



INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL EM ASSENTAMENTOS INFORMAIS

CASO DE ESTUDO: BACIA DE MAXAQUENE

Trabalho de Culminação de Curso
Candidato: Eudes Xavier Armando Zunguze
2024
Supervisor: Mestre Jaime Comiche Arq.
Arguente: Mestre Arif Mussagy. Arq.
Presidente: Mestre António Simão Jr. Arq.

Maputo, Abril de 2024



FACULDADE DE ARQUITECTURA E PLANEAMENTO FÍSICO

INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL EM ASSENTAMENTOS INFORMAIS

CASO DE ESTUDO: BACIA DE MAXAQUENE

Trabalho de Culminação de Curso • 2024.

Linha temática: Tecnologia e Planeamento das construções.

Candidato: Eudes Xavier Armando Zunguze.

Supervisor: Mestre Jaime Comiche Arq.

Arguente: Mestre Arif Mussagy. Arq.

Presidente: Mestre António Simão Jr. Arq.

Maputo, Abril de 2024

Declaração

Eu, Eudes Xavier Armando Zunguze, declaro que este conteúdo nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ele constitui o resultado do meu labor individual.

Este TCC é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciado, da Universidade Eduardo Mondlane.

Termo de Aprovação

Eudes Xavier Armando Zunguze

INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL EM ASSENTAMENTOS INFORMAIS.

CASO DE ESTUDO: BACIA DE MAXAQUENE.

Monografia submetida ao Júri, designada pelo Reitor da Universidade Eduardo Mondlane, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Licenciado em Arquitectura e Planeamento Físico.

Monografia aprovada em: Maputo, 30 de Abril de 2024.

Por:

Mestre Jaime Comiche, Arq.
FAPF - Universidade Eduardo Mondlane

Mestre Arif Mussagy, Arq.
FAPF - Universidade Eduardo Mondlane

Mestre António Simão Jr., Arq.
FAPF - Universidade Eduardo Mondlane

Termo de Aprovação

Eudes Xavier Armando Zunguze

Infraestrutura de drenagem sustentável em assentamentos informais. Caso de estudo: Bacia de Maxaquene

Monografia submetida ao Júri, designado pela Coordenação do TCC da Faculdade de Arquitectura e Planeamento Físico da Universidade Eduardo Mondlane, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Licenciado em Arquitectura e Planeamento Físico.

Monografia aprovada em: Maputo, 17 de Maio de 2024.

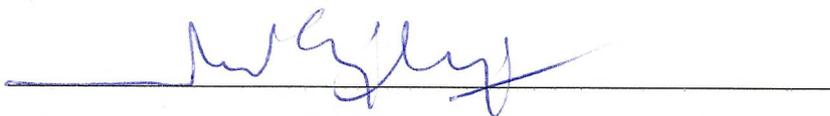
Por:



Mestre Jaime Comiche, Arq.



Lic. António Simão Júnior, Arq.



Mestre Mohamad Arif Mussagi, Arq.



Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Armando Zunguze e Ivone Rafael, pilares da minha formação como ser humano.

Agradecimentos

À Deus por me ter guiado nesta jornada.

Aos meus pais, Armando Zunguze e Ivone Rafael, pelos ensinamentos e por me guiarem e criar as condições possíveis para minha formação.

Ao meu supervisor, o Professor Jaime Comiche pelo acompanhamento, orientação, disponibilidade, dedicação e paciência.

À todos aqueles que de alguma forma partilharam a sua sabedoria e contribuíram para a minha formação, não só académica assim como ser humano.

Agradeço a todos que de forma directa e indirecta contribuíram para a realização do presente trabalho.

Resumo

Inundações, e alagamentos são repetidamente noticiadas em centros urbanos em moçambique, e na maioria das vezes, justificadas como desastres naturais provocados exclusivamente pela alta precipitação de determinado período do ano.

No entanto, a explicação para tais ocorrências deve se a um conjunto de factores naturais (meteorológico) e antrópicos.

Diante disto, é essencial promover técnicas alternativas e sustentáveis para requalificar as infraestruturas de drenagem urbana. Para alcançar o tal propósito, pesquisaram-se as diversas técnicas de Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS), suas vantagens e desvantagens, materiais a usar em cada sistema e a sua eficiência.

Com base nos diversos SUDS propõe-se um sistema de drenagem urbana sustentável de acordo com a realidade local.

A análise das informações contidas no presente trabalho, mostram que os SUDS são uma alternativa viável em termos de eficiência e controle de drenagem em meio urbano, como é o caso do bairro de Maxaquene C, na cidade de Maputo, lugar selecionado para testar a tecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: Infraestrutura urbana, resiliência, Alagamento, sustentabilidade, assentamentos informais

Abstract

Floods are repeatedly reported in urban centers in Mozambique, and most of the time, they are justified as natural disasters caused exclusively by high rainfall during a certain period of the year.

However, the explanation for such occurrences is due to a set of natural (meteorological) and anthropogenic factors.

Given this, it is essential to promote alternative and sustainable techniques to requalify urban drainage infrastructures. To achieve this purpose, the various techniques of Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) were researched, their advantages and disadvantages, materials to use in each system and their efficiency.

Based on the various SUDS, a sustainable urban drainage system is proposed in accordance with the local reality.

The analysis of the information contained in the present work shows that SUDS are a viable alternative in terms of efficiency and drainage control in urban areas, as is the case in the neighborhood of Maxaquene C, in the city of Maputo, the place selected to test the technology .

KEYWORDS: Urban infrastructure, resilience, flooding, sustainability, informal settlements

1. INTRODUÇÃO

- OBJECTIVOS
- MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA
- METODOLOGIA

4. SUDS

- CONCEITO DE SUDS.
- PRINCÍPIOS DE SUDS.
- MEDIDAS ESTRUTURAIS EM DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL.

7. COMPARAÇÃO TECNOLÓGICA

- CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA
- TAXA DE INFILTRAÇÃO
 - LIMITAÇÕES
- SUSTENTABILIDADE
 - CUSTOS

2. ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA

- PROBLEMÁTICA
- AGENDAS DE DESENVOLVIMENTO RELACIONADAS À INFRAESTRUTURAS URBANAS DE DRENAGEM URBANA.

5. CASOS DE ESTUDO E REFERÊNCIAS

- MAPAS DE ÁREAS DE INUNDAÇÃO NATURAL NOS BAIRROS DA CIDADE DE MAPUTO
 - CASOS DE ESTUDO.
 - ANÁLISE SWOT.
- REFERÊNCIAS PROJECTUAIS.

8. CONSIDERAÇÕES

FINAIS

- CONCLUSÕES
- BIBLIOGRAFIA

3. REVISÃO DA LITERATURA

- INFRAESTRUTURAS URBANAS.
- O CICLO HIDROLÓGICO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.
- DRENAGEM URBANA CONVENCIONAL.
 - GESTÃO DA DRENAGEM URBANA.
- EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA.
 - PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE ABORDAGEM CONVENCIONAL E ABORDAGEM ALTERNATIVA.

6. PROTÓTIPO

- ÁREA DE INTERVENÇÃO
 - HISTORIAL
- LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO
- DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO
- OBJECTIVOS DO PROTÓTIPO
- ESTRATÉGIAS DE INTERVENÇÃO
- DESENHOS GRÁFICOS (MASTER PLAN, BACIAS, VIAS, CORTES, DETALHES, IMAGENS, MATERIAIS
 - PROCESSO CONSTRUTIVO.

9. ANEXOS

- PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO PARA SISTEMAS DE INFILTRAÇÃO.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - alagamento na avenida marcelino dos santos no bairro chamanculo d.

Figura 2. Objetivo de desenvolvimento sustentável - ods 6.

Figura 3. Objetivo de desenvolvimento sustentável - ods 11.

Figura 4. Objetivo de desenvolvimento sustentável - ods 13.

Figura 5 - inundações no bairro da urbanização.

Figura 6. Inundações urbanas bairro maxaquene.

Figura 7 - linha de escoamento natural obstruída por construções de habitação no bairro da minkadjuine

Fig 8. Renaturalização do rio cheonggyecheon em seul - coréia do sul

Figura 9. Infraestruturas urbanas

Figura 10. Subsistema viário e de drenagem pluvial. Fonte:

Figura 11. Subsistema de abastecimento de água.

Figura 12. Subsistema de esgotos sanitários.

Figura 13. Canal de drenagem de santos/sp no início do século xx.

Figura 14. concepção geral dos suds

Figura 15. Exemplo de dispositivos de atenuação de caudais através de armazenamento temporário

Figura 16. Parque da cidade em guimarães.

Figura 17. Watersquare benthemplein, rotterdam

Figura 18. Corte esquemático de um poço de infiltração.

Figura 19. Trincheiras de infiltração.

Figura 20. Trincheiras de infiltração.

Figura 21. Bacia de infiltração.

Figura 22. Bethemplein water square.

Figura 23. Vala revestida com cobertura vegetal.

Figura 24. Vala revestida com cobertura vegetal.

Figura 25. Sistemas de biorretenção.

Figura 26. Sistemas de biorretenção.

Figura 27. Pavimentos permeáveis.

Figura 28. Mapa de áreas de inundação natural nos bairros da cidade de Maputo.

Figura 29. Ponto de alagamento, durante e depois da chuva no xipamanine.

Figura 30. Alagamento na avenida marcelino dos santos no bairro chamanculo D.

Figura 31. Linha de escoamento natural obstruída por construções de habitação no bairro da minkadjuine.

Figura 32. Bethemplein water square.

Figura 33. Bethemplein water square.

Figura 34. Espaço público tapis rouge em um bairro informal no haiti.

Figura 35. Espaço público tapis rouge em um bairro informal no haiti.

Figura36. Tanner springs park.

Figura37. Tanner springs park

Figura38. Dados climatológicos para maputo

Figura39. ldf de maputo.

Figura 40. Intensidade da chuva durante uma tempestade projectada de 2 horas para maputo

Figura 41. Bacia de retenção de maxaquene.

Figura 42. Bacia de retenção de maxaquene.

Figura 43. Casas abandonadas próximo a bacia

Figura 44. Portão de acesso a bacia de retenção de maxaquene

Figura 45. Ruas alagadas

Figura 47. Mapa hipsométrico do local de intervenção.

Figura 48. Mapa do local de intervenção.

Figura 49. Esquema de estratégia de intervenção

Figura 50. Esquema de estratégia de intervenção

Figura 51. 12 critérios para determinar um bom espaço público.

Figura 52. 12 critérios para determinar um bom espaço público.

Figura 53. Master plan

Figura 54. Bacias.

Figura 55. Bacia de retenção em dias secos.

Figura 56. Bacia de retenção em dias secos.

Figura 57. Bacia de retenção em dias secos.

Figura 58. Bacia de retenção em dias secos.

Figura 59 e 60. Palco/ bacia de retenção em dias secos.

Figura 61. Palco/ bacia de retenção em dias secos.

Figura 62. Bacia de infiltração em dias secos.

Figura 63. Palco/ bacia de retenção em dias secos.

Figura 64. Campo de jogos/ bacia de retenção em dias secos.

Figura 65. Bacia de infiltração em dias secos.

Figura 66. Bacia de infiltração em dias secos e espaços de venda.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 67. Corte tipo das bacias
- Figura 68. Detalhe talude/escadas
- Figura 69. Vista tridimensional talude
- Figura 70. Corte/ bacia de retenção em dias secos
- Figura 71 bacia de retenção
- Figura 72. Corte/ bacia de infiltração em dias secos
- Figura 73 bacia de infiltração
- Figura 74. Planta palco
- Figura 75. Corte palco
- Figura 76. Imagem aérea em dias secos
- Figura 77. Campo de basquetball
- Figura 78. Rampa de acesso
- Figura 79. Det. Rampa de acesso
- Figura 80. Rampa de acesso
- Figura 81. Escada de acesso às bacias
- Figura 82. Corte escada de acesso às bacias
- Figura 83. Planta de cobertura das bancas para comércio
- Figura 84. Planta de piso das bancas para comércio
- Figura 85. Corte axonométrico das bancas para comércio
- Figura 86. Corte do pergulado
- Figura 87. Planta do pergulado
- Figura 88. Vistas tridimensionais do pergulado
- Figura 89. Corte em detalhe do pergulado
- Figura 90. Planta em detalhe do pergulado
- Figura 91. Vistas tridimensionais do pergulado
- Figura 92. Detalhe da fundação do pergulado
- Figura 93. Detalhe da fundação do pergulado
- Figura 94. Vistas tridimensionais do pergulado
- Figura 95/96. Bacia em dias de chuva
- Figura 97/98. Bacia de retenção em dias de chuva
- Figura 99. Bacias em dias de chuva
- Figura 100. Bacias de infiltração em dias de chuva
- Figura 101 a 108. Processo construtivo
- Figura 109. Bacias de retenção e infiltração
- Figura 110. Vias
- Figura 111. Planta e corte tipo das vias

- Figura 112. Vias
- Figura 113. Det. Poço de infiltração
- Figura 114. Det. Planta poço de infiltração
- Figura 115. Det. Corte poço de infiltração
- Figura 116. Valas revestidas
- Figura 117. Det. Corte das valas revestidas
- Figura 118. Corte tipo das trincheiras de infiltração
- Figura 119. Trincheiras de infiltração
- Figura 120. Det. Corte tipo das trincheiras de infiltração
- Figura 121. Det. Banco de betão

- Figura 122. Vias.
- Figura 123 a 129. Processo construtivo
- Figura 130. IDF de Maputo.
- Figura 131. custo de camião cisterna.
- Figura 132. custo de bomba de água.
- Figura 133. comparação de tempo de remoção dos 12 300m³ de água

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: participação média em percentagem das diferentes partes nos custos dos subsistemas urbano.
- Tabela 2. Evolução dos sistemas urbanos de drenagem pluvial.
- Tabela 3. Análise SWOT
- Tabela 4. Resumo de armazenamento de água do existente e a proposta, e seus respectivos caudais de infiltração.
- Tabela 5. Principais diferenças entre a abordagem convencional e a abordagem alternativa.
- Tabela 6. Matriz de Seleção dos SUDS
- Tabela 7. Estimativas de custos para o protótipo.
- Tabela 8. comparação de tempo de remoção dos 12 300m³ de água. Fonte: Autor.
- Tabela 9. Valores médios do coeficiente C para utilização no Método Racional
- Tabela 10. Taxas de Infiltração para diferentes tipos de materiais

SIMBOLOGIA

- A – Área drenada; Área da bacia de drenagem
- Ab – Área da base da trincheira de infiltração
- Af – Área do fundo do poço de infiltração
- Ai – Superfície activa de infiltração; área de infiltração
- Al – Área impermeável

- Apl – Área das paredes laterais
- C – Coeficiente de escoamento
- Qa – Caudal afluente
- Qi – Caudal infiltrado durante o período de precipitação
- SPI – Volume de armazenamento do poço de infiltração
- Tr – Período de retorno
- Va – Volume de armazenamento

ALAGAMENTO

COBRADE(2012), classifica alagamentos como a extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas

ASSENTAMENTOS INFORMAIS

- Assentamentos Informais são áreas residenciais onde moradores não têm segurança de posse com relação à terra ou moradias que habitam, com modalidades que variam entre ocupações ilegais e locação informal (UN-Habitat, 2003)

- Assentamentos Informais são áreas residenciais onde os bairros geralmente carecem ou estão isolados dos serviços básicos e da infraestrutura urbana (Banco Mundial, 2008)

- De acordo com Fincher, R. e Iveson, K. (2008) Assentamentos Informais são áreas residenciais onde as habitações podem não cumprir com os regulamentos vigentes de planeamento e construção, e muitas vezes estão situadas em áreas geograficamente e ambientalmente perigosas.

