



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL DA BAHIA**  
CAMPUS JORGE AMADO  
CENTRO DE FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS AGROFLORESTAIS  
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS

Tatiane dos Santos

**JARDIM DE CHUVA: dimensionamento de técnica compensatória de drenagem urbana para a mitigação de alagamentos para um bairro no litoral do Sul da Bahia**

Itabuna

2023

TATIANE DOS SANTOS

**JARDIM DE CHUVA: dimensionamento de técnica compensatória de drenagem urbana para a mitigação de alagamentos para um bairro no litoral do Sul da Bahia**

Trabalho apresentado ao Colegiado do Bacharelado Interdisciplinar em Ciências do Centro de Formação em Ciências e Tecnologias Agroflorestais, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel Interdisciplinar em Ciências pela Universidade Federal do Sul da Bahia, *campus* Jorge Amado.

Orientador(a): Prof. Ma. Julia Carvalho Dias de Gouvêa

Itabuna — Bahia

2023

TATIANE DOS SANTOS

**JARDIM DE CHUVA: dimensionando de técnica compensatória de drenagem urbana para a mitigação de alagamentos para um bairro no litoral Sul da Bahia**

Projeto Integrador III  
apresentado ao Colegiado do Bacharelado Interdisciplinar em Ciências como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel Interdisciplinar em Ciências pela Universidade Federal do Sul da Bahia.

Este trabalho foi submetido a avaliação e julgado aprovado em: 28 de abril de 2023.

---

Prof. Ma. Julia Carvalho Dias de Gouvêa  
Universidade Federal do Sul da Bahia  
(Orientadora)

---

Prof. Dra. Ligia Pinheiro de Jesus  
Centro universitário FMU-Fiam-Faam  
Membro Convidado

---

Prof. Dr. Paulo Dimas Rocha de Menezes  
Universidade Federal do Sul da Bahia  
Membro Convidado

Itabuna — Bahia

2023

## **AGRADECIMENTOS**

À minha querida orientadora, professora Ma. Julia Carvalho Dias de Gouvêa, pelo suporte em todo momento da pesquisa, pelas correções e palavras amigas.

À professora Dr. Rita de Cascia Avelino Suassuna, por ter ministrado o componente.

A Otávio Torrão, por dedicar um pouco do seu precioso tempo para colaborar com a pesquisa, seu diálogo me incentivou ainda mais para a construção da pesquisa.

A Guilherme Castagna, por deixar de forma tão simples e de fácil compreensão informações a respeito de técnicas compensatórias.

A seu Edilson pela contribuição nos experimentos finais da pesquisa, suas informações históricas foram importantes.

À professora Dra. Ligia Pinheiro de Jesus, por dedicar um pouco do seu precioso tempo para analisar o meu trabalho.

Ao professor Dr. Paulo Dimas Rocha de Menezes, por dedicar um pouco do seu precioso tempo para analisar o meu trabalho.

Ao professor Dr. Abílio José Procópio Queiroz, por ter dedicado um pouco do seu tempo para analisar o meu trabalho e sugerir correções importantes para a finalização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Fabio Da Silva Do Espirito Santo por ter dedicado um pouco do seu tempo e contribuído com correções para este trabalho.

## RESUMO

A constante ocorrência de alagamentos, inundações e enchentes nas cidades tem alertado ao poder público que os sistemas adotados para a drenagem urbana têm se mostrado ineficazes ou insuficientes. Esta pesquisa teve como objetivo abranger o conhecimento a respeito da técnica compensatória do jardim de chuvas nas vias públicas, para apresentar uma opção que mitiga os impactos causados pelos constantes alagamentos nas vias públicas, e desta forma encontrar uma técnica para a realização do manejo das águas pluviais de forma sustentável. A técnica compensatória adotada na pesquisa foi o jardim de chuva, técnica já bastante utilizada em algumas cidades e que tem se mostrado eficiente. Foi realizada pesquisa de dados primários e secundários e a escolha do município de Uruçuca no distrito Serra Grande. Para o planejamento de um jardim de chuva, realizou-se teste de textura do solo, teste da taxa de infiltração, análise de coeficiente de variação, cálculo(simplificado) para o direcionamento do jardim de chuva e coleta de dados. Com a pesquisa ficou perceptível a importância em adotar técnicas compensatórias para a mitigação dos impactos causados pela falta do planejamento urbano e o aumento do conhecimento a respeito da técnica compensatória jardim de chuva foi ampliado. O jardim de chuva é uma alternativa sustentável, que mitiga os impactos dos alagamentos e podem ser usados tanto nos espaços públicos quanto nos privados, essa técnica auxilia no ciclo hidrológico, na biodiversidade, na economia e no paisagismo local.

**Palavras-chaves:** Jardim de chuva; cidades sustentáveis; técnicas compensatória de jardim de chuva

## **ABSTRACT**

The constant occurrence of flooding and inundation in cities has alerted the public authorities that the systems adopted for urban drainage have proven ineffective or insufficient. This research aimed at expanding the knowledge about sustainable alternatives, to present an option that mitigates the impacts caused by the drainage systems currently adopted and thus find a technique for carrying out the management of rainwater in a sustainable way. The compensatory technique adopted in the research was the rain garden, a technique already widely used in some cities and that has proven to be efficient. Primary and secondary research was conducted and the choice of the municipality of Uruçuca in the Serra Grande district. For the planning of a rain garden, soil testing was performed, infiltration rate test, coefficient of variation analysis and data collection. With the research it became clear the importance of adopting compensatory techniques for the mitigation of impacts caused by urbanization and the increase of knowledge about the compensatory technique rain garden was expanded. The rain garden is a sustainable alternative that mitigates the impacts of flooding and can be used in both public and private spaces; this technique helps the hydrological cycle, biodiversity, the economy, and local landscaping.

