} \qquad (10)$$

Onde:

t = tempo de esvaziamento, s;
As = área da seção transversal do reservatório na altura y1, m²;
Ao = área da seção transversal do tubo de saída, m²;
y1 = altura do nível da água no início do esvaziamento, m;
y2 = altura do nível de água no fim do esvaziamento, m.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

Dessa forma, na saída do reservatório, as galerias conduzem a água pluvial para lançamento no ponto de deságue, onde foram instalados bueiros de concreto com seção circular.

Drenagem Sustentável

Segundo Dias & Antunes (2010), o conceito de drenagem sustentável está diretamente ligado ao funcionamento do ciclo hidrológico da água, em que são adotadas técnicas na drenagem que imitam este ciclo por meio da evaporação, evapotranspiração e infiltração da água no solo, levando a diminuição da vazão de escoamento, evitando erosões e grandes concentrações de água nos centros urbanos. De acordo com Amaral Filho (2016), essa nova abordagem é conhecida por técnica compensatória.

No modelo convencional, a preocupação com a manutenção do ciclo hidrológico fica em segundo plano, sendo muito comum em áreas urbanizadas a implantação de loteamentos com percentual de área verde de até 20%. Esse baixo percentual é um dos principais fatores que influenciam na incidência de inundações, enchentes e poluição.

Segundo os estudos apresentados por Silveira; Oliveira & Schuch (2020), para um loteamento ser considerado sustentável, este deverá apresentar o percentual mínimo de 25% de área verde. Isso porque a presença de vegetação em ambientes urbanos exerce uma função que vai além da estética, proporcionando preservação de inundações, proteção das águas de abastecimento e conforto ambiental, devido ao seu papel no equilíbrio da umidade e fluxo de calor (Benini, 2009).

Com base nos conceitos de sustentabilidade ambiental, o projeto de drenagem sustentável, contemplou as seguintes ações:

- substituição de 12% da área dos lotes do projeto convencional por área verde, ultrapassando o percentual mínimo de 25%;
- substituição do pavimento asfáltico na área do estacionamento por blocos vazados;

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

- substituição do revestimento de concreto nos passeios por pavimento intertravado (paver);
- Inserção de trincheiras de infiltração ao sistema de drenagem, substituindo 3% da área dos lotes e 20% das calçadas;
- reservatório de detenção com leito permeável e esgotamento simultâneo por infiltração do solo e por tubulação.

Estas alterações tiveram por objetivo, reduzir o Coeficiente de Escoamento Superficial médio, contribuindo para um aumento da infiltração pluvial na superfície da área e uma redução do risco de inundações.

O Cmédio para a drenagem sustentável foi calculado considerando todas as modificações, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Cmédio drenagem sustentável.

Superfície	C*	Área (%)
Asfalto	0,95	8
Telhado	0,85	50
Calçada com paver	0,50	4
Gramado	0,15	30
Terreno com brita	0,10	3
Blocos vazados	0,03	5

Fonte: *Rosa & Cauduro (2018);

O pavimento de bloco concreto vazado é classificado como pavimento permeável, devido as aberturas em sua estrutura, que são preenchidas com grama ou material granular (Acioli, 2005).

Essas aberturas nos blocos possibilita o armazenamento temporário da água da chuva seguido pela infiltração no solo. Por essa característica hidráulica, os pavimentos permeáveis são conhecidos também como estrutura de reservatório (Raimbault *et al,* 2002).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

Segundo Martins (2014), o pavimento intertravado nos passeios também auxilia na infiltração da água da chuva no solo, devido as brechas entre as peças e sua camada de base ser constituída por material granular.

As trincheiras de infiltração ou trincheiras drenantes colaboram com a redução do escoamento superficial, por apresentar uma estrutura linear preenchida com material granular em seu interior, possibilitando a armazenagem e infiltração da água (Peiter & Poleto, 2012).