INFRAESTRUTURA URBANA

- Sistema técnico de equipamentos e serviços necessários ao desenvolvimento das funções urbanas, podendo estas funções ser vistas sob os aspectos social, econômico e institucional. (Zmitrowicz, Neto 1997)

- É o conjunto dos sistemas sociotécnicos incorporados ao meio urbano para o qual oferecem serviços fundamentais para o seu funcionamento, como energia, água, comunicações ou transporte. (Freire 2017)

RESILIÊNCIA

- A capacidade dos seres humanos de superar os efeitos de uma adversidade a que estão submetidos e, inclusive, de saírem fortalecidos da situação. (Melillo, 2004a, p. 63)

- Mendonça (2015, p.49) Define o termo resiliência como a capacidade de resistência de um dado objecto, organismo ou pessoa, a um determinado impacto.

- Capacidade de enfrentar e superar com sucesso situações adversas. (Trombeta e Guzzo, 2002, p. 9)

SUSTENTABILIDADE

- É a relação equilibrada entre a economia, sociedade e meio ambiente. (ELKINGTON-1994)

- É um objectivo que deve permear as ações das sociedades contemporâneas, diminuindo o uso insensato dos recursos renováveis e não renováveis. (Giacometi, 2008)

VAZÃO VOLUMÉTRICA/ CAUDAL

A vazão volumétrica é a quantidade de volume de um fluido que escoar por um ducto em unidade de tempo. Em outras palavras, é a rapidez com que um fluido flui através de uma secção específica de um conducto, seja ele livre (como um canal ou rio) ou forçado (como uma tubulação com pressão positiva ou negativa)

SIGLAS E ACRÓNIMOS

ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
FAPF	Faculdade de Arquitectura e Planeamento Físico
IDF	Intensidade, Duração, Frequência
TCC	TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO
ODS	Objectivos do Desenvolvimento Sustentável
PTUM	PROJECTO DE TRANSFORMAÇÃO URBANA DE MAPUTO
SUDS	Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável
UEM	Universidade Eduardo Mondlane

No âmbito do Curso, apresenta-se o TCC a ser desenvolvido, com o tema **INFRAESTRUTURAS URBANAS RESILIENTES A DESASTRES NATURAIS**, especificamente **Drenagens Sustentáveis em Assentamentos Informais**

Para Tucci, C. E. (2003), as inundações devido a urbanização tem sido mais frequente neste século, com o aumento significativo da urbanização das cidades e a tendência dos engenheiros de drenarem o escoamento pluvial o mais rápido possível das áreas urbanizadas.

É nesse contexto que os sistemas de drenagem urbana visam controlar os possíveis impactos causados pela impermeabilização do solo, tais como o aumento da vazão e a ocorrência das enchentes urbanas.

Tais acontecimentos impulsionam o surgir tecnologias compensatórias para a drenagem urbana.

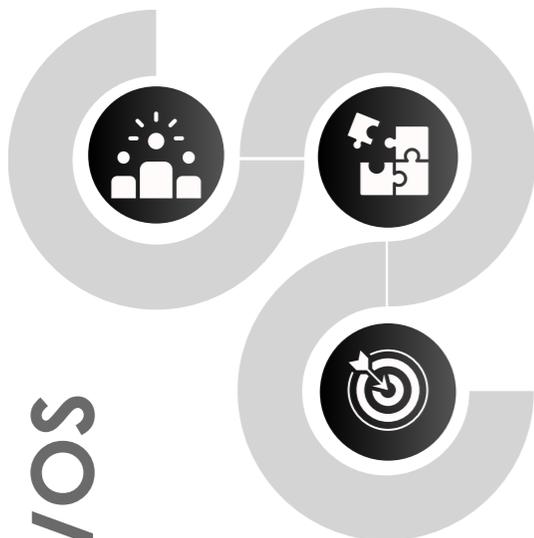
O presente trabalho fará uma abordagem a respeito de uma das tecnologias, os sistemas sustentáveis de drenagem urbana (SUDS), que vêm como alternativa com o objectivo de aumentar a infiltração das águas pluviais no solo e reduzir o escoamento superficial.

INTRODUÇÃO



Figura 1 - Alagamento na Avenida Marcelino Dos Santos no Bairro Chamanculo D. FONTE: PTUM.P171449)

OBJECTIVOS



GERAL

Promover tecnologias alternativas e sustentáveis para Requalificar as Infraestruturas de Drenagem Urbana

ESPECÍFICOS

- 1** Apresentar as tecnologias de drenagem urbana sustentável;
- 2** Melhorar as condições de mobilidade e acessibilidade
- 3** Propor um sistema de drenagem urbana sustentável de acordo com o cenário encontrado.

MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA



Pensar em infraestruturas em espaços urbanos que sejam resilientes a desastres naturais como alagamentos e inundações, visto que estes são os desastres que mais assolam a região nos últimos tempos.



ODS 6 - Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos

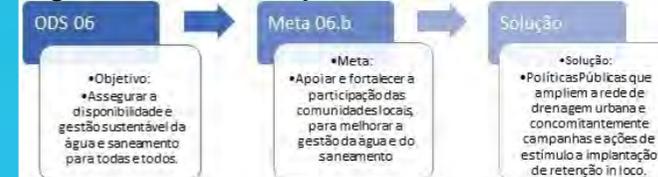


FIGURA 2. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável – ODS 6. Fonte: Archidaily



ODS 11- Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis

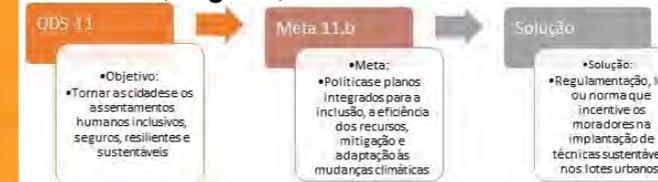


FIGURA 3. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável – ODS 11. Fonte: Archidaily



ODS 13- Tomar medidas urgentes para combater mudança do clima e seus impactos.

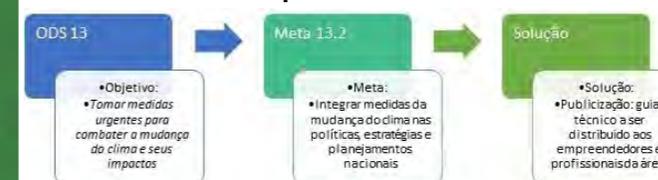


FIGURA 4. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável – ODS 13. Fonte: Archidaily



Estudo de caso com vista a tirar partido das diferentes técnicas e estratégias aplicadas para implementação do sistema



2. ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA



Figura 5 - Inundações no Bairro da Urbanização. FONTE: PTUM P171449)

Problemática

Inundações, e alagamentos são repetidamente noticiadas em centros urbanos em moçambique, e na maioria das vezes, justificadas como desastres naturais provocados exclusivamente pela alta precipitação de determinado período do ano.

No entanto, a explicação para tais ocorrências deve-se a um conjunto de factores naturais (meteorológico) e antrópicos.

Para Tucci, C. E. (2003), os problemas resultantes da inundação dependem do grau de ocupação de áreas planas pela população e da impermeabilização e canalização da rede de drenagem. As inundações devido a urbanização tem sido mais frequente neste século, com o aumento significativo da urbanização das cidades e a tendência dos engenheiros de drenarem o escoamento pluvial o mais rápido possível das áreas urbanizadas.

Para Tucci, C. E. (2007) as magnitudes das inundações são multiplicadas em até seis vezes devido à urbanização. Além desses efeitos, as superfícies sobre as quais a água flui durante os dias chuvosos aumentam a carga de poluição no ambiente urbano e a jusante dos rios.



FIGURA 6. inundações urbanas bairro Maxaquene. Fonte Rádio Moçambique 2021



Figura 7 - Linha de escoamento natural obstruída por construções de habitação no Bairro da Minkadjuine FONTE: PTUM P171449)

Para Tucci, C. E. (2007) dificilmente haverá controle do aumento das descargas de pico na área da drenagem menor e a maioria dos efeitos se manifesta a jusante na drenagem principal.

Na década de 1970, o controle da fonte de drenagem urbana foi desenvolvido nos países avançados por meio de lagoas de contenção e retenção, superfícies permeáveis, valas de infiltração e outras medidas de controle de nascentes.

Nos países em desenvolvimento, esse tipo de controle é pouco presente e os efeitos são transferidos a jusante para o sistema de drenagem principal.

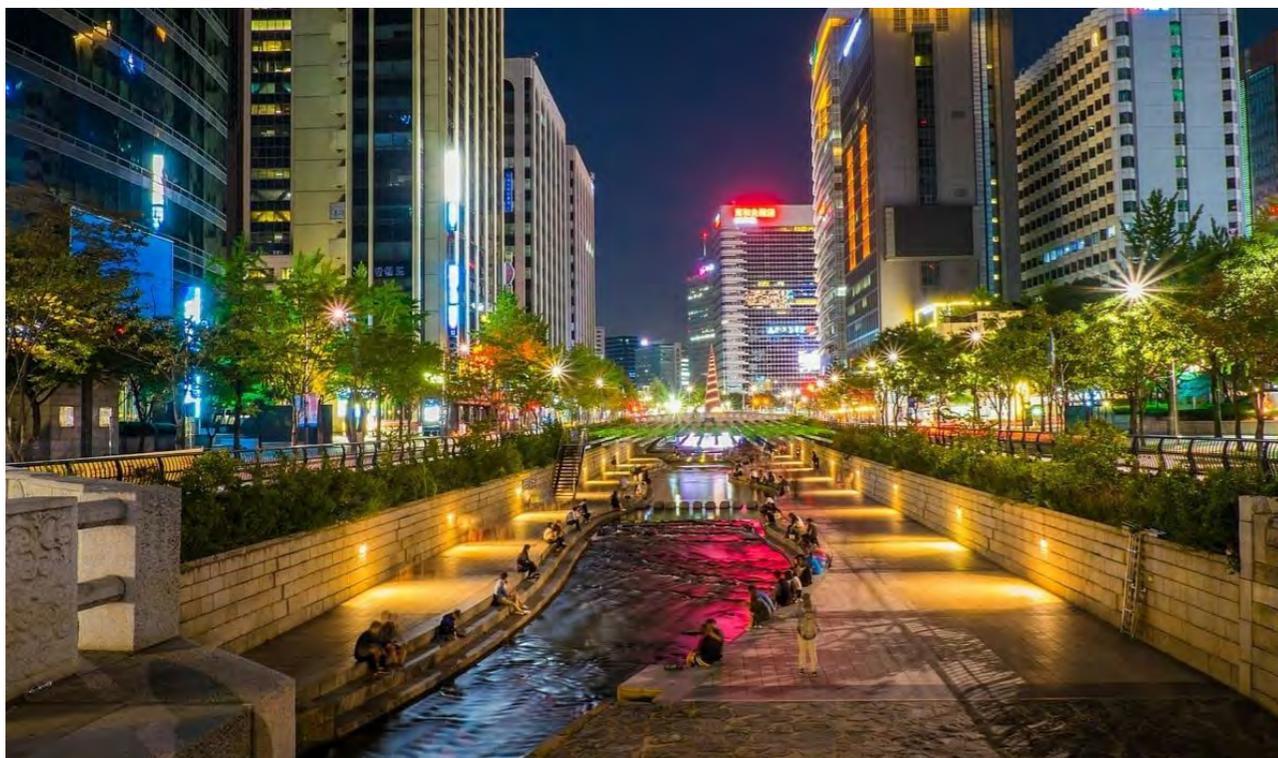


FIG 8. Renaturalização do rio Cheonggyecheon em Seul – Coréia do Sul Fonte: <https://www.koreapost.com.br/wp-content/uploads/2016/01/Rio-Cheonggyecheon-Seul.jpg>.

Instrumentos normativos

RELACIONADAS À INFRAESTRUTURAS URBANAS DE DRENAGEM URBANA

Instrumentos normativos nacionais



- **ESTRATÉGIA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO:** com objectivo de orientar o desenvolvimento urbano em Moçambique até 2040 e promover cidades e comunidades sustentáveis, inclusivas e resilientes.
- **PROGRAMA DE INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA URBANA:** Com objectivo de melhorar o acesso à infraestrutura básica, incluindo habitação saneamento, água, energia e transporte.
- **GUIÃO METODOLÓGICO PARA ELABORAÇÃO DE PLANOS DE MITIGAÇÃO DE RISCOS: DRENAGEM, ENCHENTES E EROSÃO**
- **PROJECTO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E LOCAL - PDUL NORMAS PARA ESTRADAS URBANAS MUNICIPAIS MANUAL DE CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRADAS URBANAS MUNICIPAIS**

Instrumentos normativos internacionais



- **ODS17:** agenda mundial adotada durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável em setembro de 2015. composta por 17 objectivos e 169 metas a serem atingidos até 2030. Os ODS abrangem uma ampla gama de áreas e temas, visando promover um mundo mais justo, igualitário e sustentável.

REVISÃO DA LITERATURA

Infraestruturas Urbanas



FIGURA 9. Infraestruturas Urbanas
Fonte: <https://www.pesnet.com.br/>

De acordo com Zmitrowicz e Neto (1997), Infraestrutura Urbana pode ser conceituada como um sistema técnico de equipamentos e serviços necessários ao desenvolvimento das funções urbanas, podendo estas funções ser vistas sob os aspectos social, econômico e institucional.

-Sob o **aspecto social**, a infraestrutura urbana visa promover adequadas condições de habitação, trabalho, saúde, educação, lazer e segurança.

-No que se refere ao **aspecto econômico**, a infra-estrutura urbana deve propiciar o desenvolvimento das atividades produtivas, isto é, a produção e comercialização de bens e serviços.

-E sob o **aspecto institucional**, entende-se que a infraestrutura urbana deva propiciar os meios necessários ao desenvolvimento das atividades político-administrativas, entre os quais se inclui a gerência da própria cidade.

Classificação das Infraestruturas Urbanas

O sistema de infra-estrutura urbana pode ser classificado de várias maneiras: subsistemas técnicos sectoriais e posição dos elementos (redes) que compõem os subsistema.