**Keywords:** Rain garden; sustainable cities; compensatory rain garden technique.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 –Comunidade Vila Praiana, distrito de Serra Grande, Uruçuca – BA.....	07
Imagem 2 –Pontos de testes.....	08
Imagem3 – T1.....	09
Imagem4 – T2.....	09
Imagem5 – T3.....	10
Imagem6 – A1.....	10
Imagem7 – A3.....	11
Imagem 8 – Experimento da jarra.....	14
Imagem 9 – Teste da minhoca no solo com areia.....	15
Imagem 10–Teste da minhoca na camada de sedimentos.....	15
Imagem 11 – Teste para a capacidade de infiltração do solo.....	17
Imagem 12 – Alagamento 18/11/2022.....	18
Imagem 13 – Alagamento.....	18
Imagem 14– Local dos testes no dia 18/11/2022.....	19
Imagem 15– Estaca de marcação.....	20
Imagem 16– Trechos.....	22

### LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1– Coeficiente de variação para testes no método da NBR 13969.....	12
--	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1-Faixa de variação de coeficiente de variação.....	12
Tabela 2– Coeficiente de variação para testes no método de Ar Ludwig.....	13
Tabela 3–Tempo de infiltração da água do solo.....	24
Tabela 4 – Resultado dos experimentos.....	25
Tabela 5– Cálculo de área do jardim de chuva.....	26

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	03
<b>2.1 Impactos da urbanização</b> .....	03
<b>2.2 Jardim de chuva</b> .....	05
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	06
<b>3.1. Geral</b> .....	06
<b>3.2. Específicos</b> .....	06
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	07
<b>5. RESULTADO</b> .....	23
<b>6. DISCUSSÕES</b> .....	27
<b>CONCLUSÃO</b> .....	28
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	29



## 1. INTRODUÇÃO

O Painel intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC), criado em 1988 no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU), é considerado como o principal órgão internacional para avaliação climática. O relatório criado pelo IPCC no ano de 2022 alerta aos países que os efeitos serão graves devido à mudança climática, tais quais inundações em áreas costeiras e intensificação de secas, estão mais próximas a ocorrerem do que anteriormente estimado. Dessa forma, torna-se essencial a necessidade de os países adotarem técnicas que diminuam a emissão de gases de efeito estufa (GEE), inserindo, também, nas suas cidades técnicas compensatórias para que possam mitigar os impactos causados pelo extremo climático. De acordo com as Nações Unidas (ONU) é necessário que os países se unam para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), colocados pela agenda 2030.

Na agenda 2030, plano de ação global que conta com a união de diversos países membros da ONU, em que planejaram os 17 objetivos de desenvolvimentos sustentáveis e suas metas, foram criados com o intuito de promover uma boa qualidade de vida para todos. Na ODS 6 — Água potável e saneamento, está previsto que os países garantam a disponibilidade e o manejo sustentável da água e manejo para todos. Por sua vez, a 11ª ODS — Cidades e comunidades sustentáveis, prevê que as cidades e os assentamentos humanos se tornem inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

De acordo com a ONU (2015), grande parte da população mundial vive em cidades. No Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a maior parte da população brasileira, 84,72% vivem em cidades e apenas 15,28% habitam em áreas rurais.

As cidades são ecossistemas abertos e vulneráveis a eventos climáticos. A Expansão urbana voltada para o uso de automóveis leva à construção de infraestruturas cinzas (vias, estacionamentos e outras superfícies impermeáveis), que ocasionam impactos recorrentes, como enchentes e deslizamentos, congestionamentos de trânsito, alto consumo de energia, emissão de gases de efeito estufa

(GEE) e poluição generalizada. (BEATLEY, 2000; NEWMAN e JENNINGS, 2008; BOUTAUD e GONDRAN, 2009 p. 94 *apud* HERZOG, 2010).

É de suma importância o uso de novas práticas sustentáveis para o planejamento urbano, uma das formas de mitigar as consequências causadas pelas infraestruturas cinzas é adotando o uso de infraestruturas verdes nos espaços urbanos proporcionando uma melhor qualidade de vida para os habitantes dos espaços.

A urbanização tradicional é baseada na infraestrutura cinza monofuncional, focada no automóvel, ruas visam à circulação de veículos; sistemas de esgotamento sanitário e drenagem objetivam se livrar da água e do esgoto o mais rápido possível; telhados servem apenas para proteger edificações e estacionamentos asfaltados são destinados a parar carros. A infraestrutura cinza interfere e bloqueia as dinâmicas naturais, que além de ocasionar consequências como inundações e deslizamentos, suprime áreas naturais alagadas/alagáveis e florestadas que prestam serviços ecológicos insubstituíveis em áreas urbanas” (FARR, 2008; HERZOG, 2009, p. 94 *apud* HERZOG, 2010).

Uma das técnicas adotada pela infraestrutura verde é a técnica compensatória, que visa preservar os mecanismos naturais de escoamento, diminuindo as vazões a jusante, maximizando o controle de escoamento na fonte e mitigando os impactos ambientais (MELO *et al.* 2014).

Uma dessas técnicas é o jardim de chuva. O jardim de chuva é uma estrutura hidrológica funcional na paisagem, de baixo investimento e manutenção simplificada, no qual, através do sistema solo-planta-atmosfera e processos de infiltração, retenção e absorção, purifica e absorve as águas pluviais de pequenas áreas, reduzindo o volume escoado e protegendo as águas subterrâneas (LI e ZHAO, 2008).

Pensando nisso, esta pesquisa objetivou conhecer mais a respeito do jardim de chuva e entender quais as suas contribuições para o meio ambiente e como a implantação dessa técnica pode mitigar os impactos causados pelos alagamentos

nas vias públicas, foi selecionado um bairro para a realização de testes e análise da viabilidade da implantação de um jardim de chuva.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Impactos da urbanização**

De acordo com Ribeiro no site Uol, o crescimento populacional nos centros urbanos é resultado de um processo de êxodo rural em conjunto com movimentos migratórios, os quais são caracterizados pela saída das populações rurais das áreas urbanas. Esse movimento no Brasil tem ocorrido de forma intensa e acelerada, onde a falta de políticas públicas de planejamento urbano tem gerado grandes problemas sociais e ambientais.

No Brasil, a inversão campo cidade se deu entre os anos 60 e 70. Tal urbanização desordenada, engendrou uma elevada pressão sobre os equipamentos urbanos, tal qual evidenciou o déficit habitacional, intensificando os problemas relacionados ao saneamento ambiental, como as cheias urbanas (MELO, 2020, p.3).

Ribeiro, na sua redação no site uol afirma que as consequências da falta de um planejamento urbano, acarretado pelo crescimento do processo de êxodo rural têm aparecido cada vez mais no Brasil, o que torna necessário a criação de políticas públicas utilizando novos meios para a solução dos problemas que nos assola até hoje.

O processo de impermeabilização do solo proporciona significativas mudanças na dinâmica do sistema de drenagem, como o aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial, de forma a acarretar a sobrecarga no sistema de drenagem existente. Esses fatores aumentam a frequência de alagamentos e cheias (CUO *et al.*, 2009 *apud* MELO, 2014).