As trincheiras no projeto foram inseridas no geral entre o passeio intertravado e a área verde. O volume dimensionado deve ser suficiente para armazenar temporariamente a precipitação (Fröhlich & Cauduro, 2019), para isto, suas dimensões foram pré-determinadas, com 40 cm de largura, 1,0 m de profundidade e extensão total de 13,47 km. A área de infiltração da trincheira foi obtida através da Equação 11:

$$A_i = A_{pl} + A_b \quad (11)$$

Onde:

A_i = Área de infiltração da trincheira, m²;
A_{pl} = Área das paredes laterais da trincheira, m²;
A_b = Área da base da trincheira, m².

Para o cálculo da vazão de infiltração, é dado pela Equação 12:

$$Q_i = A_i \times q \quad (12)$$

Onde:

Q_i = Vazão infiltrada durante o período de precipitação, m³/s;
q = Taxa de infiltração, m/s.

Para o estudo foi considerado também um solo de areia argilosa, que possui taxa de infiltração q = 0,01 $m.h^{-1}$ (Miguez; Verol & Rezende, 2015). Também foi aplicado um fator de segurança de 1,5 dividindo a taxa de infiltração, devido aos riscos de colmatação nas trincheiras (Jewell, 1996).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

A sensibilidade em relação à taxa de infiltração pode ser considerada elevada e inversamente proporcional ao escoamento superficial, sobretudo em análises hidrológicas de eventos de projeto. Do ponto de vista físico, a infiltração atua como mecanismo de abstração inicial da precipitação; portanto, quanto maior a taxa de infiltração do solo, menor será o volume e a vazão de escoamento gerados. Consequentemente, pequenas reduções na capacidade de infiltração, decorrentes, por exemplo, de compactação, impermeabilização ou saturação prévia podem produzir aumentos significativamente desproporcionais na vazão de pico, especialmente em bacias de pequena área e resposta rápida.

O cálculo do volume de armazenamento se dá pela Equação 13:

$$V_a = (Q_a - Q_i) \times D_p \qquad (13)$$

Onde:

V_a = Volume de armazenamento, m³;
Q_a = Vazão máxima de escoamento, m³;
D_p = Duração da precipitação, s. Para este foi considerado 600 s.

Após a definição do volume de armazenamento, foi calculada a altura final da trincheira com base na Equação 14:

$$h = \frac{\frac{V_a}{n}}{A_b} \qquad (14)$$

Onde:

n = Porosidade efetiva do material de enchimento, adimensional. O valor adotado foi n = 0,5 referente a brita graduada (Miguez; Verol & Rezende, 2015).

O reservatório de detenção com leito permeável e esgotamento simultâneo por infiltração do solo e por tubulação é constituído por um fundo de material granular, permitindo a armazenagem temporária e posterior infiltração no solo, sendo sua vazão de saída menor que sua vazão de entrada.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

O volume e o tempo de esvaziamento do reservatório foram feitos através das Equações 8 e 10, respectivamente. O cálculo de vazão de infiltração foi realizado através da Equação 12.

O projeto de drenagem sustentável manteve a utilização das sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e as galerias.

Drenagem convencional X Drenagem Sustentável

Para comparação dos métodos de drenagem convencional e sustentável foram avaliados os seguintes parâmetros:

- Influência dos materiais
- Vazão
- Comprimento crítico
- Quantidade de bocas de lobo e poço de visita
- Volume do reservatório
- Diâmetro máximo da galeria

3. Resultados e Discussão

Estudos Hidrológicos

Após a aplicação dos cálculos, foi obtido o resultado de intensidade da chuva para o município de Gravatá, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Dados do estudo hidrológico.

L (Km)	0,41
H (m)	16
t (min)	7
i (mm/h)	171,57

Fonte: Os autores (2022).

Drenagem Convencional

A partir da definição e análise dos materiais de superfícies do terreno (Tabela 2), foi obtido o coeficiente médio para o método de drenagem

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

convencional. Com o coeficiente médio, foi calculado o valor da vazão máxima de escoamento pluvial (Equação 3), ambos apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Coeficientes e vazões máximas de escoamento da drenagem convencional.

Cmédio	Vazão máx. (m³/s)
0,70	5,99

Fonte: Os autores (2022).

Na Tabela 6 é apresentado o resultado dos cálculos do dimensionamento das sarjetas, com fator de redução aplicado, utilizados no estudo.

Tabela 6 – Dimensionamento drenagem convencional.