Classificação segundo subsistemas técnicos sectoriais De acordo com Zmitrowicz e Neto (1997),

- 1 Subsistema Viário: consiste nas vias urbanas;
- 2 Subsistema de Drenagem Pluvial;
- 3 Subsistema de Abastecimento de Água;
- 4 Subsistema de Esgotos Sanitários;
- 5 Subsistema Energético;
- 6 Subsistema de Comunicações

1 Subsistema Viário: Segundo Puppi (1988), O subsistema viário é composto de uma ou mais redes de circulação, de acordo com o tipo de espaço urbano (para receber veículos automotores, bicicletas, pedestres, entre outros).

Complementa este subsistema o subsistema de drenagem de águas pluviais, que assegura ao viário o seu uso sob quaisquer condições climáticas.

2 Subsistema de Drenagem Pluvial: Este subsistema tem como função promover o adequado escoamento das massas líquidas provenientes das chuvas que caem nas áreas urbanas, assegurando o trânsito público e a proteção das edificações, bem como evitando os efeitos danosos das inundações.



FIGURA 10. Subsistema viário e de drenagem pluvial. fonte: www.benv360.com

3 Subsistema de Abastecimento de Água: Segundo Puppi(1981), O provimento de água a população aprazível aos sentidos e sanitariamente pura, bastante para todos os usos, é a finalidade de um subsistema de abastecimento de água. A qualidade e a quantidade da água são, pois, as duas condições primordiais a serem observadas neste subsistema



FIGURA 11. Subsistema de abastecimento de água. fonte: www.florianonews.com/

4 Subsistema de esgotos sanitários: compreende, geralmente, a rede de canalizações e órgãos acessórios, órgãos complementares e dispositivos de tratamento dos esgotos, antes de seu lançamento no destino final.



FIGURA 12. Subsistema de esgotos sanitários. fonte: <https://fluxoambiental.com.br>

5 Subsistema Energético: É constituído fundamentalmente por dois tipos de energias: a elétrica e a de gás. São as duas formas de energia que mais se usam nas áreas urbanas no mundo, por serem de fácil manipulação, limpas e relativamente econômicas. A nível mundial, nas malhas urbanas, a energia elétrica destina-se à iluminação de locais e movimentação de motores, e a energia do gás à produção de calor (como cozinhar) (Mascaró, 1987).

6 Subsistema de Comunicações: Compreende a rede telefônica e a rede de televisão a cabo. As conexões São feitas por condutores metálicos, e, mais recentemente, de fibras ópticas, cabos terrestres ou submarinos e satélites. As redes de infra-estrutura que compõe este subsistema (cabearamento e fios), seguem especificações similares aos do sistema energético;

Subsistema	Rede	Ligações domiciliares	Equipamentos complementares	Total
Pavimento	100	-	-	100
Drenagens Pluviais	100	-	-	100
Abastecimento de água	15.5	25.5	59	100
Esgoto Sanitário	39	3	58	100
Abastecimento de gás	19	12	69	100
Abastecimento de energia Eléctrica	20.5	15	64.5	100
Iluminação pública	26.5	-	73.5	100

Tabela 1: participação média em percentagem das diferentes partes nos custos dos subsistemas urbano. Fonte: Mascaró 1987(ADAPTADO)

O ciclo hidrológico em bacias hidrográficas

Rocha e Santos (2018, p.2) definem a bacia hidrográfica como “um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado na saída da Bacia Hidrográfica.”. Nesse contexto, observa-se uma dinâmica natural que conta, ainda, com as perdas pelo processo de evapotranspiração da água.

Drenagem urbana convencional

Segundo TUCCI 2014 drenagem urbana, são um conjunto de medidas, que tem por objectivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, ocasionadas pela intensa urbanização, diminuindo os prejuízos causados por inundações e permitindo o desenvolvimento urbano de forma harmônica e planeada.

Durante muito tempo, o objectivo principal da drenagem urbana foi remover as águas pluviais em excesso da maneira mais eficiente possível para evitar transtornos, prejuízos e riscos de inundações (TUCCI, 1993).

Pode-se dizer que a drenagem urbana foi, e ainda é, em alguns locais, a prática de drenar as águas de chuva para rios próximos o mais rápido possível, construindo canais e retificando cursos de água.



FIGURA 13. Canal de drenagem de Santos/SP no início do século XX. Fonte: Pereira (2006)

Os benefícios que advêm da correcta implantação de um adequado sistema de drenagem pluvial são inúmeros podendo apontar-se alguns:

- Redução das áreas inundadas;
- Proteção do tráfego rodoviário e pedestre;
- Redução de gastos com manutenção das vias públicas e áreas adjacentes permeáveis e impermeáveis;
- Escoamento rápido das águas superficiais;
- Eliminação da presença de águas estagnadas;
- Abaixamento do nível freático;
- Redução da erosão hídrica do solo.

Gestão da drenagem urbana

Segundo Tucci e Genz (1995, apud AGRA, 2001), o controle das enchentes é uma acção permanente e da responsabilidade da sociedade.

Nesse contexto, Agra (2001) destaca alguns dos princípios de controle para uma drenagem urbana consistente, sendo eles:

- Bacia vista como um sistema, onde se deve pensar nos impactos referentes à toda ela, e não somente num ponto crítico isolado;
- Avaliação dos cenários futuros;
- Plano Director de Drenagem Urbana;
- Não ampliação da cheia natural;
- Controle permanente;
- Educação ambiental.

Evolução dos Sistemas de Drenagem Urbana a Partir do Século XIX

De acordo com Lourenço (2014) nos últimos anos, verificou-se uma enorme evolução nos sistemas de drenagem urbana, motivada, em grande parte, pelos problemas e desafios criados pelo grande aumento populacional verificado, pelo crescimento industrial, pela concentração das populações nas zonas urbanas e pelo agravamento geral das condições ambientais, em especial da qualidade das águas dos meios receptores.

Segundo os textos da especialidade, Hamburgo (cidade da Alemanha) foi a primeira cidade dotada de um plano nacional de drenagem de águas residuais (um sistema do tipo unitário).

A ideia principal das propostas apresentadas para a gestão das águas pluviais em meio urbano passa por restaurar o ciclo hidrológico natural, alterado pelo processo de urbanização.

As principais técnicas utilizadas contemplam o uso de estruturas que procuram reproduzir a capacidade de infiltração da água no solo, perdida devido à impermeabilização. Embora não seja possível restaurar totalmente o ciclo hidrológico natural, com aplicação destas técnicas, há uma melhoria significativa do ambiente urbano.

Nos últimos anos, as técnicas sustentáveis para gestão de águas pluviais em meio urbano têm sido estudadas com terminologias diferentes:

- *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS) – Reino Unido
- *Low Impact Development* (LID) – Estados Unidos da América
- *Best Management Practice* (BMP) – Canadá
- *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) – Austrália

Em síntese, a evolução dos sistemas de drenagem pluvial pode resumir-se a três fases, apresentadas no Quadro abaixo:

Período	Conceito	Características
Até 1970	Higienista	Escoamento pluvial transferido para jusante, por meio de redes colectores enterrados
1970 a 1990	Correctivo	Aparecimento dos primeiros sistemas separativos e ETAR. A qualidade da água no meio receptor ganhou relevância.
A partir de 1990	Sustentável	Planeamento da ocupação de espaço urbano, obedecendo aos mecanismos naturais de escoamento, controlo da qualidade da água e recuperação da infiltração por meio de técnicas sustentáveis.

TABELA 2. Evolução dos sistemas urbanos de drenagem pluvial. Fonte: Lourenço (2014)

SUDS

SISTEMAS URBANOS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL

Sistemas urbanos de drenagem sustentáveis

Face o cenário constante de inundações, surge a necessidade de projectar sistemas de drenagem com maior eficiência e mais sustentáveis, visto que aumentar a capacidade de escoamento dos sistemas existentes seria uma solução pouco económica e em condições meteorológicas extremas não resolveria o problema na íntegra nem a longo prazo.

Desta forma, surge o conceito de drenagem sustentável, com o objectivo de regenerar o ciclo hidrológico natural, através da incorporação de novas técnicas com a finalidade de desacelerar os caudais de ponta e atenuar o nível de poluição presente nas águas das chuvas descarregadas nos meios receptores.

Conceito de SUDS

Os SUDS são um conjunto de técnicas sustentáveis de controlo e gestão das águas pluviais e surgiu como alternativa ao sistema tradicional de drenagem das águas pluviais das áreas urbanas. Este sistema foi concebido para gerir os riscos ambientais do escoamento urbano e contribuir sempre que possível para a melhoria/aprimoramento do ambiente urbano (Ballard et al., 2007).

Pode se dizer que, os SUDS representam o conjunto de práticas de gestão, estruturas de controlo e estratégias concebidas de uma forma eficiente e sustentável para recolher o escoamento superficial, além de minimizar a poluição no meio hídrico recetor (Susdrain, 2012).

Princípios de Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável

O principal princípio aplicado à filosofia do SUDS é tirar o maior benefício possível de caudais de escoamento de águas pluviais.

Os tipos de benefícios obtidos pela utilização de sistemas de drenagem SUDS de maneira geral podem enquadrar-se em 4 pilares base:

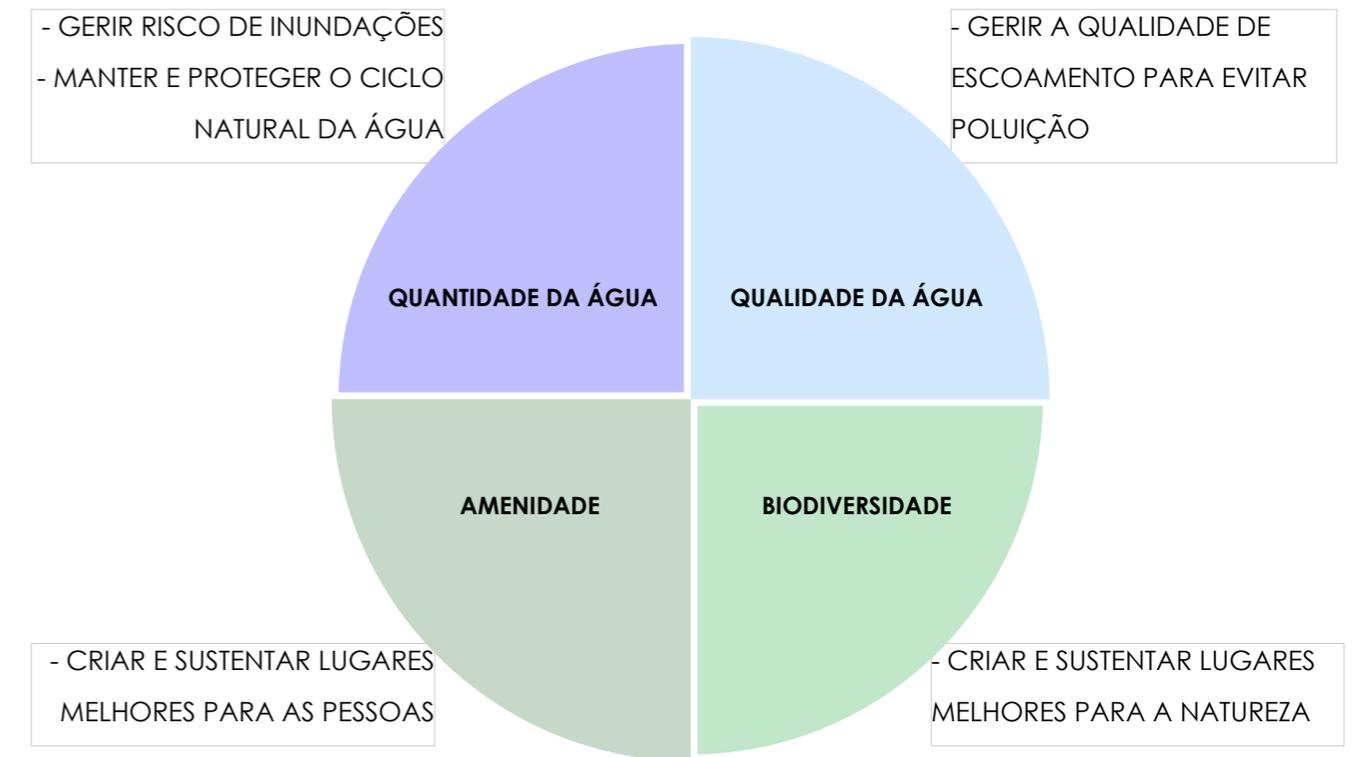


Figura 14: Conceção geral dos SuDS

Fonte: Woods-Ballard et al. (2015) ADAPTADO

Controlo de Caudal

O controlo de Caudal deve assentar nas premissas de não existir impacto nas pessoas, ambiente e propriedades, devendo ser gerido através do sistema de drenagem, do tempo de concentração e caudal descarregado no meio recetor.

O objectivo de um controlo de caudal, é limitar o caudal máximo descarregado pela rede de drenagem ao valor do caudal pré-impermeabilização.

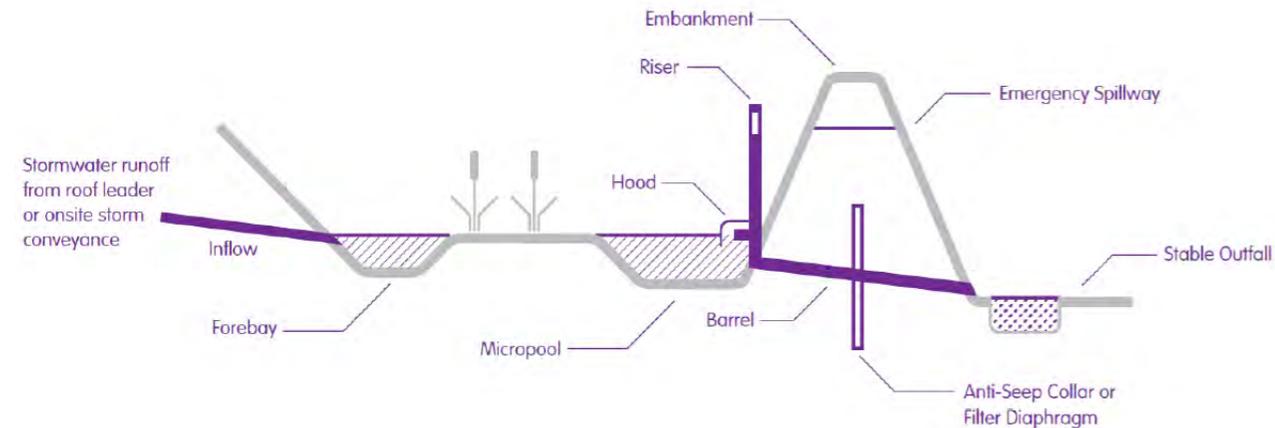


Figura 15 - Exemplo de dispositivos de atenuação de caudais através de armazenamento temporário (NYC Department of Design and Construction, 2010). Fonte: Vasco (2016).

Qualidade da Água

A poluição difusa proveniente de meios de drenagem urbanos é um factor com significado no que toca à qualidade da água nos aquíferos e meios receptores, e igualmente com elevado peso no que toca ao cumprimento da Diretiva Quadro da Água.