O processo de urbanização não planejada pode acarretar numa série de problemas. Tucci (2012), ao analisar a relação entre os outros componentes das águas urbanas saneamento com a drenagem urbana, aponta os principais problemas por ele detectados relacionados ao uso do solo que resultam em impactos diretos sobre os recursos hídricos. Os quais podem ser resumidos nos seguintes pontos:

- A expansão irregular sobre as áreas de mananciais de abastecimento humano, comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades.
- A população de baixa renda tende a ocupar as áreas de risco de encostas e de áreas de inundações ribeirinhas, devido à falta de planejamento e fiscalização.
- Aumento da densidade habitacional, com consequente aumento da demanda de água e do aumento da carga de poluentes sem tratamento de esgoto, lançados nos rios próximos às cidades.
- O planejamento urbano tem levado a uma excessiva impermeabilização das áreas públicas; canalização dos rios urbanos que, posteriormente, são ainda cobertos por concretos e avenidas, produzindo inundações em diferentes locais da drenagem. (TUCCI, 2012, p. 8).

Desse modo, a urbanização num determinado período de tempo sob tais condições, impermeabiliza o solo e acelera o processo de escoamento por condutos e canais. Segundo relatório da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL, 1993), este processo produz:

- (a) aumento da vazão máxima e sua frequência das inundações; (b) aumento da velocidade do escoamento, resultando em erosão do solo e produção de sedimentos para o sistema de drenagem; (c) aumento dos resíduos sólidos que escoam para o sistema de condutos. Os quais produzem entupimento de tubulações e bocas de lobo e reduzem a capacidade de escoamento de condutos e canais, produzindo maiores inundações; e (d) deterioração da

qualidade da água pluvial devido à lavagem das superfícies urbanas (CEPAL, 1993).

Este conjunto de impactos evidencia a falta de sustentabilidade do modelo de urbanização atual das cidades, marcada pela alta concentração urbana, ocupação esta que torna superfícies impermeáveis, dificultando a absorção das águas pelo solo, gerando diversos impactos sociais e ambientais.

## **2.2 Jardim de chuva**

Segundo Cormier e Pellegrino (2008), os jardins de chuva são depressões topográficas, existentes ou redesenhadas, projetadas para receber o escoamento das águas pluviais dos telhados e outras áreas adjacentes impermeáveis. O solo, muitas vezes tratado com composto e outros insumos que aumentam sua porosidade, absorve a água como uma esponja, enquanto micróbios e bactérias no solo removem poluentes difusos do escoamento superficial.

Apesar de terem sua capacidade limitada pelo espaço disponível e pelas condições geotécnicas locais, ainda assim, mesmo pequenos jardins de chuva são muito eficientes na melhoria da qualidade da água, visto ser o período inicial de uma chuva que carrega a maioria dos poluentes. O correto dimensionamento de um jardim de chuva deve atentar também para o fato de, algumas horas depois de um evento, não deve mais existir água parada em sua superfície (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 129).

De acordo com Melo (2014), os jardins de chuvas são sistemas de biorretenção que valorizam a desconexão de áreas impermeáveis. O autor retrata a importância desse sistema e como o mesmo dirige as águas para si, de forma a contribuir no manejo das águas pluviais em meio urbano e a proporcionar benefícios ambientais, ecológicos, paisagísticos e econômicos.

Essa técnica caracteriza uma solução em potencial para o desenvolvimento de cidades hidrológicamente sustentáveis, minimizando os efeitos inoportunos de um processo de urbanização não planejado e contribuindo para a restauração de ecossistemas urbanos (MELO, T. dos A. T. de; et al 2014, p. 4).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Geral**

Abranger o conhecimento a respeito da técnica compensatória do jardim de chuva nas vias públicas.

#### **3.2. Específicos**

1. Identificar quais os outros benefícios em implantar um jardim de chuva na via pública.
2. Entender como implantar um jardim de chuva;
3. Entender como os jardins de chuva podem mitigar os impactos das chuvas nas vias públicas, através de cálculos para uma situação problema.

### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho realizou levantamento de dados primários e secundários, em três etapas. Primeiramente, houve levantamento de dados secundários: pesquisa bibliográfica, leitura de artigos e livros, adotando as palavras-chaves “jardim de chuva”, “cidades sustentáveis” e “técnicas compensatórias de jardins de chuva”, através das plataformas de pesquisa google, google acadêmico e scielo.

Na segunda etapa, para realização de estudos de implantação de jardins de chuva, selecionamos a comunidade Vila Praiana, localizada no distrito de Serra Grande, município de Uruçuca, localizado no sul do estado da Bahia (imagem 1). Esta comunidade foi selecionada por ter sido impactada por alagamento nas chuvas

de dezembro de 2021 e janeiro de 2022 e por ter disponibilidade de recursos para realização dos experimentos in loco.

**Imagem 01.** Comunidade Vila Praiana, distrito de Serra Grande, Uruçuca – BA.



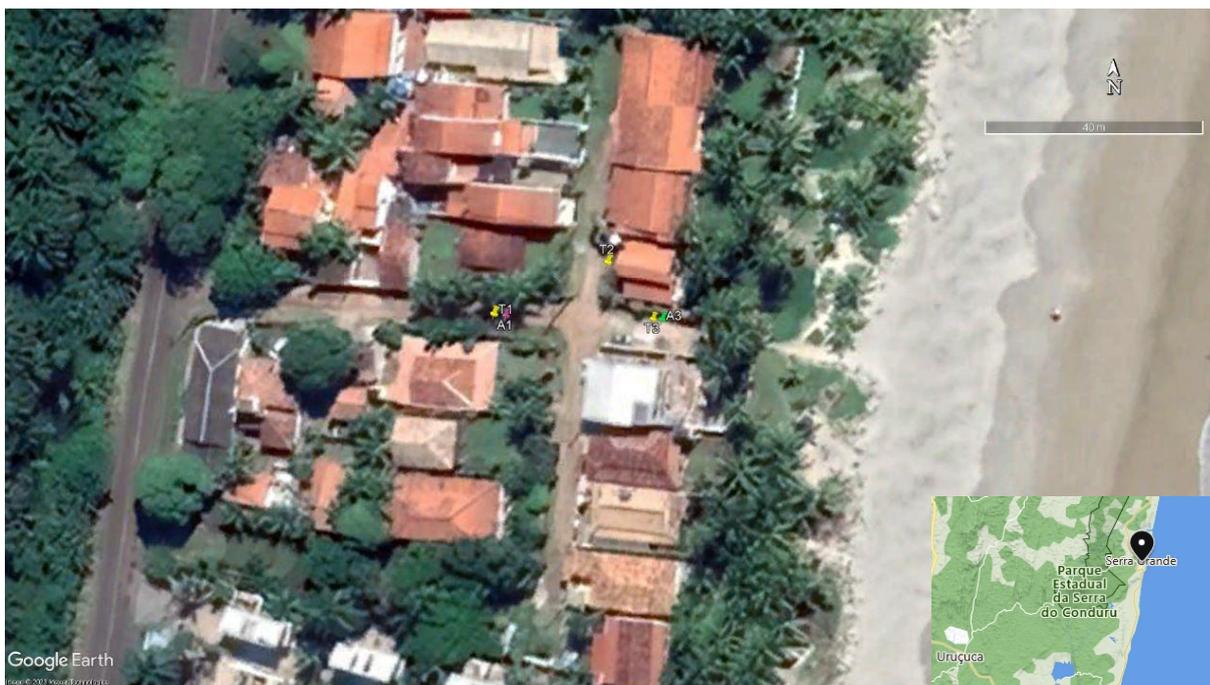
**Fonte:** Google Earth, 2022.