Vazão máx. sarjeta A* (m³/s)	0,01
Vazão máx. sarjeta B** (m³/s)	0,03
Comprimento crítico da sarjeta A (m)	20,00
Comprimento crítico da sarjeta B (m)	60,00
Velocidade máx. na sarjeta A (m/s)	0,97
Velocidade máx. na sarjeta B (m/s)	2,18

*sarjeta A possuem declividade longitudinal de 0,01 m/m **sarjeta B com declividade longitudinal de 0,05 m/m.
Fonte: Os autores (2022).

As bocas de lobo foram locadas conforme espaçamento calculado, com exceção em alguns pontos intermediários nos quais foi necessário a presença do dispositivo de captação devido a ponto baixo. O resultado quanto a sua capacidade e distribuição estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Dimensionamento Bocas de Lobo (BL) Poços de visita (PV) da drenagem convencional.

Capacidade BL (L/s)	63,03
Quantidade de BL	230
Quantidade de PV	138

Fonte: Os autores (2022).

As vazões provenientes das bocas de lobo são transportadas pelas galerias. Ao longo dos trechos, essa vazão corresponde ao somatório das vazões a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

montante das bocas de lobo. O recobrimento adotado nas tubulações foi 0,50 m (PEAD).

O cálculo de dimensionamento das galerias usou a mesma declividade das vias e a lâmina d'água foi de 75% na seção do tubo. O resultado do dimensionamento está apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Dimensionamento galerias pluviais da drenagem convencional.

Diâmetro mínimo (m)	0,30
Diâmetro máximo (m)	1,20
Velocidade mínima (m/s)	1,50
Velocidade máxima (m/s)	3,50
Metro linear (m)	3.604,9

Fonte: Os autores (2022).

No dimensionamento do reservatório de detenção, o volume total encontrado foi dividido em dois compartimentos, em virtude da facilidade de construção. Dessa forma, foram dimensionados dois reservatórios de seção retangular, sendo um responsável por receber a contribuição da área A e o outro da área B.

As dimensões dos reservatórios estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Dimensionamento reservatório de detenção da drenagem convencional.

Qpré (m^3/s)	1,23
Qpós (m^3/s)	5,74
Volume total de armazenamento (m^3)	2839,41
Profundidade adotada (m)	3,00
Comprimento (m)	28,00
Largura (m)	17,00
Área (m^2)	476,00
Diâmetro do orifício de saída (cm)	40
Vazão do orifício (m^3/s)	0,03
Tempo de esvaziamento (s)	5918

Fonte: Os autores (2022).

Drenagem Sustentável

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

Após as alterações dos materiais de cobertura do terreno no sistema sustentável de drenagem, foi obtido um novo coeficiente de escoamento médio (Tabela 3). Além disso, também foi calculada a vazão pluvial máxima para o novo projeto, apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Coeficientes e vazões máximas de escoamento no sistema sustentável.

Cmédio	Vazão máx. (m³/s)
0,57	4,89

Fonte: Os autores (2022).

Para o dimensionamento das trincheiras de infiltração, as dimensões pré-determinadas foram 40 cm de largura, 1,0 m de profundidade e extensão total de 13,47 km. Os resultados estão exibidos na Tabela 11.

Tabela 11 – Dimensionamento trincheiras de infiltração.

Área de infiltração total (km²)	0,02
Vazão de infiltração total (m³/s)	0,04
Volume de armazenamento total (m³)	2911,85
Metro linear (m)	13.470,3
Largura (m)	0,40
Altura final (m)	1,10

Fonte: Os autores (2022).

A capacidade hidráulica das sarjetas e bocas de lobo são constantes, ou seja, apresentam o mesmo desempenho nos dois cenários estudados. Contudo, foi obtido um novo comprimento crítico das sarjetas, proveniente da mudança do coeficiente médio de escoamento no modelo sustentável. Os resultados do comprimento crítico da sarjeta estão dispostos na Tabela 12.

Tabela 12 – Dimensionamento sarjetas drenagem sustentável.