A utilização de sistemas de drenagem SUDS permite que de forma natural se proceda à remoção e retenção de matérias suspensas no escoamento. Estes dispositivos podem ser integrados na paisagem urbana, sendo facilmente evidente a falta de manutenção do sistema, bem como a integração da sua manutenção na manutenção dos espaços onde se encontram integrados.



FIGURA 16. Parque da Cidade em Guimarães. FONTE: LOURENÇO 2014



FIGURA 17. Watersquare Bentheplein, Rotterdam

Amenidade

A amenidade urbana envolve aspetos diversos, de natureza social e económica, tendo como principal objetivo o desenvolvimento do território, geralmente associada a um equipamento ou serviço agradável.

No caso da drenagem urbana, quando levado a cabo um bom planeamento de ordenamento dos territórios, podemos encontrar zonas de valorização das amenidades, como jardins, parques e zonas verdes, que poderão integrar a rede de drenagem como zonas de apoio ao tratamento de efluentes.

Os benefícios da amenidade urbana proporcionada pela utilização de sistemas de drenagem urbana sustentável podem ser refletidos na melhoria da habitabilidade dos espaços urbanos.

Biodiversidade

De acordo com Vasco (2016), da mesma forma que as áreas verdes, jardins, parques e zonas verdes melhoram a amenidade do local de implantação do sistema SUDS, esses mesmos locais podem proporcionar o desenvolvimento de habitats ou melhoria de habitats existentes. A melhoria da biodiversidade em meio urbano, tem impacto na qualidade de vida dos habitantes e utilizadores das zonas.

O encaminhamento de águas pluviais para dispositivos de drenagem, irá proporcionar o crescimento de plantas, vegetação e animais, podendo-se obter estas melhorias desde o sistema mais pequeno ao mais complexo e de grandes dimensões, fornecendo abrigo e alimento às espécies que nessas zonas se irão estabelecer e desenvolver.

Medidas estruturais em drenagem urbana sustentável

Poços de infiltração

Consistem em pequenos fossos, instalados localmente, com o objectivo de armazenar e realizar uma lenta infiltração directa de parte das águas pluviais no solo.

De acordo com Agra (2001), os poços de infiltração são adequados ao contexto urbano uma vez que ocupam pouco espaço, apesar de apresentarem pouca capacidade de armazenamento

As principais limitações destas estruturas prendem-se com:

- A necessidade de pré-tratamento;
- A escala reduzida dos efeitos de armazenamento;
- A necessidade de manutenção regular e frequente para evitar a colmatagem dos poros;
- A não compatibilidade com terreno rochoso ou com nível freático elevado;
- A possibilidade de risco de contaminação das águas subterrâneas;
- Dimensionamento e construção requerem pessoal especializado.

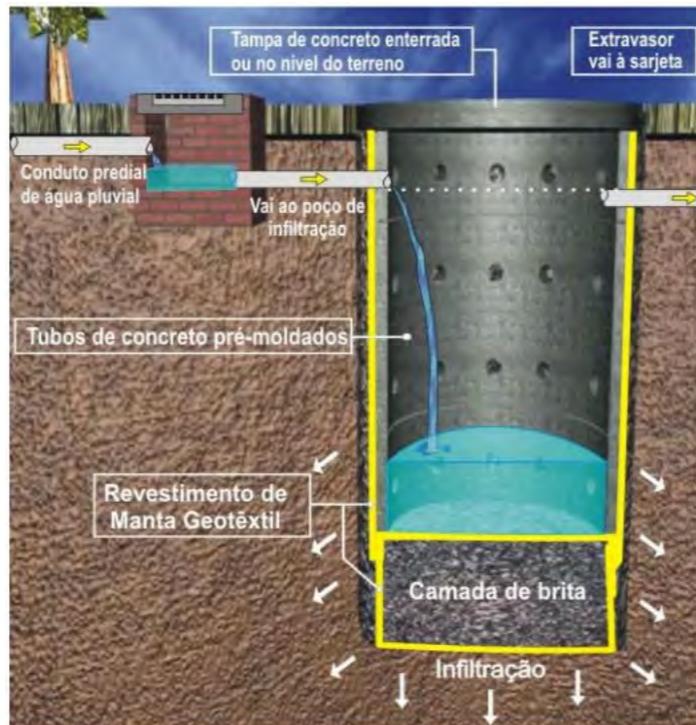


FIGURA 18. Corte esquemático de um poço de infiltração. Fonte: Reis, Oliveira e Sales (2008)

Trincheiras de infiltração

são escavações menos profundas e de desenvolvimento longitudinal, cuja finalidade é o armazenamento temporário das águas de chuva visando uma posterior infiltração dessas no solo. Devido à sua característica linear, o potencial de infiltração de uma trincheira está relacionado ao seu comprimento, levando a bons resultados quando há maior área de contacto.



FIGURA 20. Trincheiras de infiltração. Fonte: Reis, Oliveira e Sales (2008)

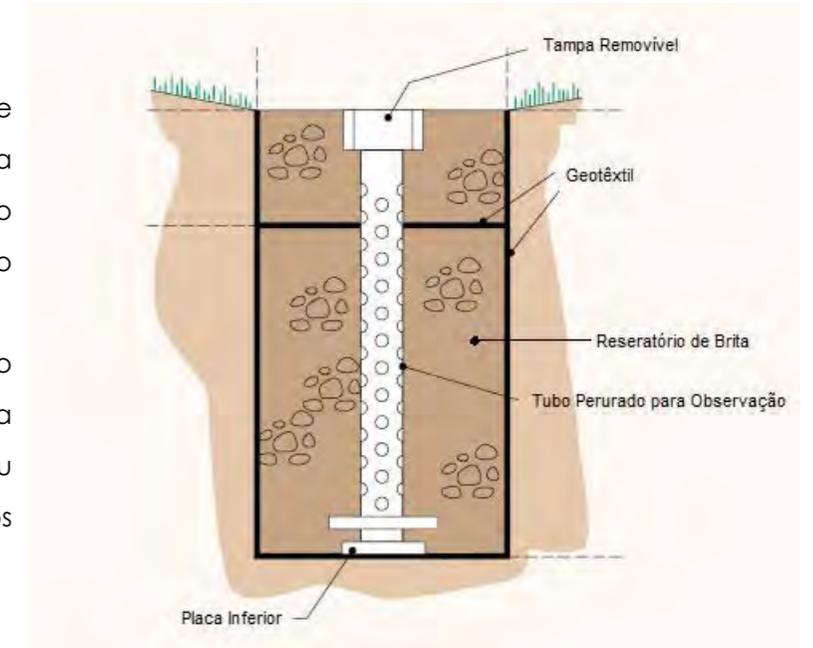


FIGURA 19. Trincheiras de infiltração. Fonte: Reis, Oliveira e Sales (2008)

Quanto às limitações:

- A limitação da técnica em termos de permeabilidade do solo, caso seja muito baixa a água na estrutura demorará muito tempo a infiltra-se, perdendo eficiência para eventos chuvosos consecutivos;
- Possibilidade de contaminação dos aquíferos;
- Necessidade de manutenção frequente, caso não se realize poderá ser necessária a reconstrução completa da estrutura devido à elevada degradação;
- Difícil monitorização do desempenho e do funcionamento;

Bacias de infiltração

Vasco (2016) define as bacias de infiltração como áreas planas ajardinadas que recebem e armazenam um volume de água proveniente da zona de drenagem urbana. Assim, esta água é infiltrada no solo e, por se tratar de uma zona verde, passa por um processo de filtração natural.

As bacias podem ser escavadas em terreno cercado por taludes ou, ainda, construídas com o auxílio de pequenas encostas já existentes no local

As principais limitações das bacias de infiltração são:

- Risco de poluição das águas subterrâneas devido à mobilização de contaminantes existentes no local
- Risco de poluição por infiltração de águas superficiais poluídas do local



FIGURA 21. Bacia de infiltração.
Fonte: <https://wiki.sustainabletechnologies.ca>

Bacias de Retenção

As bacias de retenção surgem como dispositivos que visam o armazenamento de água pluvial por determinado período de tempo, com o poder de controlar os volumes que chegam à rede de drenagem.

De acordo com Neto (2019, p. 29), "esta funcionalidade permite, para situações onde a vazão máxima admitida pela rede é ultrapassada, escoar vazões mais baixas durante um maior período de tempo, reduzindo assim o risco de inundações".

As principais limitações das bacias de retenção são a necessidade de ocupação de grandes áreas, risco de proliferação de insetos e doenças, risco de segurança caso as margens não possuam proteção e a possibilidade de impacto negativo no ambiente urbano.

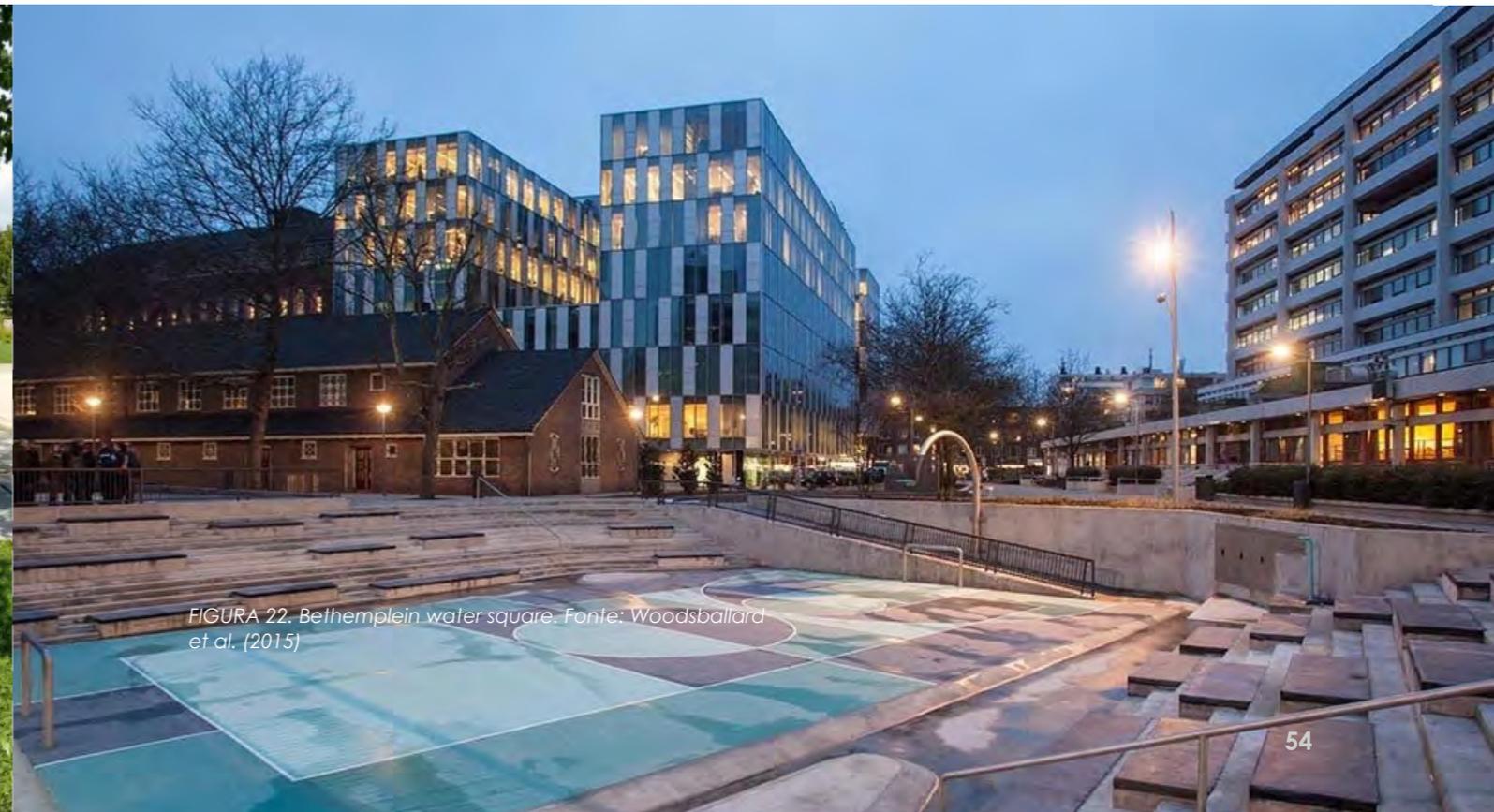


FIGURA 22. Bethemplein water square. Fonte: Woodsballard et al. (2015)

Valas revestidas com cobertura vegetal (Swales)

As valas revestidas com cobertura vegetal são canais abertos de desenvolvimento longitudinal, geralmente pouco profundos e de secção variável, podendo ter forma triangular, trapezoidal ou curva (LOURENÇO, 2014).

Woods-ballard et al. (2015) afirmam que esses canais podem substituir as tubulações convencionais como meio de transporte do escoamento e, com a implantação de filtros adjacentes, podem, também, eliminar a necessidade de sarjetas.

As valas demandam baixo custo de instalação e manutenção, sendo adequadas à sistemas combinados com outros dispositivos SUDS.