Por sua vez, na terceira etapa foi realizada uma pesquisa-ação com levantamento de dados primários da vila selecionada, para verificar se o jardim de chuva é uma técnica compensatória adequada para ser inserida na localidade. Através do teste de textura do solo, os quais são usados para identificar se o solo é argiloso, arenoso ou similar. Para isso utilizou-se o “teste da jarra” e o “teste da minhoca” e por meio do teste de infiltração de solo, realizado para cronometrar o tempo de absorção da água no solo, para esse fim utilizou-se o método da NBR 13969 (1997) e o método do teste prático segundo Art Ludwig, conforme indicado pelo Engenheiro Guilherme Castagna no curso online Jardim de chuva, 2020.

Na pesquisa-ação foram realizadas atividades de campo para a realização do teste de infiltração do solo, que, de acordo com a cartilha Manejo Adequado da Água (IPESA, 2012), é uma técnica simples para medir a capacidade de percolação de água no solo e os testes de textura do solo.

Por seguinte, foi realizada uma análise presencial da vila e foram selecionados três espaços para a execução de testes (imagem 2). Para a seleção dos espaços observou-se pontos estratégicos dos acúmulos de água em períodos chuvosos e locais que não atrapalhasse a passagem dos moradores.

**Imagem 2.** Pontos de testes.



**Fonte:** Google Earth, 2022.

Para a realização dos testes foi necessário escavar buracos, para isso utilizou-se a ferramenta trado, com o diâmetro de 25 centímetros. Sendo três deles com a profundidade de 30 cm, denominados de T1, T2 e T3, um com a profundidade de 50 cm, denominado, de A1 e o outro com uma profundidade de 50 cm, denominado de A3 (imagens 3, 4, 5, 6 e 7). Inicialmente seriam realizados 3 testes, mas ao escavar o primeiro buraco notou-se a presença de dois tipos de solo, desta forma ampliou-se para 5 buracos com profundidades diferentes para a realização de análise comparativa entre os tipos de solo.

**Imagem 3.** Buraco para teste T1.



**Fonte:** Próprio autor.

**Imagem 4.** Buraco para teste T2



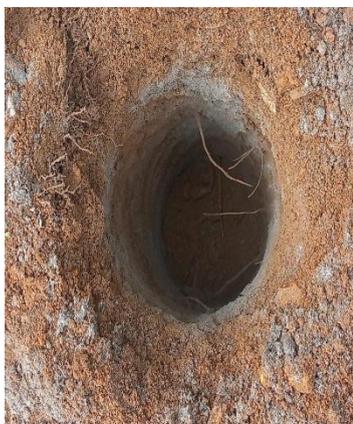
**Fonte:** Próprio autor.

**Imagem 5.** Buraco para teste T3.



**Fonte:** Próprio autor.

**Imagem 6.** Buraco para teste A1.



**Fonte:** Próprio autor.

**Imagem 7.** Buraco para teste A3.



**Fonte:** Próprio autor.

Logo em seguida foi realizado o processamento do material, através da tabulação dos dados obtidos na atividade de campo.

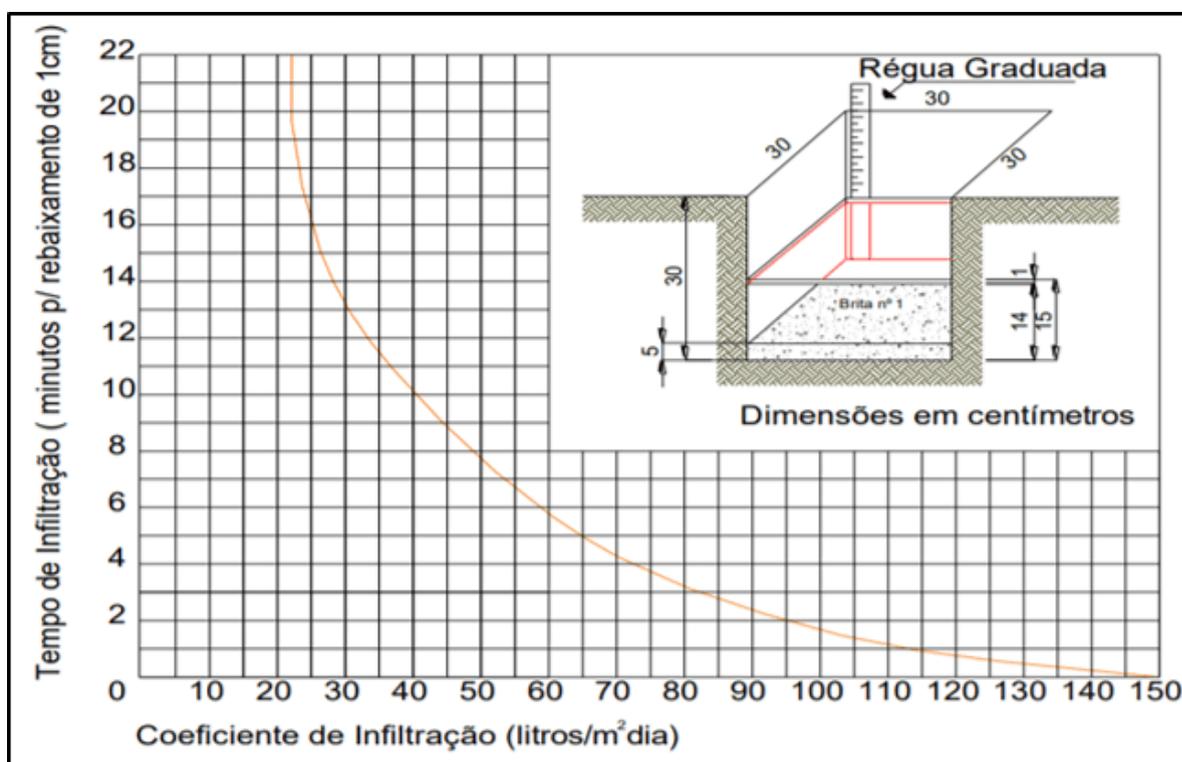
Com os dados obtidos, foram analisados o coeficiente de infiltração (litros/m<sup>2</sup>/dia) de cada teste. O coeficiente de infiltração é utilizado para dimensionar o jardim de chuva.