Vazão máx. sarjeta A* (m³/s)	0,01
Vazão máx. sarjeta B** (m³/s)	0,03
Comprimento crítico da sarjeta A (m)	30,00
Comprimento crítico da sarjeta B (m)	80,00

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

Comprimento crítico da sarjeta B adotado (m)	60,00
Velocidade máx. na sarjeta A (m/s)	0,97
Velocidade máx. na sarjeta B (m/s)	2,18

*sarjeta A: declividade longitudinal de 0,01 m/m **sarjeta B: declividade longitudinal de 0,05 m/m.
Fonte: Os autores (2022).

Pelos cálculos, o comprimento crítico da sarjeta B alcançou o valor de 80 m visto a redução do parâmetro C do projeto sustentável. No entanto, o comprimento máximo recomendado pelo Manual do DNIT (2006) é de 60 m, nesse caso, sendo o comprimento da sarjeta B adotado (Tabela 11).

A partir desse novo resultado para comprimento crítico da sarjeta, foi realizado uma nova distribuição das bocas de lobo e poços de visita. A quantidade dos dispositivos está apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 – Quantitativo de Bocas de lobo (BL) e Poço de visita (PV) da drenagem sustentável.

Quantidade de BL	165
Quantidade de PV	105

Fonte: Os autores (2022).

As galerias pluviais no modelo sustentável foram devidamente dimensionadas e seus resultados estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Dimensionamento galerias pluvial da drenagem sustentável.

Diâmetro mínimo (m)	0,30
Diâmetro máximo (m)	1,00
Velocidade mínima (m/s)	1,50
Velocidade máxima (m/s)	3,50
Metro linear (m)	3.554,9

Fonte: Os autores (2022).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

Os resultados obtidos para o reservatório com leito permeável e esgotamento simultâneo por infiltração do solo e por tubulação estão dispostos na Tabela 15.

Tabela 15 – Dimensionamento reservatório de detenção com leito permeável da drenagem sustentável.

Qpré (m^3/s)	1,23
Qpós (m^3/s)	4,67
Volume total de armazenamento (m^3)	2168,27
Profundidade adotada (m)	3,00
Comprimento (m)	28,00
Largura (m)	17,00
Área (m^2)	375,00
Vazão de infiltração (L/s)	0,84
Diâmetro do orifício de saída (cm)	40
Vazão de saída do orifício (m^3/s)	0,03
Tempo de esvaziamento (s)	5221,7

Fonte: Os autores (2022).

Drenagem Convencional X Drenagem Sustentável

Ao considerar os dois cenários para o desenvolvimento dos dimensionamentos é possível observar que com a substituição de 12% da área dos lotes por gramado, o projeto sustentável alcançou o percentual de 30% em área verde. Segundo Castanheira, Bragança e Mateus (2014), a área verde oferece um aumento das áreas permeáveis, característica de extrema relevância num projeto de drenagem. Atualmente grandes são os transtornos enfrentados pelas grandes cidades e loteamentos em virtude do volume de água proveniente de alagamentos e inundações. A ausência ou ineficiência de um projeto de drenagem podem corroborar em problemas sociais como enchentes, enxurradas, aumento da transmissão de patologias, perda de materiais e até a morte (Rodrigues *et al*, 2022).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

Segundo Caporusso e Matias (2008), os benefícios que as áreas verdes podem trazer são inúmeros: controle da poluição do ar e da acústica; aumento do conforto ambiental; equilíbrio do índice de umidade no ar; organização e composição de espaços no desenvolvimento das atividades humanas; valorização visual e ornamental do ambiente, além de recreação, favorecendo assim a qualidade de vida das pessoas. Além disso, os autores ressaltam os benefícios para o meio ambiente: proteção das nascentes e dos mananciais; estabilização de superfícies por meio da fixação do solo pelas raízes das plantas e diversificação da paisagem construída. Nesse caso o projeto sustentável desenvolvido apresenta grandes vantagens socioambientais sobre o projeto convencional.

Segundo Rosa (2017), garantir a infiltração da água é uma das ações que favorecem o comportamento natural do ciclo hidrológico, visto que a impermeabilização do solo modifica o escoamento superficial e subsuperficial gerando prejuízos como inundação, aumento da erosão e assoreamento de rios prejudicando sobretudo a população.