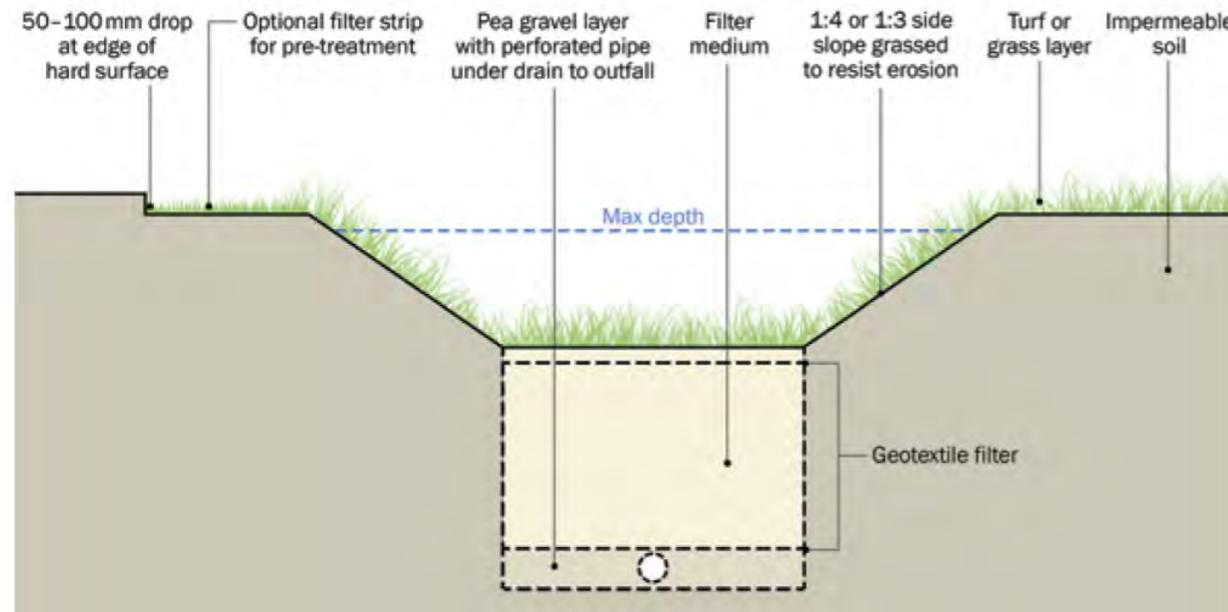


FIGURA 23. Vala revestida com cobertura vegetal. Fonte: Woods-ballard et al. (2015)

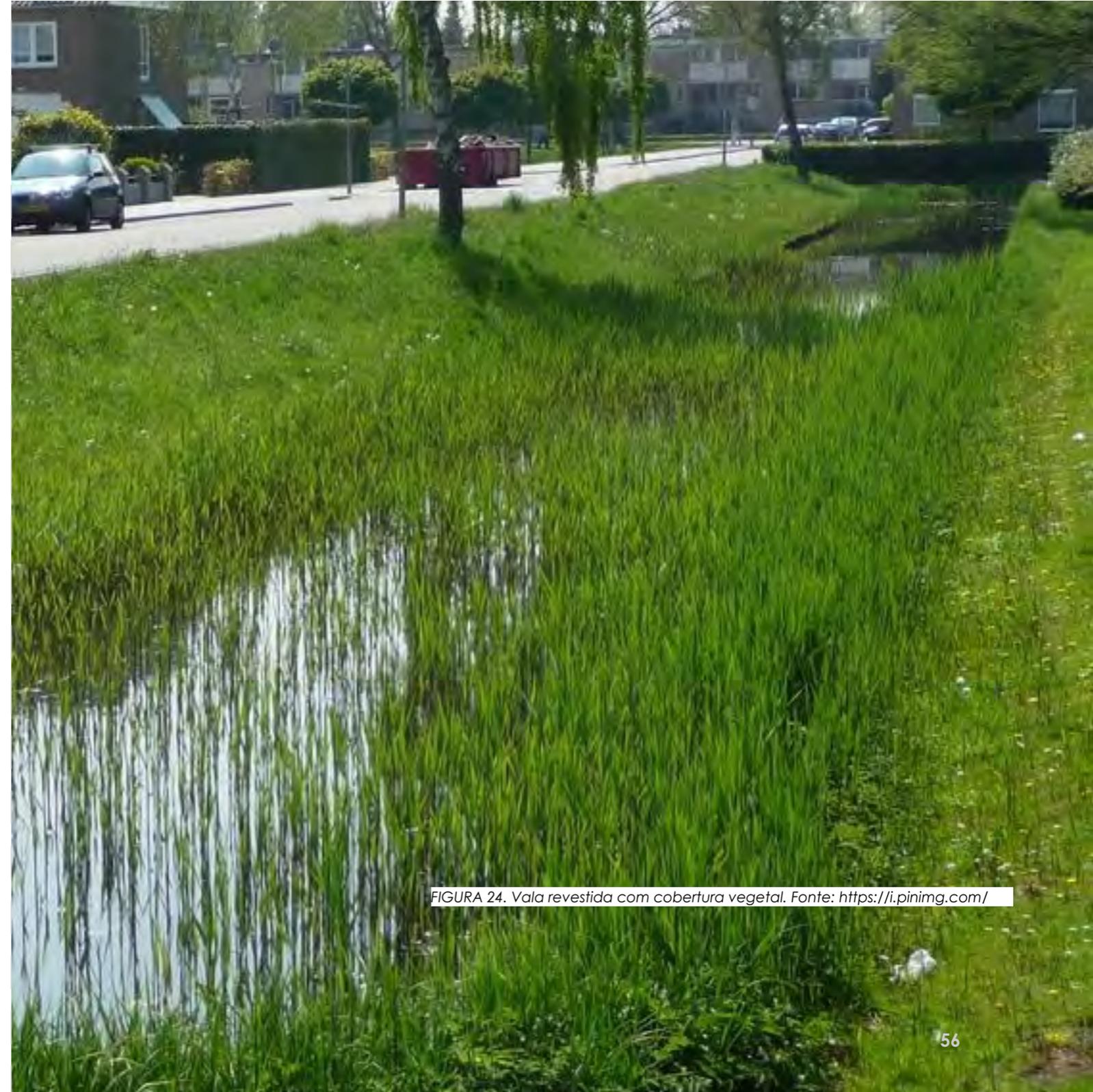


FIGURA 24. Vala revestida com cobertura vegetal. Fonte: <https://i.pinimg.com/>

Sistemas de biorretenção

Os sistemas de biorretenção consistem em depressões pouco profundas na superfície do terreno, com objectivo de armazenar e infiltrar os volumes de escoamento, além de tratar os poluentes através de sua composição de solo e vegetação. Esses dispositivos contribuem, ainda, como atractivo paisagístico, são auto irrigantes e férteis, favorecem o habitat e a biodiversidade local e proporcionam o resfriamento do microclima devido à evapotranspiração.

De acordo com Pennsylvania (2006), as técnicas de biorretenção acabam por propiciar um ambiente similar aos ecossistemas naturais, criando uma densidade de espécies nativas e distribuição da vegetação. Isso porque a filtração decorrente da presença de vegetação e diferenças granulométricas no solo garante uma qualidade da água.

Os sistemas de biorretenção têm como principais componentes o meio filtrante, camada de transição (geotêxtil), camada drenante, descarga de emergência e dreno (VASCO, 2016),



FIGURA 25. Sistemas de biorretenção. fonte: www.susdrain.org/



FIGURA 26. Sistemas de biorretenção. fonte: Vasco (2016)

Pavimentos permeáveis

A aplicação de pavimentos permeáveis tem como objectivo reduzir as áreas impermeáveis no meio urbano.

Assim, diferenciam-se dos pavimentos tradicionais pela capacidade de drenar o escoamento através da superfície, permitindo o armazenamento e posterior infiltração das águas no solo (LOURENÇO, 2014).

Os pavimentos permeáveis são adequados para estacionamento, ruas de tráfego leve, praças e espaços desportivos.

Segundo Vasco (2016), removem poluentes através das camadas constituintes do pavimento, realizando o tratamento do efluente em consequência dos processos filtração, adsorção, biodegradação e sedimentação. Além disso, contribuem também para um maior conforto da comunidade, com a redução de ruídos e menor formação de aquaplanagem.

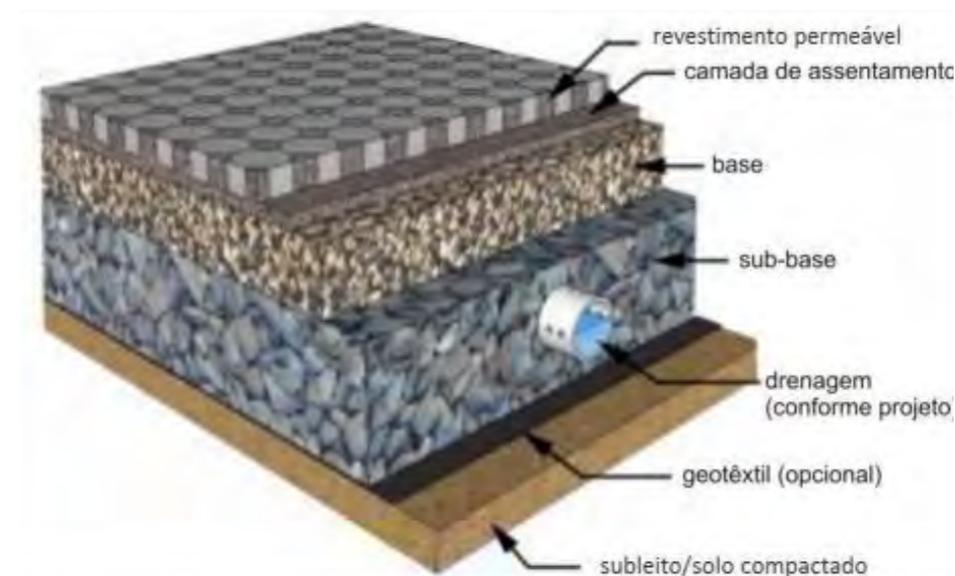
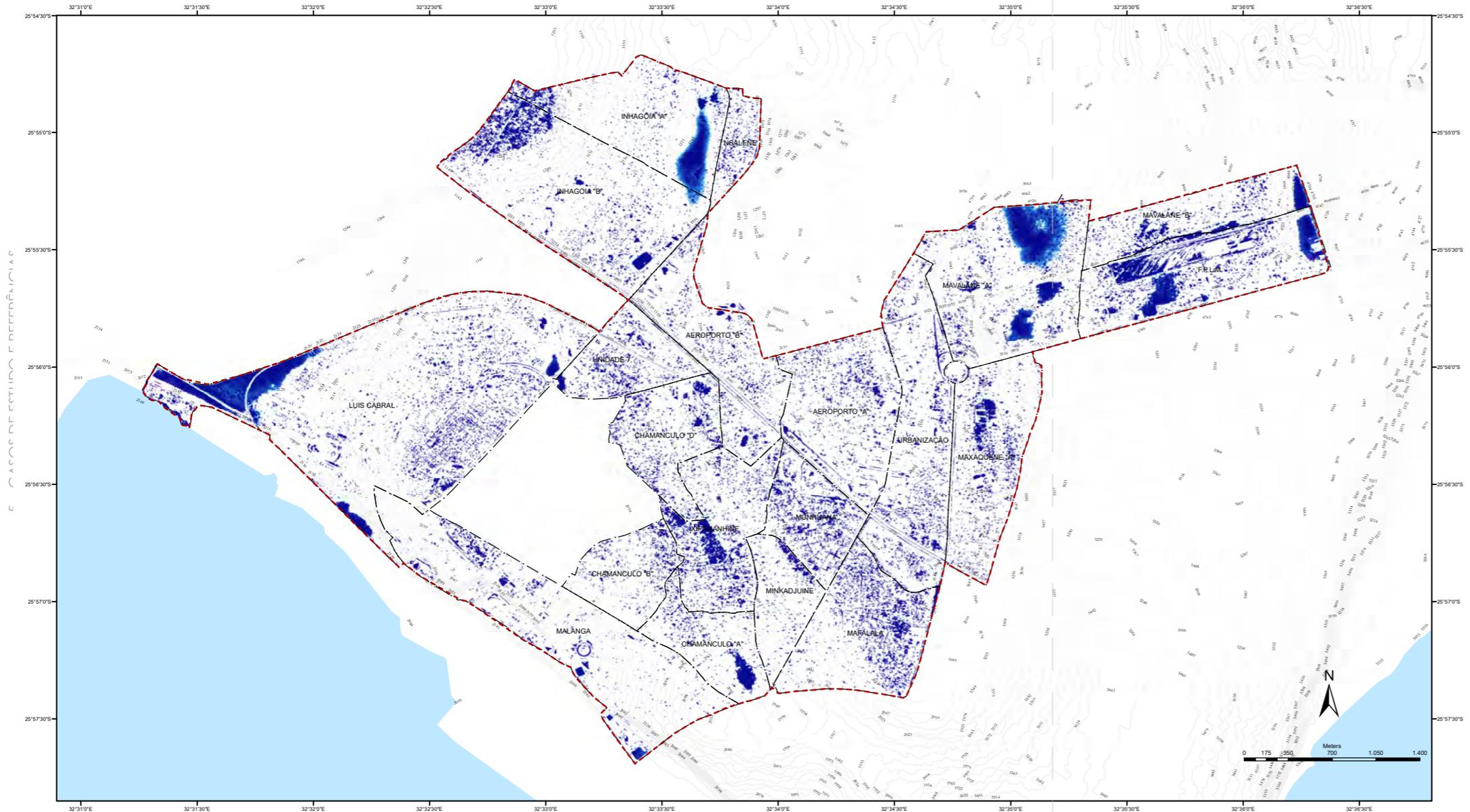


FIGURA 27. Pavimentos permeáveis. Fonte: Oliveira. (2018)

CASOS DE ESTUDO



Mapa de áreas de inundação natural nos Bairros da cidade de Maputo

Legenda
Área susceptível a inundações
Value
 High : 0,5
 Low : 0

FIGURA 28. Fonte: PTUM P171449 (2021)

Xipamanine

-O bairro dispõe de infraestruturas de drenagem apenas na célula A, entre os quarteirões Q1 à Q14, sendo que o restante bairro é servido por valas nas bermas das entradas

-Acumulação de águas pluviais (alagamento)



FIGURA 29. Ponto de alagamento, durante e depois da chuva no Xipamanine Fonte: www.mmo.co.mz

Chamanculo D

-No bairro existe uma vala de drenagem junto à Avenida Amaral Matos, que recebe afluentes dos quarteirões, causando erosão pluvial ao longo do trajecto.

-As valas de berma ao longo da Avenida Marcelino Dos Santos, apresentam-se completamente inoperacionais devido ao elevado volume de resíduos sólidos neles depositados e devido a má concepção estrutural das suas tampas uma vez que não possibilitam manuseio para as devidas limpezas.



FIGURA 30. Alagamento na Avenida Marcelino Dós Santos no Bairro Chamanculo D Fonte: PTUM P171449 (2021)

Minkadjuine

O bairro dispõe apenas da drenagem na Avenida de Angola, sendo que tem problemas de inundações devido ao bloqueio das ruas que serviam como linhas naturais dos escoamentos superficiais devido a construções desordenadas.



FIGURA 31. Linha de escoamento natural obstruída por construções de habitação no Bairro da Minkadjuine Fonte: PTUM P171449 (2021)

Análise SWOT dos casos de estudo apresentado

S	W	O	T
Strengths	Weaknesses	Opportunities	Threats
valas de drenagem a céu aberto ao longo da Avenida Joaquim Chissano , atravessando o bairro	<ul style="list-style-type: none">-Infraestrutura degradada e/ou assoreadaA dificuldade de acesso aos tubos, causada principalmente pela pavimentação das ruasíndice de saturação do solo e declividade condicionada do terreno.	Existência de um Plano Director de Saneamento de Drenagem da Área Metropolitana do Grande Maputo (MAXAQUENE)	surgimento de construções, grande parte delas de forma desordenada, condicionam os trajectos dos escoamentos naturais

Tabela 3. Análise SWOT

Watersquare Benthemplein

Localização | Roterdã, Holanda

Ano | Projecto 2011-2012, concluído em 2013

Cliente | Iniciativa Climática de Rotterdam, cidade de Rotterdam apoiada pela Waterboard Schieland & Krimpenerwaard

Colaboração | Departamento de Engenharia da Cidade de Rotterdam. obras de Betão: Wallaard. Calhas de aço: ACO.

Estado | Projecto final, construído.

Fotógrafos | Ossip van Duivenbode, Palleh+Azarfane e Jurgen Bals.

A praça de água Benthemplein possui uma estratégia dupla: é um espaço público e um armazenamento de águas pluviais combinados em um só espaço. A praça faz parte de uma estratégia para aumentar a resiliência climática através de medidas adaptativas. Uma nova forma de criar financiamento extra para espaços públicos de alta qualidade é aplicada aqui: esta praça tem sido amplamente financiada por departamentos de gestão de água e por subsídios à inovação.