A partir dos dados obtidos no coeficiente de infiltração foi possível realizar o cálculo simplificado de escoamento de água para obtermos a área do jardim.

Os testes que foram adotados o método da NBR 13969 (1997) utilizamos (o gráfico 1), onde observamos quantos minutos levou para rebaixamento de 1 cm em cada teste e de acordo com os minutos observamos onde a linha toca no gráfico e dessa forma obtemos o coeficiente de infiltração de cada teste.

Para os testes que foram adotados o método prático segundo Art Ludwig utilizamos a (tabela 2) onde observamos o tempo de infiltração e de acordo com cada tempo encontramos taxa de infiltração encontramos o coeficiente. Baseado no resultado do coeficiente de infiltração analisamos em qual faixa de variação o solo analisado se encontrava baseado na (tabela 1).

**Gráfico 1.** Coeficiente de infiltração para testes no método da NBR 13969 (1997).



Fonte: Geoscan, 2020.

**Tabela 2.** Coeficiente de infiltração para testes no método de Art Ludwig.

Taxa de infiltração min/cm	Taxa de aplicação L/m <sup>2</sup> /d	Área necessária	
		m <sup>2</sup> /l/dia	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> /dia
0-12	102	0,01	10
12:00-15:45	80	0,013	12,5
15:45-17:45	61	0,016	16
17:45-23:40	41	0,025	25
23:40-47:25	20	0,049	49

Fonte: Geoscan, 2020.

**Tabela 1.** Faixa de variação de coeficiente de infiltração.

<b>Faixa</b>	<b>Constituição aprovável dos solos</b>	<b>Coeficiente de infiltração (L/ m<sup>2</sup> x dia)</b>	<b>Absorção relativa</b>
1	Rochas, argilas compactas de cor branca, cinza ou preta, variando a rochas alteradas e argilas medianamente compactas de cor avermelhada.	Menor que 20	Impermeável
2	Argilas de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compactas, variando a argilas pouco siltosas e/ou arenosas.	20 a 40	Semi-impermeável
3	Argilas arenosas e/ou siltosas, variando a areias argilosas ou siltes argilosos de cor amarel, vermelha ou marrom.	40 a 60	Vagarosa
4	Areia ou silte pouco argiloso, ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areias e siltes.	60 a 90	Média
5	Areia bem selecionada e limpa variando a areia grossa com cascalhos.	Maior que 90	Rápida

Fonte: Geoscan, 2020.

#### 4.1 Teste de jarra

No teste da jarra (imagem 8), foram realizados 3 experimentos. Cada teste foi realizado com o solo obtido a partir dos buracos escavados (imagem 2), os quais foram denominados teste 1, teste 2 e teste 3, respectivamente. Foram selecionados 3 recipientes de vidro; cada recipiente foi preenchido com 50% da capacidade; foi adicionada uma colher de cloreto de sódio (NaCl) e acrescentada água até 47% da capacidade restante do recipiente, deixando o espaço de 3% (aproximadamente 2 centímetros) livre, de forma que houvesse espaço para o ar e, assim, poder agitar o recipiente. Por fim, os potes foram chacoalhados por cerca de 5 minutos até que todos os materiais se misturassem bem; depois, deixamos os recipientes em

repouso sobre a mesa por um período de 24 horas e observamos a porcentagem do tipo do solo.

**Imagem 8.** Experimento da jarra.



**Fonte:** Próprio autor.

#### **4.2 Teste da minhoca**

No teste da minhoca (imagens 9 e 10), foram selecionadas uma quantidade do solo extraída do fundo do buraco (imagem 5) e apertadas até que se formasse um rolinho. Quando foi apertado o solo com os materiais extraídos da camada intermediária (ou seja, antes de atingir os 50 cm de profundidade e chegar na areia), formou um rolinho como mostra na imagem 9) , Na camada mais profunda foram encontradas areia (imagem 8). Não foi possível moldar devido a espessura dos seus grãos.

**Imagem 9.** Teste da minhoca no solo com areia.



**Fonte:** Próprio autor.

**Imagem 10.** Teste da minhoca na camada de sedimentos.



**Fonte:** Próprio autor.

#### **4.3 Teste de infiltração do solo**

O teste para a capacidade de infiltração do solo foi realizado após a conclusão dos testes da análise da textura do solo. Para a análise, usamos os 5 buracos, que foram escavados com o trado (imagens 3, 4, 5, 6 e 7).

Para a realização do ensaio, utilizando o método da NBR 13969 (1997) é necessário os seguintes instrumentos: relógio, cronômetro, régua, trado, pá de corte, dispositivo para medição da água na cava e água em abundância.

E seguir os procedimentos:

1- O número do local de ensaio deve ser no mínimo 3 pontos, aproximadamente a modo de cobrir áreas iguais no local indicado para campo de infiltração;

2- Escavar os buracos com pá de corte ou trado com 30 cm de profundidade;

3- Raspar o fundo e os lados da cova, de modo que fiquem ásperas;

4- Retirar da cova todo o material solto e cobrir o seu fundo com uma camada de 5cm de brita número 1;

5- No primeiro dia manter a cova cheia de água durante 4 horas;

6- No dia seguinte, manter a cova cheia de água e aguardar que se infiltre totalmente.

7- Encher novamente as covas com água até a altura de 15 cm e cronometrar o período de rebaixamento de 15 cm a 14 cm correspondente às alturas da água em cada cova. Quando este intervalo de tempo para rebaixamento de 1 cm se der em menos de 3 minutos, refazer o ensaio por cinco vezes adotando o tempo da quinta medição.

Para os ensaios que foram adotados o método prático segundo Art Ludwig é necessário os seguintes instrumentos: relógio, cronômetro, estaca graduada (em cm), trado, pá de corte ou uma cavadeira, dispositivo para medição da água na cava e água em abundância.

E seguir os procedimentos:

1- Cave um buraco com uma cavadeira, trado ou pá de corte na profundidade onde irá aplicar água (15 a 30 cm de profundidade);

2- Crave uma estaca graduada (em cm) no fundo do buraco;

3- Encha o buraco com água até o topo entre 3 a 5 vezes para saturar o solo

4- Encha novamente o buraco e marque quantos minutos a água leva para baixar 3 cm;

5- Repita o teste anotando o tempo até que o resultado se repita;

6- Em seguida divida o tempo em minuto pelos 3cm

7- O resultado será em (min/cm)

Para a realização dos ensaios o fundo e os lados de cada buraco foram raspados, de modo que ficaram ásperas. Foram retirados das covas todo material solto e coberto o seu fundo com uma camada de 5 cm de brita número 08 (imagem 10).