No projeto sustentável desenvolvido a importância da infiltração da água também foi considerada a partir de várias intervenções: substituição de 38% do pavimento asfáltico por blocos vazados; substituição de 80% dos passeios de concreto por intertravado; inserção de trincheiras de infiltração substituindo 3% da área dos lotes e 20% da área dos passeios; e alteração no fundo do reservatório de detenção com 100% da área de contribuição. Ainda segundo Rosa (2017), o planejamento adequado durante a projeção e implantação de um empreendimento acarreta em melhores condições de ocupação do solo e menores impactos no ciclo da água.

Do ponto de vista técnico e econômico, outras avaliações são de extrema importância. De acordo com a Tabela 16 é possível enxergar as reduções dos principais parâmetros envolvidos nos projetos.

Tabela 16 – Comparação de parâmetros.

	Convencional	Sustentável
Cmed	0,70	0,57

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

Vazão (m³/s)	5,99	4,89
LC* (m)	20	30
BL** (un)	230	165
PV*** (un)	138	105
Ø máx (m)	1,20	1,05

*LC – Comprimento crítico** BL – Boca de lobo *** PV – Poço de visita
Fonte: Os autores (2022).

De acordo com a Tabela 15, observa-se a redução da vazão de projeto de 5,99 m³/s para 4,89m³/s, uma redução significativa de 18%. Este resultado refletiu diretamente no aumento do comprimento crítico, que por sua vez, reduziu o número de boca de lobo e poço de visita num percentual respectivo de 28,30% e 23,90%.

Rosa & Cauduro (2018) em seu estudo de drenagem sustentável aplicado a uma cidade em Santa Catarina, encontrou, a partir de um cenário com aplicação parcial de gramado, passeios de intertravado e área de terreno com brita, uma redução de 28,83% na vazão pluvial e 30,95% na quantidade de bocas de lobo. Esses valores são bem equivalentes aos que foram encontrados neste trabalho (Tabela 16). Da mesma forma, no estudo de Frohlich & Cauduro (2019), em que foram utilizados blocos vazados nos estacionamentos e paver nos passeios públicos, na cidade de Sombrio/SC, foi encontrada uma redução de 14,86% no Cmédio e 10,81% na quantidade de bocas de lobo.

Com base nas vantagens apresentadas, destaca-se a garantia dos benefícios da aplicabilidade do projeto sustentável sobretudo em áreas em processo de urbanização, visto que tais mudanças em áreas consolidadas exigiriam maiores esforços quanto a execução. Por outro lado, fica evidente a vantagem do projeto sustentável em relação ao projeto convencional, ratificando a economia no uso dos produtos e equipamentos. Dessa forma, a aplicação de metodologias alternativas à drenagem convencional acaba sendo atraente aos cofres públicos, privados e ao meio ambiente, uma vez que tais metodologias podem gerar amortecimento de cheias afim de combater enchentes, inundações e alagamentos, e reduzir os custos com o sistema de drenagem pluvial.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

4. Conclusão

No presente estudo, as soluções de drenagem sustentável analisadas apresentaram desempenho socioeconômico comparativamente favorável em relação ao sistema de drenagem convencional considerado como referência, especialmente no que se refere à redução de volumes escoados, mitigação de picos de vazão e potencial diminuição de custos associados a danos por alagamentos. Os resultados obtidos indicam que a incorporação de dispositivos baseados em retenção e infiltração pode contribuir para uma abordagem de urbanização com menor impacto hidrológico, no contexto das pressões decorrentes da expansão urbana, da intensificação de eventos pluviométricos e da recorrência de inundações em áreas consolidadas.

Verificou-se, ainda, que a adoção de soluções construtivas de baixa complexidade técnica, tais como pavimentos permeáveis, blocos intertravados vazados e estruturas destinadas à promoção da infiltração no solo, apresentou potencial para reduzir o escoamento superficial direto e favorecer a recarga local. Essas estratégias, quando adequadamente dimensionadas às condições geotécnicas e hidrológicas da área de estudo, mostraram-se compatíveis com intervenções em escala urbana e com diferentes padrões de ocupação.