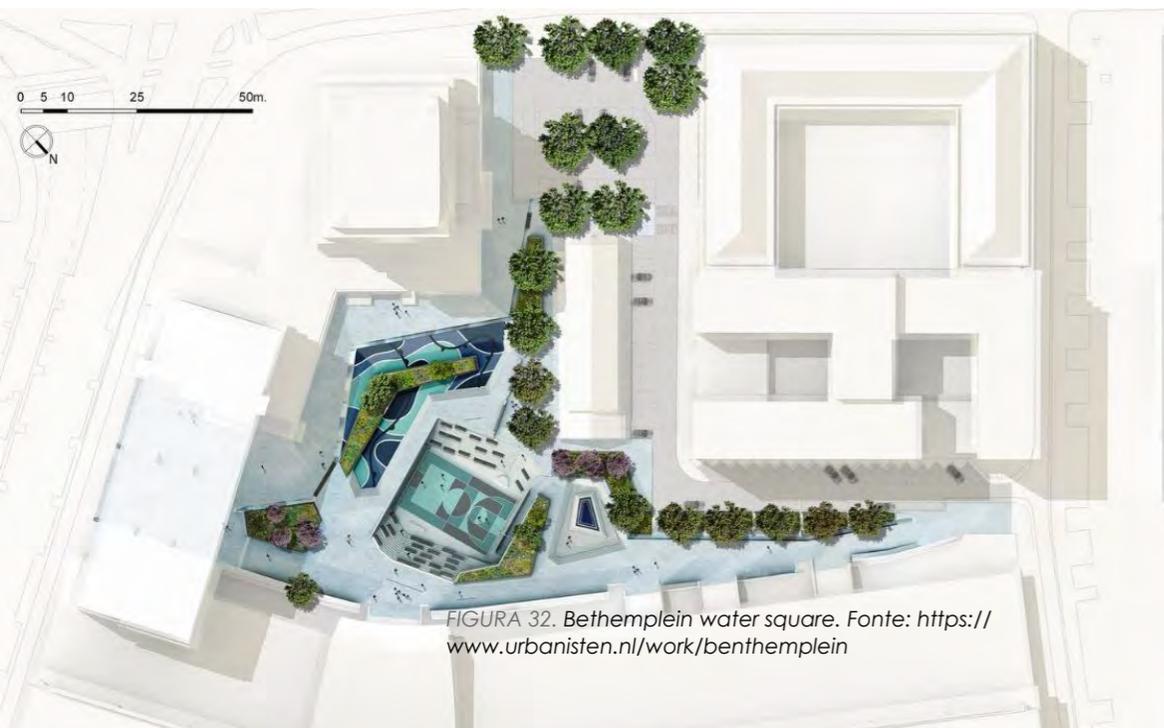


FIGURA 32. Benthemplein water square. Fonte: <https://www.urbanisten.nl/work/benthemplein>



FIGURA 33. Benthemplein water square. Fonte: Woodsballard et al. (2015)



FIGURA 34. Espaço público Tapis Rouge em um bairro informal no Haiti. Fonte: Archidaily

Espaço público Tapis Rouge em um bairro informal no Haiti

ESPAÇO PÚBLICO

HAITI

Arquitetos: Emergent Vernacular Architecture (EVA Studio); Emergent Vernacular Architecture (EVA Studio)

Ano: 2016

Fotografias: Gianluca Stefani, Etienne Pernot du Breuil

O projecto em si é inerentemente orientado para a comunidade e compreende o espaço público como um terreno antropológico a partir do qual a identidade e as relações sociais crescem. Através de uma abordagem participativa e colocando o envolvimento da comunidade no centro do processo de projecto, este espaço público visa dar poder transformador a uma comunidade e proporcionar aos moradores um sentimento de pertencimento, identidade e orgulho. O objectivo era criar um ambiente mais seguro e mais limpo, o que ajudaria a reduzir o crime, a violência e o comportamento antissocial na área.



FIGURA 35. Espaço público Tapis Rouge em um bairro informal no Haiti. Fonte: Archidaily

Tanner springs wetland park

Designer: Ramboll Studio Dreisetl

Ano: 2010

Localização: Portland, Oregon, EUA

DESCRIÇÃO

O parque cobre um quarteirão do Pearl District, que já foi um pântano e um lago alimentado por riachos que desciam no sudoeste de Portland.

O parque capta águas pluviais, que também são armazenadas em uma cisterna subterrânea. Assim, a zona húmida não necessita de água urbana. Também demonstra como a água é filtrada e purificada na natureza, recirculando as águas pluviais através da limpeza de areia e plantas de zonas húmidas.

A programação do parque é uma mistura de espaços activos e passivos sobrepostos às áreas húmidas funcionais de infiltração e detenção de águas pluviais.



FIGURA36. Tanner Springs Park, fonte: <https://knowltondl.osu.edu>

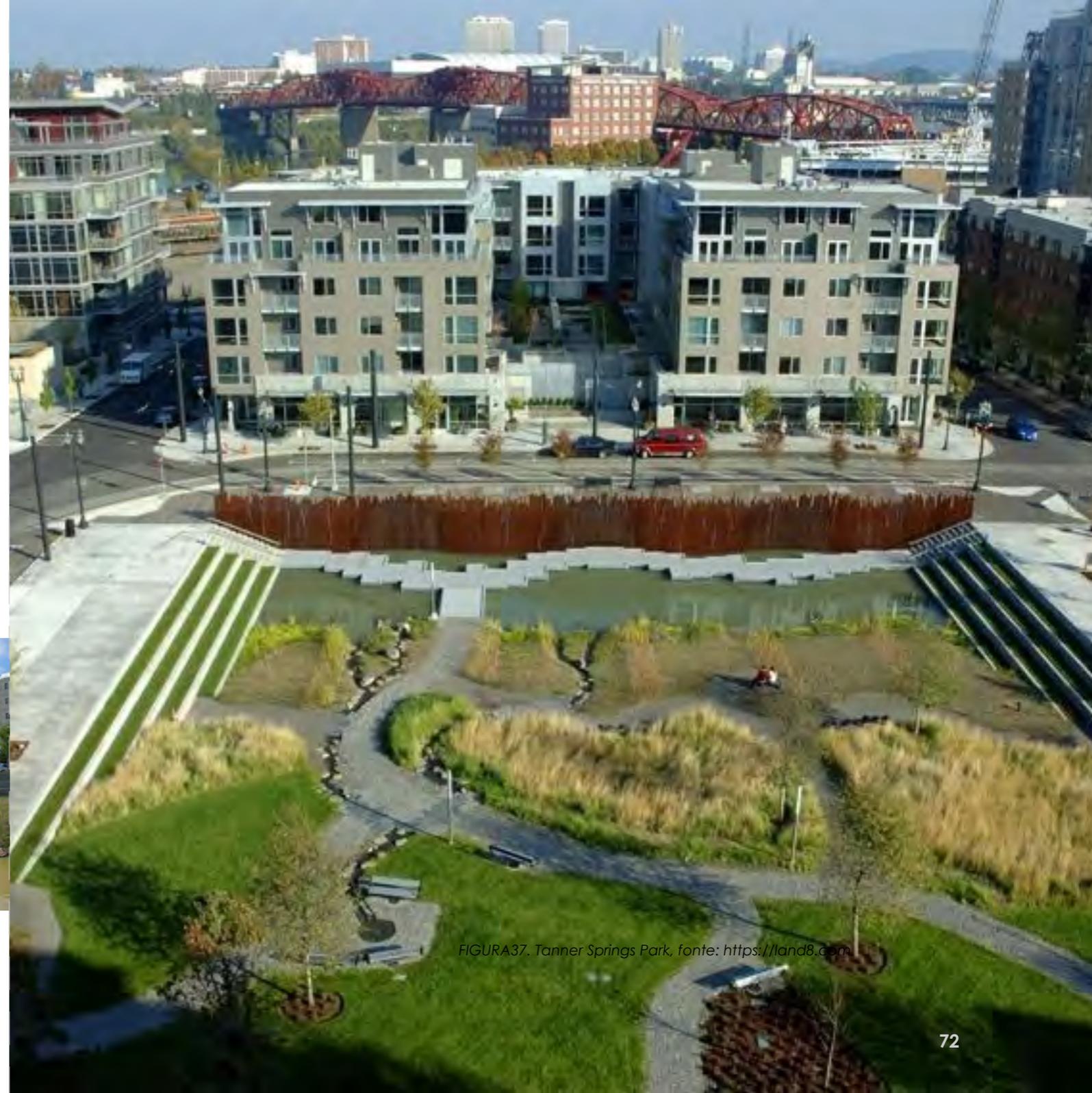
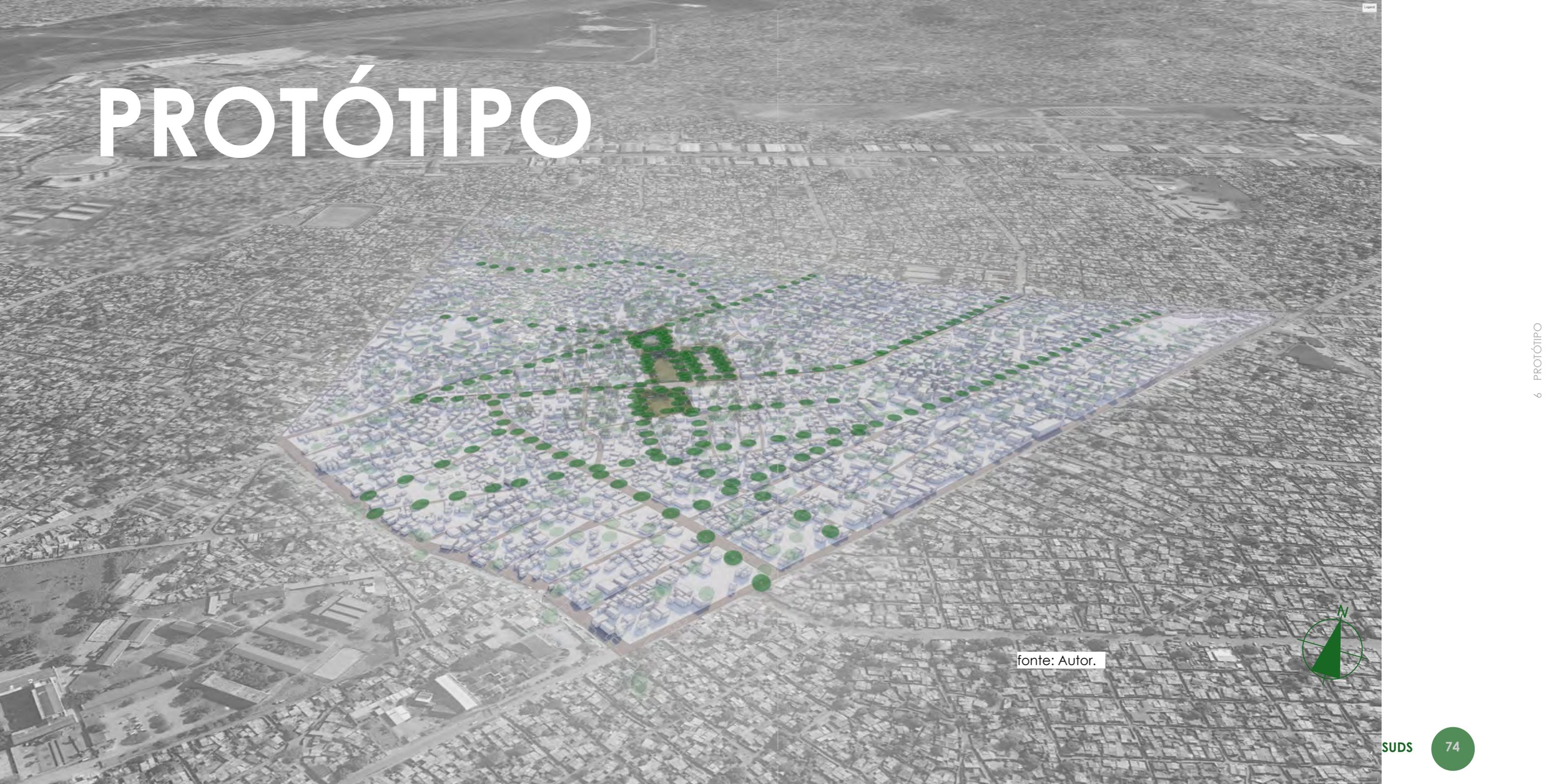


FIGURA37. Tanner Springs Park, fonte: <https://land8.com>

PROTÓTIPO



fonte: Autor.





LOCAL DE INTERVENÇÃO

CAMPUS UEM

PRAÇA DA OMM

fonte: Google earth.

ÁREA DE INTERVENÇÃO

LOCALIZAÇÃO

A área de intervenção localiza-se na cidade de Maputo, Distrito Municipal KaMaxaquene, Bairro Maxaquene C. O Bairro Maxaquene C faz fronteira à Norte com o Bairro Maxaquene D, a Oeste com o Bairro Maxaquene D, a Sul com os Bairros Malhangalene B e Coop, e a Sul com o Bairro Polana Caniço A. O Bairro Maxaquene C possui uma área de 962 081 m² e cerca de 17 007 habitantes, com uma densidade de 17.7 hab/km²



fonte: Autor.

Factores Geográficos, biofísicos e climáticos

DADOS CLIMATOLÓGICOS PARA MAPUTO

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	25.5	25.8	25.2	23.4	21.6	19.9	19.3	20.5	21.9	22.6	23.7	25.1
Temperatura mínima (°C)	22.9	23.1	22.5	20.3	18.1	16.1	15.4	16.6	18.1	19.3	20.7	22.2
Temperatura máxima (°C)	28.5	28.8	28.4	26.7	25.7	24.2	23.6	25	26.1	26.3	27.1	28.4
Chuva (mm)	123	96	82	45	25	13	14	16	33	55	96	115
Umidade(%)	76%	75%	76%	73%	70%	67%	67%	65%	66%	71%	74%	74%
Dias chuvosos (d)	10	9	9	6	3	2	2	2	3	5	8	8
Horas de sol (h)	7.9	7.9	8.0	7.8	8.2	8.2	8.1	8.1	7.8	7.2	7.3	7.9

FIGURA38. Fonte: pt.climate-data.org

110 mm é a diferença de precipitação entre o mês mais seco e o mês mais chuvoso. Ao longo do ano as temperaturas médias variam 6.5 °C.

O mês de humidade relativa mais elevada é Janeiro (76.12 %). O mês com a humidade relativa mais baixa é Agosto (65.39 %). O mês que regista mais precipitação é Janeiro (2.90 dias). O mês mais seco do ano é Junho (13.13 dias)

Clima - predominante é tropical e apresenta uma temperatura média de 22.9 °c. Ao longo do ano.

Segundo a Köppen e Geiger o clima é classificado como BSh. Em Maputo, a temperatura média anual é de 22.9 °C. Cerca de 713 mm da precipitação ocorre numa base anual.