**Imagem 11.** Teste para a capacidade de infiltração do solo.



**Fonte:** Próprio autor.

No primeiro dia mantivemos a cova cheia de água durante 4 horas para a saturação do solo. No dia seguinte, mantivemos a cova com água e aguardamos que fosse absorvida completamente. No entanto, no dia da análise da taxa de infiltração ocorrida em 18/11/2022, ocorreram fortes chuvas o que impediu a realização da análise dos testes T1, T3 e A3 no mesmo dia. Devido o controle da quantidade de água no espaço fugir do nosso controle, (imagens 12, 13, 14), somente foi possível realizar a análise nos testes T2 e A1, nesse dia. Por esta razão que adotamos um segundo método, o método prático segundo Art Ludwig por sua aplicação ser mais rápida e o tempo disponível para a visita em campo ser curto.

**Imagem 12.** Alagamento 18/11/2022.



**Fonte:** Próprio autor.

**Imagem 13.** Alagamento.



**Fonte:** Próprio autor.

**Imagem 14.** Local dos testes no dia 18/11/2022.



**Fonte:** Próprio autor.

Para a realização do teste T2 (imagem 4) utilizamos o método da NBR 13969 (1997). Enchemos o buraco com água, quando a água se infiltrou totalmente, enchemos novamente a cova com água até a altura de 15 centímetros, para o preparo do solo. Após o preparo do solo, foi iniciada a coleta de dados na qual foram cronometrados o período de rebaixamento de 15 cm até 14 cm correspondente à altura da água (tabela 3).

Nos testes A1, teste 3 e A3 foram utilizados o método de Art Ludwig, para a realização do experimento, utilizamos uma estaca (imagem 15) onde foram marcados os centímetros para análise dos centímetros abaixados e qual o tempo que durou com a ajuda de um cronômetro (tabela 3), logo em seguida dividimos o tempo em minutos pelos 3 cm e obtivemos o resultado em min/cm (tabela 4). O teste T1( imagem 3) não foi possível realizar o ensaio devido a forte chuva ocorrida no dia 18/11/2022 ter comprometido o buraco.

**Imagem 15.** Estaca de marcação.



**Fonte:** Próprio autor.

#### **4.4 Coeficiente de infiltração do solo**

O coeficiente de infiltração do solo foi obtido por meio dos resultados dos testes de infiltração do solo. Para o ensaio que o método utilizado foi o da NBR 13969 (1997) utilizamos o (gráfico 1) para a verificação do coeficiente, analisamos o tempo de rebaixamento da água adotado no último ensaio e observamos onde o tempo adotado toca a linha do gráfico, e dessa forma temos o coeficiente de infiltração do solo.

Para os testes adotando o método prático segundo Art Ludwig, para a verificação do coeficiente de infiltração, pegamos os dados obtidos no teste de infiltração do solo após a divisão do tempo que a água levou para baixar os 3 centímetros adotando o resultado obtido no último ensaio, pelos os 3 centímetros e obtivemos o resultado em min/cm. Com o resultado em min/cm analisamos onde os dados se encontram na (tabela 1) e chegamos ao coeficiente de infiltração.

#### **4.5 Cálculo (simplificado) de escoamento de água**

O cálculo (simplificado) de escoamento de água é utilizado para dimensionar a área do jardim. Para a realização do cálculo seguimos os seguintes procedimentos

orientados pelo Engenheiro Guilherme Castagna no curso online jardim de chuva em 2020:

1- Partimos do pressuposto que estamos trabalhando com o pior caso, somente infiltração sem evapotranspiração. Por isso a água precisa infiltrar em no máximo 2 dias;

2- Pegamos o resultado do teste de infiltração e multiplicamos pela altura máxima da lâmina d'água (2 dias);

3- Pegamos a área dos trechos (imagem 16) e a chuva de projetos(mm) e a partir disso obtemos o volume de captação.por meio da multiplicação da área do trecho ( $m^2$ ) x a chuva de projeto;

4- Para dimensionar um jardim que seja capaz de reter todo esse volume de água, pegamos o volume de captação e colocamos em  $m^3$  e dividimos pela altura máximo do jardim;

5- Para a redução do tamanho da área do jardim inserimos o coeficiente de escoamento de água do solo que foi de 0,7( tabela 5).

Nos testes de direcionamento do jardim de chuva, adotamos a chuva de projeto de 25mm, devido este volume ser considerado moderado.

Para o teste A1 utilizamos o trecho A, que possui uma área de captação do trecho da rua de  $461 m^2$  (tabela 5).

Para o teste T2 utilizamos o trecho B que possui uma área de captação do trecho da rua de  $298 m^2$  (tabela 5).

Para os testes A3 e T3 ( tabela 5) utilizamos o trecho C que possui uma área de captação do trecho da rua de  $118 m^2$ .

Foi realizado também o cálculo para o direcionamento do jardim no trecho D e da rodovia (imagem 16). O trecho D possui uma área de captação do trecho da rua de  $339 m^2$  e a rodovia possui uma área de captação de  $343 m^2$  (tabela 5).

Imagem 16. Trechos



Fonte: Google Earth, 2022.

## **5. RESULTADO**

### **5.1 Teste da jarra**

Ao ser realizada a análise do teste (imagem 7), notou-se que o solo é arenoso de origem. No “teste 1” 90% do solo era areia, 19,8% silte, e 0,2% argila. No “teste 2”, 46% do solo era areia, 52% silte e 2% argila. No “teste 3”, 80% do solo era areia, 19% silte e 1% argila.

### **5.2 Teste da minhoca**

Com o teste da minhoca percebeu-se que o solo da camada intermediária era formado por um solo superficial, isto é, que foi depositado no local, seja qual for o meio (sedimentação ou ação antrópica). E por esse motivo foi possível moldar (imagem 9) já na camada mais profunda, onde foram encontradas areia não foi possível moldar a substância devido ela possuir grãos mais espessos (imagem 8). Com isso identificamos que no solo trabalhado, apenas a camada intermediária é de material similar a silte ou argila e a camada mais profunda é areia, portanto temos um solo arenoso.

### **5.3 Teste de infiltração do solo**

Com a realização dos testes de infiltração, analisou-se o tempo de rebaixamento da água no solo (tabela 3).

No teste A1 (imagem 5) o tempo de rebaixamento da água no solo, (tabela 3) é de 2 min e 37 seg e o resultado do teste de infiltração é de 0,79 min/cm ou seja 1,19 min/cm (tabela 4).

No teste 2 (imagem 4) o resultado do teste de infiltração é de 2,33 min/cm.

No teste A3 (imagem 6 ) mostra que o tempo de rebaixamento da água no solo é de 7 min e 23 seg e o resultado do teste de infiltração é de 2,41 min/cm (tabela 4).