Diante dos resultados obtidos, entende-se que a incorporação de sistemas de drenagem com princípios sustentáveis pode constituir alternativa tecnicamente fundamentada no planejamento urbano, desde que articulada aos instrumentos normativos vigentes e aos Planos Diretores Municipais, bem como precedida de avaliação técnica específica para cada contexto de aplicação.

Não obstante os resultados promissores, o estudo apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação de seus achados. A análise esteve condicionada às premissas adotadas na modelagem hidrológica e aos cenários pluviométricos selecionados, os quais podem não abranger a total variabilidade climática, especialmente diante das incertezas associadas às mudanças climáticas. Ademais, as simulações foram baseadas em parâmetros geotécnicos e coeficientes de infiltração representativos da área de estudo, podendo não refletir com precisão o desempenho dos dispositivos em contextos com diferentes características de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

solo, nível do lençol freático ou grau de impermeabilização. Também não foram aprofundadas questões relacionadas à manutenção de longo prazo, à possível colmatação dos dispositivos infiltrantes e aos custos operacionais ao longo do ciclo de vida, fatores que influenciam diretamente a efetividade e a viabilidade econômica das soluções propostas. Assim, recomenda-se que investigações futuras contemplem análises empíricas de desempenho em campo, avaliações de sensibilidade mais abrangentes e estudos comparativos em distintas realidades urbanas, a fim de ampliar a robustez e a generalização dos resultados obtidos.

Referências

ACIOLI, Laura Albuquerque. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5843/000521171.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 11 ago. 2022.

AMARAL FILHO, Arlan Soares. **Dimensionamento e simulação de um sistema de drenagem**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/40325. Acesso em: 09 jun. 2022.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Acumulado mensal de precipitação maio/2022**. Recife: APAC, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Projeto técnico**: Reservatórios de detenção. São Paulo: ABCP, 2020.

BENINI, Sandra Medina. **Áreas verdes públicas:** A construção do conceito e a análise geográfica desses espaços no ambiente urbano. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2009. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92855/benini_sm_me_prud.pdf?sequence=1. Acesso em: 23 set. 2022.

CAPORUSSO, Danúbia Bargos; MATIAS, Lindon Fonseca. Áreas Verdes Urbanas: Avaliação e Proposta Conceitual. *In*: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1., 2008, Rio Claro. **Anais** [...]. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

CASTANHEIRA, Guilherme Silveira. BRAGANÇA, Luís; MATEUS, Ricardo. Definindo melhores práticas em projetos de Regeneração Urbana Sustentável. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.14, n. 3, p. 7–25, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1678-86212014000300002. Acesso: 04 out. 2022.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por Água subterrânea no Estado de Pernambuco**: diagnóstico do município de Gravatá. Recife: CPRM, 2005. Disponível em:https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15965/1/rel_cadastro_gravata.pdf. Acesso em: 10 jul. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de drenagem de rodovias**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724_manual_drenagem_rodovias.pdf. Acesso em: 15 jul. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de implantação básica de rodovia**. Rio de Janeiro: DNIT, 2010. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/742_manual_de_implantacao_basica.pdf. Acesso em: 29 set. 2022.

DIAS, F. S.; Antunes, P. T. da S. C. **Estudo Comparativo de Projeto de Drenagem Convencional e Sustentável para Controle de Escoamento Superficial em Ambientes Urbanos**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Janeiro, 2010. Disponível em: https://www.drhima.poli.ufrj.br/images/documentos/tcc/2010/fernandan-spitz-dias-2010.pdf. Acesso em: 14 jul. 2022.

FRÖHLICH, Nicolas da Silva; CAUDURO, Flávia. **Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) versus o Convencional (SUDC)**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2019. Disponível em: http://repositorio.unesc.net/handle/1/7526.Acesso em: 27 jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama Gravatá**. Recife: IBGE, 2021. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/gravata/panorama. Acesso em: 12 jul. 2022.

JEWELL, R. A. **Soil Reinforcement with Geotextiles**. London: CIRIA and Thomas Telford; 1996. 332p.

LEITE, Grazianny A. *et al.* Diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário e drenagem da praia de Itapuama, município do Cabo de Santo Agostinho/PE. *In*:

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA. 10., 2019, Recife. **Anais** [...]. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco.