Ventos - direção este-oeste, com mais predominância nos meses de agosto, setembro e outubro;

Insolação: o mês com mais horas diárias de sol é Maio com uma média de 8.23 horas de sol. No total, há 255.04 horas de sol durante Maio. O mês que apresenta o menor número de horas de sol diárias é Janeiro, apresentando uma média de apenas 7.89 horas por dia. A acumulação total de luz solar durante este período é de aproximadamente 244.45. (fonte: Fonte: pt.climate-data.org)

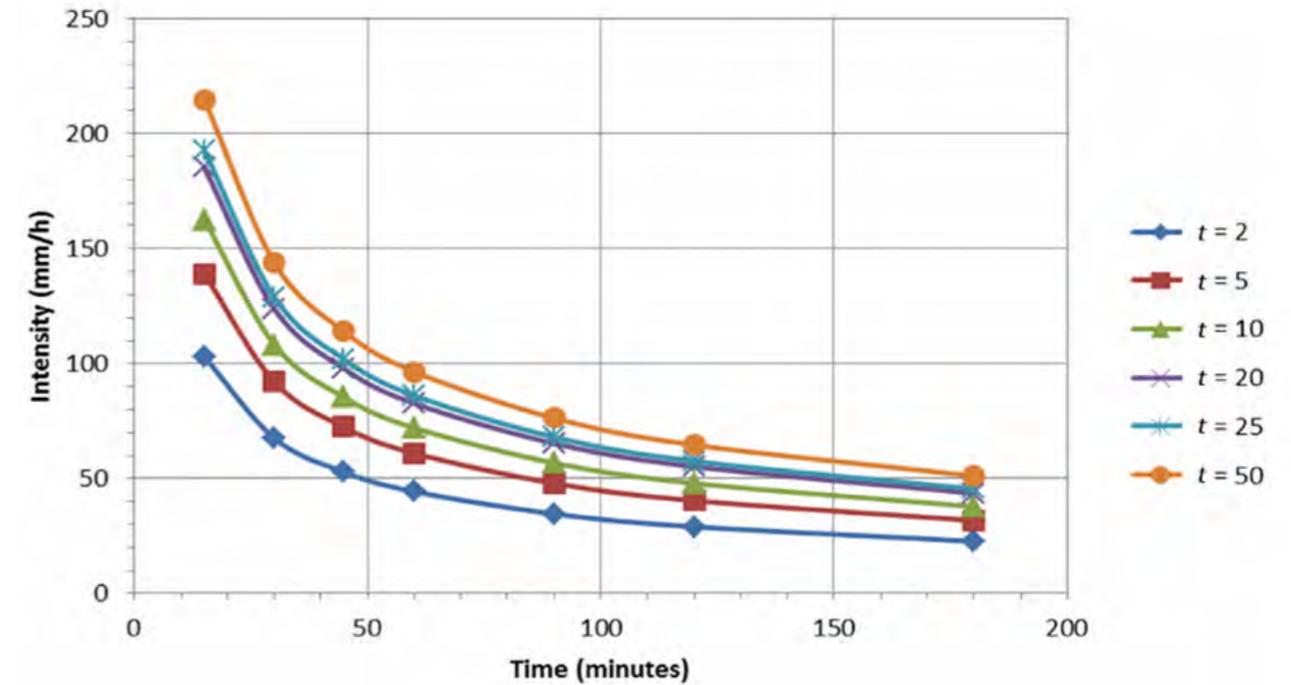


FIGURA39. IDF de Maputo. Fonte: AFRICAN GEOGRAPHICAL REVIEW

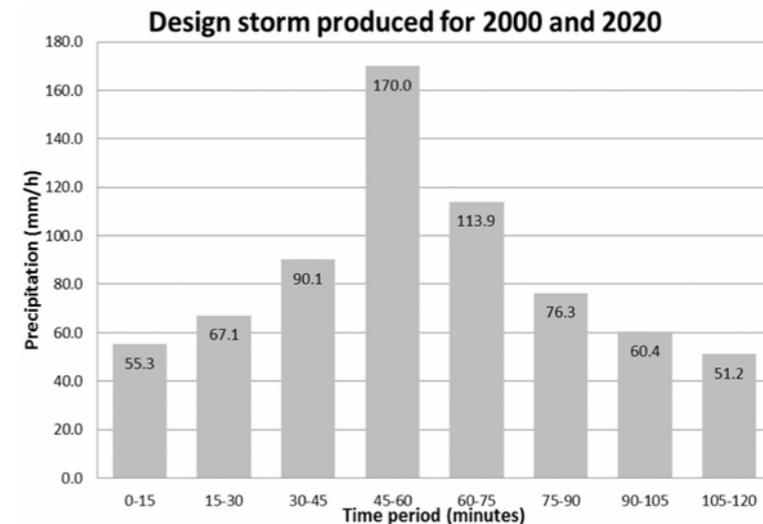
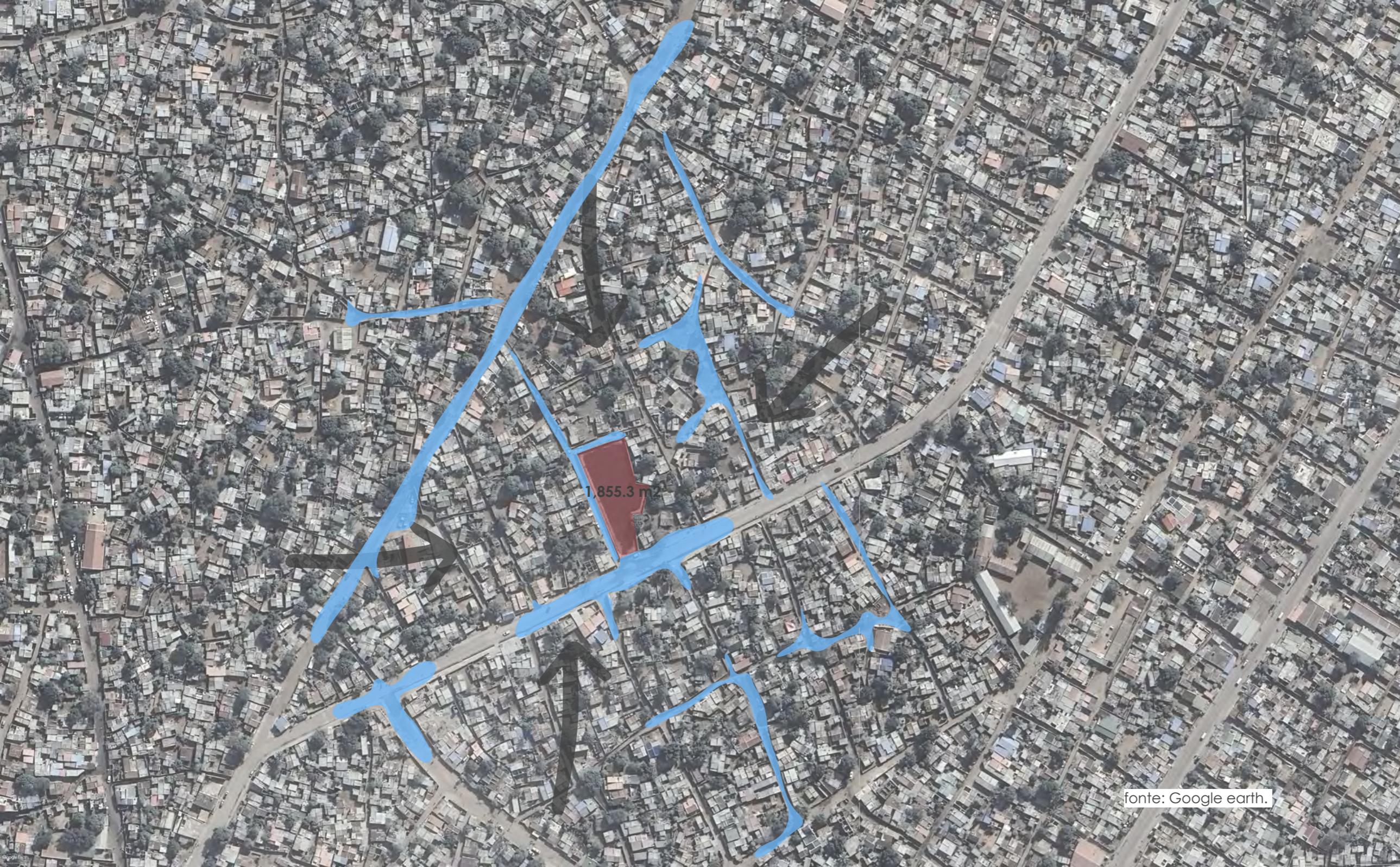


FIGURA 40. Intensidade da chuva durante uma tempestade projetada de 2 horas para Maputo, assumindo um período de retorno de 50 anos. precipitação média total durante o estudo área = 171,1 mm/dia...Fonte: AFRICAN GEOGRAPHICAL REVIEW



BACIA DE RETENÇÃO DE MAXAQUENE C



Vias críticas de
alagamento
próximo à bacia
de retenção de
Maxaquene.

fonte: Google earth.

LOCALIZAÇÃO

A Bacia de Retenção de Águas pluviais construída no ano de 2018 no Bairro da Maxaquene "C", na Cidade de Maputo, com a finalidade de minimizar o problema de inundações.

Nos dias de chuva, as ruas e residências, sobretudo do quarteirão 29, ficavam alagadas condicionando a transitabilidade, principalmente na avenida da Malhangalene.

O processo implicou a transferência de 16 famílias que foram reassentadas no bairro das Mahotas, na cidade de Maputo. As obras, avaliadas em cerca de 23 milhões de meticais.

Mas, em menos de um ano, a infra-estrutura mostrou ineficácia: enche e transborda.

Está a afectar as famílias circunvizinhas da bacia de retenção de Maxaquene.

A bacia foi construída para responder a preocupações do Bairro de Maxaquene "C", mas o tamanho da bacia não é suficiente em tempos de chuvas de forma ininterrupta.

As ruas e as residências, sobretudo do quarteirão 29, ficam alagadas, condicionando a transitabilidade, especificamente na Rua da Malhangalene.

O excesso de volume de água que transborda da bacia é de cerca de 12 300m³



FIGURA 41. Bacia de retenção de Maxaquene. Fonte: AUTOR



FIGURA 42. Bacia de retenção de Maxaquene. Fonte: AUTOR



Levantamento fotográfico

FIGURA 43. Casas abandonadas próximo a bacia





Levantamento fotográfico



FIGURA 44. Portão de acesso a Bacia de retenção de Maxaquene



DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO

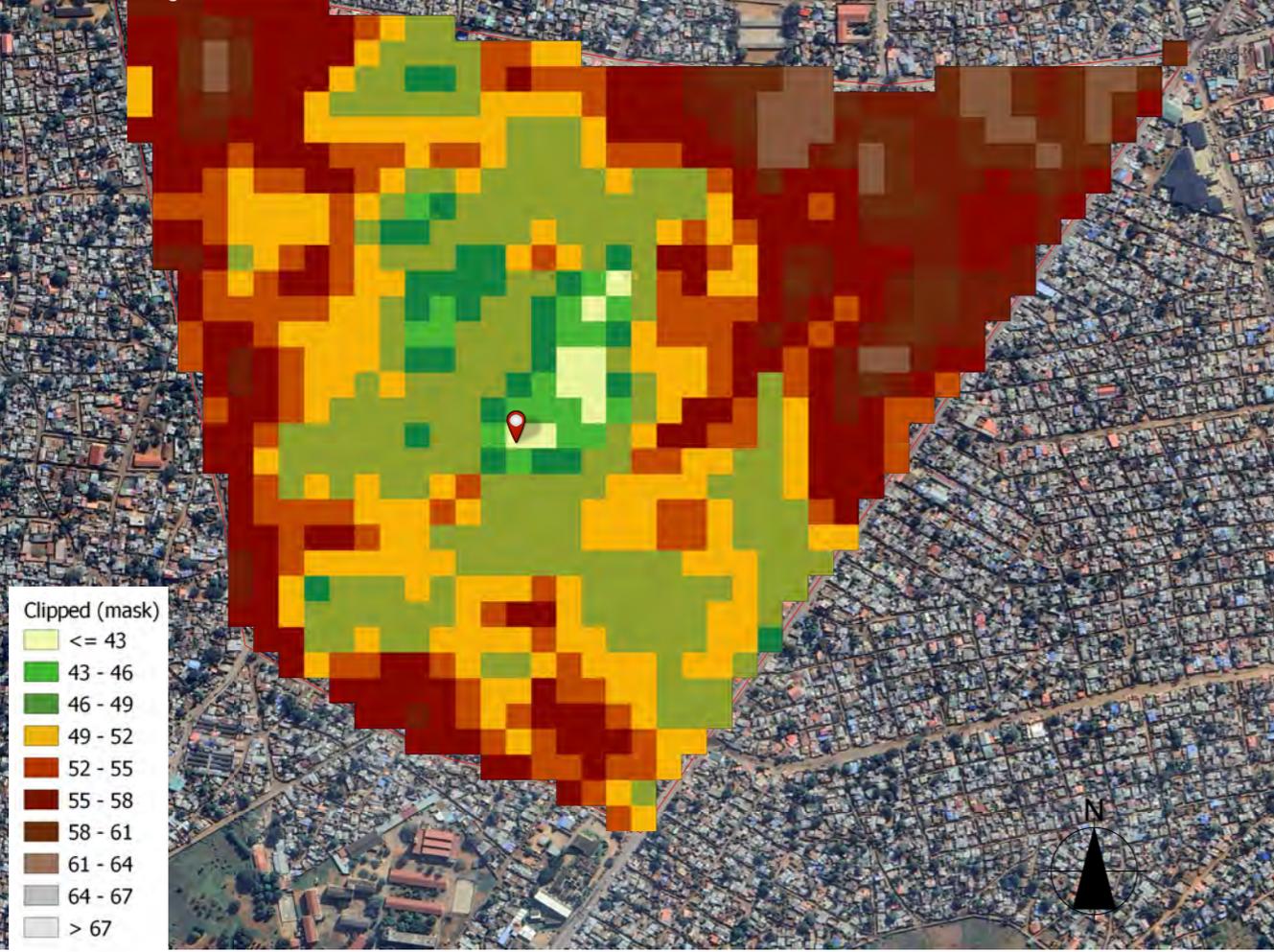


FIGURA 47. Mapa hipsométrico do local de intervenção. QGIS (ADAPTADO)

Com base no mapa hipsométrico da região afectada por inundações, é possível perceber a direcção e sentido de escoamento de águas pluviais, e com isto determinar a área a intervir. Com isto, pretende-se intervir não só a zona onde se registam os picos de inundações, mas também zonas a montante, para evitar que estas águas escoem rapidamente à jusante.

OBJECTIVOS DO PROJECTO

- Melhorar as condições de mobilidade e acessibilidade
- Propor um sistema de drenagem urbana sustentável de acordo com o cenário encontrado.

ESTRATÉGIA DUPLA DE INTERVENÇÃO

- ESPAÇO PÚBLICO
- DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

O espaço público combina o armazenamento de água com a melhoria da qualidade do espaço público urbano.