O teste A3 (imagem 6 ) mostra que o tempo de rebaixamento da água no solo é de 7 min e 23 seg e o resultado do teste de infiltração é de 2,41 min/cm (tabela 4).

No teste 3 (imagem 3) foi de 25 min e 40 segundos, e o resultado do teste de infiltração obtido foi de 8,46 min/cm (tabela 4).

**Tabela 3.** Tempo de infiltração da água do solo.

<b>Testes do solo</b>	<b>Unidade de medida</b>	<b>Teste A1</b>	<b>Teste 2</b>	<b>Teste 3</b>	<b>Teste A3</b>
Tempo da 1 testagem	tempo	1 min e 53 seg.	1 min e 46 seg.	21 min e 50 seg	5 min e 25 seg.
Tempo da 2 testagem	tempo	4 min e 13 seg.	3 min e 38 seg.	25 min	7 min e 12 seg.
Tempo da 3 testagem	tempo	2 min e 15 seg.	4 min	25 min e 40 seg	6 min e 14 seg.
Tempo da 4 testagem	tempo	2 min e 56 seg.	3 min e 26 seg.	-	7 min e 35 seg.
Tempo da 5 testagem	tempo	2 min e 37 seg.	2 min e 33 seg.	-	7 min e 23 seg.

**Fonte:** Próprio autor.

Tabela 4. Resultado dos experimentos

N. do buraco	Profundidade (m <sup>2</sup> )	Método utilizado	Data da coleta de dados	Resultado do teste de infiltração (min/cm)	Data da coleta de dados	Método utilizado	Resultado do teste de infiltração (min/cm)	Coefficiente de infiltração	Área do jardim
1	30 cm	Art Ludwig	18/11/2022	Alagamento	-	-	-	-	-
A1	50 cm	Art Ludwig	18/11/2022	0,79 min/cm	-	-	-	102 litros/m <sup>2</sup>	39,55m <sup>2</sup>
2	30 cm	NBR 13969 (1997)	18/11/2022	2 min 33 cm	-	-	-	90 litros/m <sup>2</sup> dia	28,97 m <sup>2</sup>
3	30 cm	NBR 13969 (1997)	18/11/2022	alagamento	20/11/2022	Art Ludwig	8,46 min/cm	102 litros/m <sup>2</sup> dia	10,12m <sup>2</sup>
A3	50 cm	NBR 13969 (1997)	18/11/2022	alagamento	20/11/2022	Art Ludwig	2,41 min/cm	102 litros/m <sup>2</sup>	10,12m <sup>2</sup>

Fonte: próprio autor.

#### 5.4 Coeficiente de infiltração

Baseado no tempo de infiltração da água no solo encontramos o coeficiente de infiltração de cada teste, utilizando no teste 2 para a identificação ( o gráfico 1) e nos testes A1, A3 e T3 (tabela 2).

O coeficiente de infiltração do T2 é de 90 litros/m<sup>2</sup>/dia. Nos testes A1, T3 e A3 o coeficiente de infiltração é de 102 litros/m<sup>2</sup>/dia. A partir dos dados obtidos do coeficiente de infiltração do solo identificou-se em qual faixa de variação de coeficiente de solo (tabela 1) estão os testes realizados, seguindo a NBR 7229 (1993). O T2 na faixa 4 com a absorção relativa média. Os testes A1, T3 e A3 estão na faixa 5 com a absorção relativa rápida.

### 5.5 Cálculo (simplificado) de escoamento de água

No teste A1 a área do jardim de chuva é de 39,55 m<sup>2</sup> (tabela 5), área capaz de reter até 8067,5 litros de água .

No teste 2 a área do jardim é de 28,97 m<sup>2</sup> (tabela 5), área capaz de reter até 5215 litros de água.

No teste A3 e T3 a área do jardim é de 10,12 m<sup>2</sup> (tabela 5), capaz de reter até 2065 litros de água.

No trecho D a área do jardim de chuva é de 29,08 m<sup>2</sup> (tabela 5), capaz de reter até 5932,5 litros de água.

Na rodovia a área para jardim de 29,42 m<sup>2</sup> (tabela 5), capaz de reter até 6002,5 litros de água.

**Tabela 5.** Cálculo de área de jardim de chuva

nº do teste	trecho da rua (nº)	área de captação do trecho da rua (m <sup>2</sup> )	chuva de projeto (mm)	Coefficiente escoamento do solo	volume de captação * (litro)	Área de Jardim (m <sup>3</sup> )	Coefficiente de infiltração (m <sup>2</sup> /dia)	tempo infiltração (dias)	Altura da lamina d'agua (m)	Área de Jardim de chuva (m <sup>2</sup> )	vaga de carro (2,5m x 5m)	número de vagas (nº)
1A	A	461	25	0,7	8067,5	8,07	102	2	0,204	39,55	12,5	3,2
2	B	298	25	0,7	5215	5,22	90	2	0,18	28,97	12,5	2,3
3A	C	118	25	0,7	2065	2,07	102	2	0,204	10,12	12,5	0,8
	D	339	25	0,7	5932,5	5,93	102	2	0,204	29,08	12,5	2,3
	RODOVIA	343	25	0,7	6002,5	6,00	102	2	0,204	29,42	12,5	2,4

**Fonte:** o próprio autor

## 6. DISCUSSÕES

Nossos testes permitiram identificar que os jardins de chuva são técnicas compensatórias de drenagem eficientes e apropriadas para serem implantadas na área de realização dos ensaios, solucionando os alagamentos que ocorrem na vila. É perceptível no teste de dimensionamento do jardim, como que os jardins de chuva, mesmo que pequenos, direcionam para si uma grande quantidade de água. Como por exemplo no ensaio do trecho C (tabela 4), que uma área de jardim de 10,12 m<sup>2</sup> nesta localidade é capaz de infiltrar de forma rápida cerca de até 2065 litros de água, as mesmas que poderiam estar causando alagamentos e prejuízos aos moradores .

Por meio dos coeficientes de infiltração obtidos a partir dos testes de infiltração do solo (tabela 4) ficou evidente que a vila Praiana possui 2 tipos de solo, com absorção relativa média e rápida (tabela 1), o primeiro se encontra na faixa 4 solo com areia ou silte pouco argiloso, ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areias e siltes. O segundo se encontra na faixa 5 areia bem selecionada e limpa variando a areia grossa com cascalho.

O solo da vila praiana possui essa variação devido ter sido depositada uma grande quantidade de aterros para a construção da vila e por meio de materiais que a chuva arrasta para o local. Quando perfuramos o solo com uma camada mais profunda saímos da camada de sedimento e chegamos a areia. Com os ensaios percebemos que a implantação do jardim de chuva em qualquer um dos trechos comporta um grande volume de água, o que reduziria o índice de alagamento da vila analisada.