MARTINS, Ronaldo Miotto. **Análise da capacidade de infiltração do pavimento intertravado de concreto**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14454. Acesso em: 14 ago. 2022.

MIGUEZ, Marcelo; VERÓL, Aline; REZENDE, Osvaldo. **Drenagem Urbana** - Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade. 1. ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2015.

NETTO, José Martiniano de A.; FERNÁNDEZ, Miguel Fernández Y. **Manual de hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

PEITER, Thiago Veronez; POLETO, Cristiano. Estudos dos efeitos de trincheiras de infiltração sobre o escoamento superficial. **Revista de estudos ambientais**, v. 14, n. 2, p. 57-67, 2012. Disponível em: https://bu.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/2928/2076. Acesso em: 25 ago. 2022.

PEREIRA, Leonardo Reginaldo. **Estudo de viabilidade entre uma solução convencional e outra sustentável para drenagem urbana em uma instituição de ensino**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2021. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1546/2/tcc_Leonardo%20Reginaldo%20Pereira.pdf. Acesso em: 4 jul. 2022.

RAIMBAULT, G. *et al.* Infiltration des eaux pluviales à travers les surfaces urbaines – Des revêtements imperméables aux structures-réservoirs. **Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées**. V. 238, p. 39-50, 2002.

RODRIGUES, N. M. *et al.* A falta de drenagem urbana nas cidades brasileiras. **Research, Society and Development**. v. 11, n. 6, 2022. Disponível em: https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2022/06/29652-Article-337947-1-10-20220510.pdf. Acesso em: 04 out. 2022.

ROSA, Andressa Ferreira. **Os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico no município de patrocínio – mg.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19693/1/impactosUrbanizacaoCiclo.pdf. Acesso: 04 out. 2022.

ROSA, Gustavo Guimarães; CAUDURO, Flávia. **Estudo de drenagem sustentável para uma cidade de pequeno porte do estado de Santa Catarina**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) -

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/02/2026
Vol: 02.03
DOI: 10.66104/q0t2s371
Pages: 1-29

Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2018. Disponível em: http://repositorio.unesc.net/handle/1/6506. Acesso em: 27 jul. 2022.

SANTOS, Álvaro Rodrigues dos. **Enchentes: Pátios, Estacionamentos, Pavimentos Drenantes**. 2011. ECODEBATE. Disponível em: https://www.ecodebate.com.br/2011/11/09/enchentes-patios-estacionamentos-pavimentos-drenantes-artigo-de-alvaro-rodrigues-dos-santos/. Acesso em: 29 ago. 2022.

SILVA, B. M. *et al.* Chuvas Intensas em Localidades do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** v. 17, n. 3, p 135-147, 2012. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/94/22b0c9de630faa6cf6dbda279ae59140_8e199ef8833e60f96655714e047e41b7.pdf. Acesso em: 10 jul. 2022.

SILVEIRA, S. J. da; OLIVEIRA, F. H. de; SCHUCH, F. S. Área verde mínima para loteamentos sustentáveis segundo o ciclo hidrológico. **Arquitetura Revista**, v.16, n.1, p. 23-45, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.4013/arq.2020.161.02. Acesso em: 23 set. 2022.

TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais**: Piscinões, Galerias, Bueiros, Canais. Métodos SCS, Denver, Santa Bárbara, Racional, TR-55. 1. ed. São Paulo: Editora Navegar, 2002. Disponível em: http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=livro10_calculos_hidrologicos-ler.pdf. Acesso em: 12 jul. 2022.

TOMAZ, P. **Manejo de Águas Pluviais**: Microdrenagem. 1. ed. Guarulhos: 2013. Disponível em: https://docplayer.com.br/3290863-Capitulo-5-microdrenagem.html. Disponível em: 03 ago. 2022.

TUCCI, Carlos. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/SfqYWrhrtvkxybFsjYQtx7v/?format=pdf. Acesso em: 11 ago. 2022.

TUCCI, Carlos E. M. Gestão da drenagem urbana. **CEPAL-IPEA**, Brasília, v.48, 50p. Disponível em: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/38004/LCBRSR274_pt.pdf. Acesso em: 16 set. 2022.