Como mostra na (tabela 5) a implantação do jardim de chuva na vila analisada pode vir interferir na vaga de carros, por isso é indicado reuniões com os moradores antes de realizar o projeto caso não haja consenso para implantação utilizando a área planejada, pode se diminuir a área e planejar canteiros infiltrantes utilizando britas.

## CONCLUSÃO

Pela observação dos aspectos analisados nas pesquisas secundárias, foi perceptível que os jardins de chuva conseguem mitigar os impactos causados pelas águas da chuva ao direcionarem as águas para si, fazendo com que em cerca de horas elas sejam todas infiltradas, dessa forma reduz o índice de alagamentos e poluições.

A pesquisa realizou um levantamento de dados primários, fundamental para se calcular a capacidade de infiltração do solo. Foi realizado o teste de textura do solo, teste de capacidade de infiltração solo, análise do coeficiente de variação e o cálculo (simplificado) para direcionamento do jardim de chuva.

identificou-se que, seguindo as 5 (cinco) faixas de variação de coeficiente de infiltração indicados pela NBR 7229 (1993) (tabela 02), o solo da área de pesquisa está dentro da faixa 4 e 5 com a absorção relativa média e rápida, o que torna a área de pesquisa com boa capacidade de infiltração.

Em resumo, para o planejamento de um jardim de chuva é necessário seguir os seguintes procedimentos: Realizar teste de textura do solo; realizar teste de infiltração do solo; obter o coeficiente de variação; realizar medição de área de contribuição da água da chuva e realizar cálculo de escoamento de água para o direcionamento da área do jardim. Na vila analisada a implantação do jardim de chuva é possível e pode reduzir a situação de alagamentos.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos** - NBR 7229/1993. Disponível em: [https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_7229.pdf](https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf) Acesso em 13/12/2022, 19h e 17 min.

ABNT. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. 1997. Disponível em: [13969 \(ipaam.am.gov.br\)](https://www.ipaam.am.gov.br) Acesso em: 15/11/2022, 16h e 12 min.

RIBEIRO, Amarolina. Efeitos do êxodo Rural nos países subdesenvolvidos. Brasil escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/efeitos-exodo-rural.htm>. Acesso em 02 de abril de 2023, 23h e 21min.

CAMPOS, Mateus; MELO, T. dos A. T. DE; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. da S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 147-165, out./dez. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/3mKRyFjSkPdBkhdyvVGZZLL/?format=pdf> Acesso em: 25/02/23, 12h e 05 min.

Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. **IPCC**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> Acesso em 13/12/2022, 11h e 28 min.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL). **Revista CEPAL**, nº 49, 1993. Disponível em: [Revista CEPAL | Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe](#). Acesso em: 25/02/2023, 11h e 55 min.

CORMIER, N.S.; PELLEGRINO, P.R.M. Infraestrutura Verde: Uma Estratégia Paisagística para a Água Urbana, Paisagem Ambiente. **Ensaio** - n. 25 - São Paulo - p. 125 - 142. 2008. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/paam/article/view/105962> Acesso em: 01/09/2022, 10h e 08 min.

Fluxos design ecológico. Curso online SESC. Jardim de chuva - aula 02. **Youtube**, outubro 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YXE1-w2KmWg>  
Acesso em: 20/10/2022, 20h e 17 min.

FRANCO, M. de A. R.; PELLEGRINO, P. R. M. UM PROJETO DE INFRAESTRUTURA VERDE PARA O MERCADÃO. **Revista LABVERDE**, [S. l.], v. 2, n. 11, p. 170-180, 2016. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.v2i11p170-180. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/113668> Acesso em: 25/02/2023, 10h e 45 min.

**IBGE**. Instituto brasileiro de geografia e estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 01/04/2023, 10h e 30 min.

LI, J. Q.; ZHAO, W. W. Design and Hydrologic Estimation Method of Multi-Purpose Rain Garden: Beijing case study. *In*: **INTERNATIONAL LOW IMPACT DEVELOPMENT CONFERENCE**, Seattle, 2008. Proceeding, Seattle, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/3mKRyFjSkPdBkhdvyVGZZLL/?format=pdf&lang=pt>  
Acesso em: 13/12/2022, 10h e 50 min.

Manejo da Água: Rio Limpo, Comunidade Integrada. **IPESA**. 2012. Disponível em: [Manejo da Água | IPESA](#) Acesso em: 01/09/2022, 15h e 14 min.

Manejo de água. **IPESA**. Disponível em: [Manejo da Água | IPESA](#) Acesso em: 21/10/2022, 11h e 28 min.

MASQUETE, J. A.; CHANDE, G. M. C. Integração da infraestrutura verde no ordenamento da cidade de Lichinga: potencialidades e condicionantes. **Paisagem e Ambiente**, [S. l.], v. 33, n. 49, p. e186480, 2022. DOI: 10.11606/issn.2359-5361.paam.2022.186480. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/186480> Acesso em 13/12/2022, 08h e 40 min.

O ensaio de absorção de solo. **Geoscan**. 2020. Disponível em: [O ensaio de absorção de solo - Blog Geoscan Blog - Geotecnia](#) Acesso em: 13/12/2022, 17h e 28 min.

OHNUMA JR., A. A.; OBRACZKA, M.; SILVA JR., L. C. S. da; LEAL, I. F.; MURICY, B. Metodologia para seleção de microbacias de drenagem urbana para implantação de microreservatórios: estudo de caso da bacia da Tijuca, RJ. **Sistemas & Gestão**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 458–468, 2018.

O Maior manual do Mundo: como Criar um Jardim de Chuva. **WIKIHOW**. Disponível em: <https://pt.wikihow.com> Acesso em: 01/09/2022, 11h e 17 min.

ONU. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. **Organização das Nações Unidas** (organização intergovernamental). 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/ods/11> acesso em 08/06/2022 Acesso em: 08/06/2022, 11h e 47 min.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. "Evapotranspiração". **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/evapotranspiracao.htm> Acesso em: 30/11/2022, 17h e 32 min.

TIEPPO, M,M; *Et al.* **Jardins de chuva: um estudo de caso para Cascavel**. Anais do 15º Encontro Científico Cultural Interinstitucional e 1º Encontro Internacional. 2017. ISSN 1980-7406. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/mvc/assets/pdfs/anais-2017/MAILA%20MORGANA%20TIEPPO-mmorganatieppo@hotmail.com-1.pdf>>. Acesso em: 01/09/2022, 17h e 44 min.

TUCCI, C,E,M. Gestão da drenagem urbana. **CEPAL**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://www.cepal.org> > 38004-gestao-drenagem-urbana Acesso em: 01/09/2022, 12h e 17 min.