O espaço Público gera oportunidades para criar qualidade ambiental no bairro. Na maioria das vezes o espaço da água estará seca e em uso como um espaço de lazer.

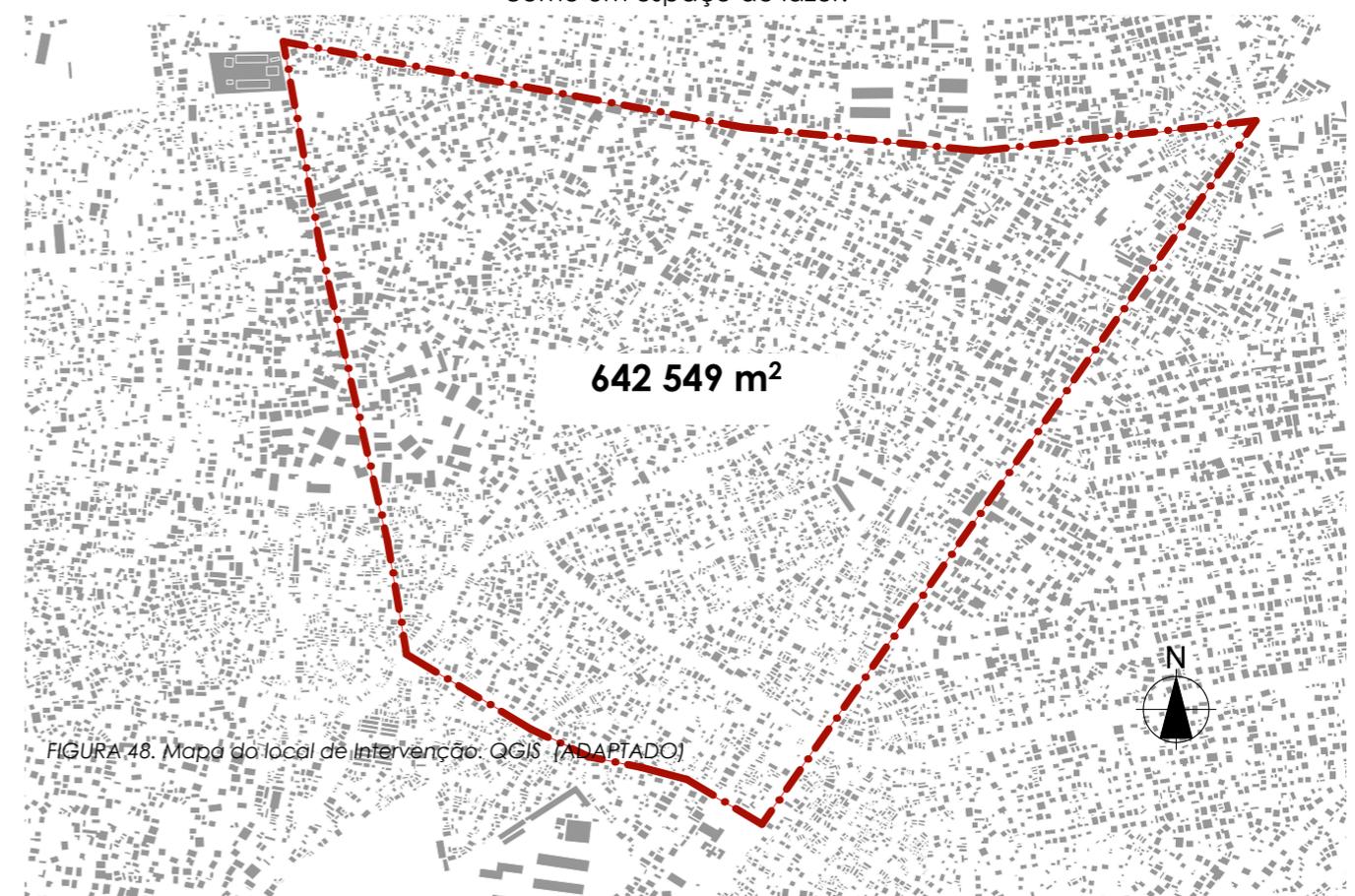


FIGURA 48. Mapa do local de intervenção. QGIS (ADAPTADO)

Estratégia de integração dos SUDS

BACIAS

VIAS



FIGURA. Esquema de estratégia de intervenção. fonte: Autor

Razões de escolha dos SUDS

- Materiais fáceis de encontrar no mercado;
- Capacidade de armazenamento de águas pluviais;
- Capacidade de a água passar por um processo de filtração natural.
- Baixo custo de instalação e manutenção, sendo adequadas à sistemas combinados com outros dispositivos SUDS.

Ao longo das vias serão instalados SUDS para desacelerar o volume de água que entra nas Bacias

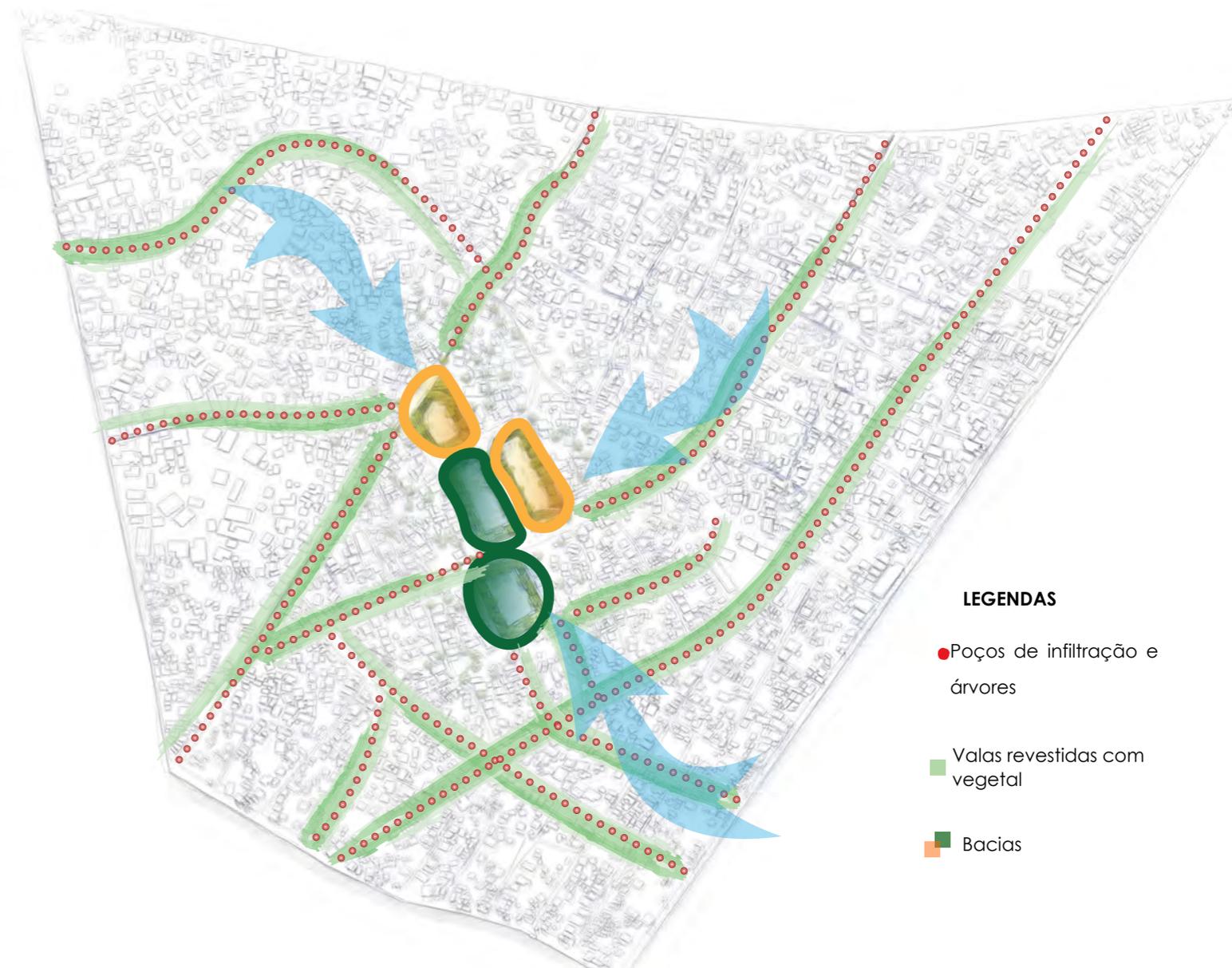


FIGURA 49. Esquema de estratégia de intervenção. fonte: Autor

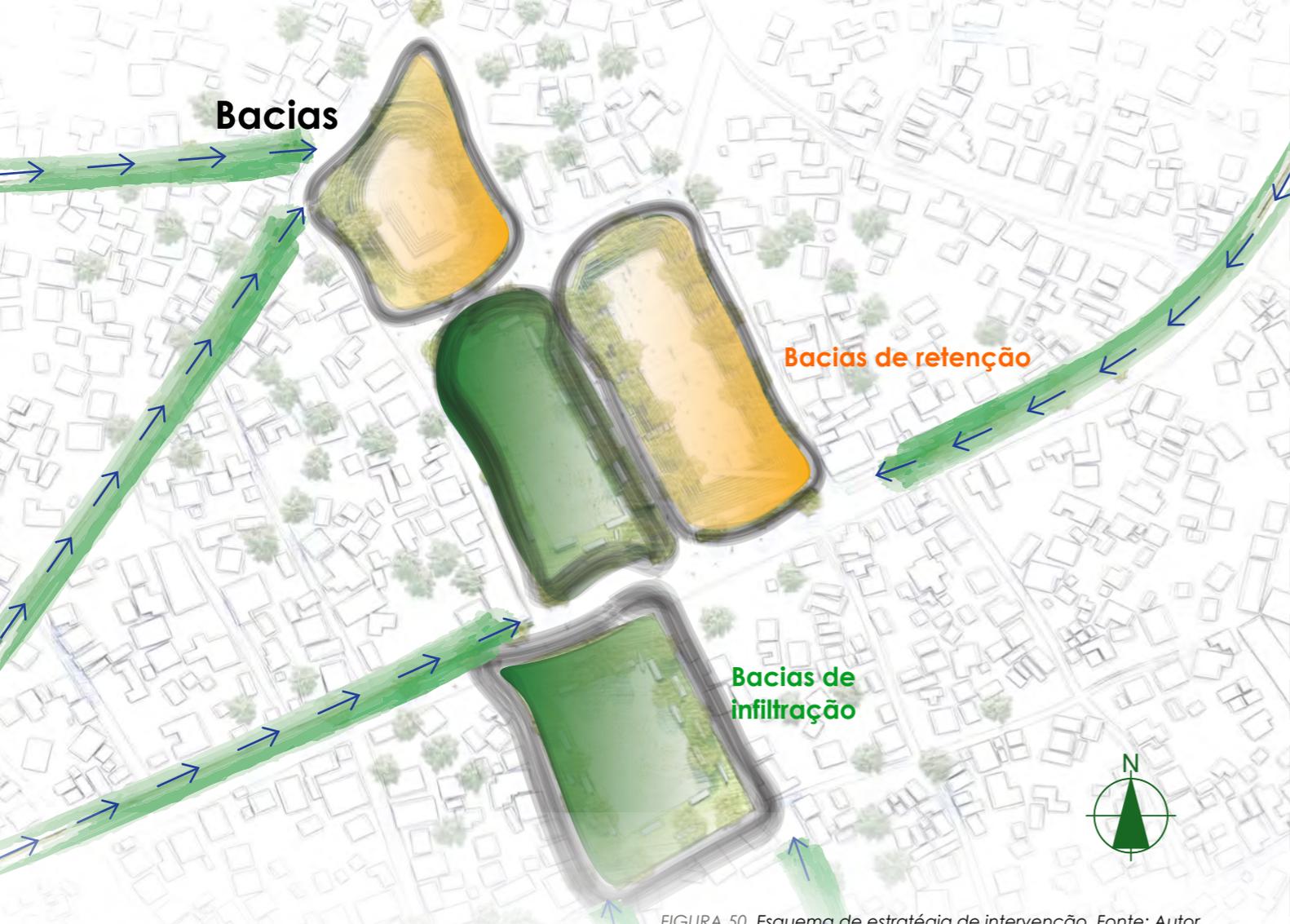


FIGURA 50. Esquema de estratégia de intervenção. Fonte: Autor.

Quatro bacias coletam a água da chuva das quais:

- Duas bacias profundas para o entorno imediato receberão água sempre que chover (Bacias de Retenção)
- Duas bacias mais profundas recebem água somente quando chove consistentemente (Bacias de Infiltração).

O ESPAÇO PÚBLICO

“New City Life” é um livro que dá uma revisão da história da vida urbana, desde a sociedade industrial, até ao consumo. Entre os vários pontos na publicação, o que mais se distingue é a evolução que ocorreu na concepção da qualidade dos espaços públicos, uma vez que, se para muitos estes espaços possuíam um papel secundário, hoje esses espaços são cruciais para o desenvolvimento das cidades e sua integração com os habitantes.

Escrito pelos urbanistas dinamarqueses Jan Gehl, Lars Gemzøe e Sia Karnaes, e publicado em 2006, os autores condensaram seus princípios em 12 pontos que permitem averbar se um lugar se classifica ou não como um bom espaço público.

12 Critérios para determinar um bom espaço público



FIGURA 51. 12 critérios para determinar um bom espaço público. Fonte: Archidaily

12 pontos que permitem diagnosticar se um lugar se classifica ou não como um bom espaço público segundo urbanistas dinamarqueses Jan Gehl, Lars Gemzøe e Sia Karnaes, e publicado em 2006. Fonte: Archidaily



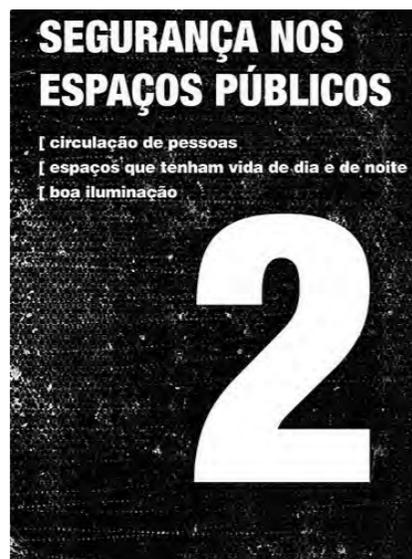
FIGURA 52. 12 critérios para determinar um bom espaço público. Fonte: Archidaily

O espaço público combinado com o armazenamento de água para o protótipo é baseado nos 12 pontos para determinar um bom espaço público.





O primeiro princípio considera que as cidades devem oferecer segurança aos pedestres, para que possam se locomover com total segurança pelas ruas, sem ter a constante preocupação de que serão atingidos por um veículo. Este princípio sugere educar os pedestres a ter precaução e ensiná-los que não existem motivos para temer o trânsito de veículos.



Para que os espaços públicos sejam seguros e permitam a circulação das pessoas, é importante que exista a possibilidade de realizar actividades noturnas, um requisito essencial para que as pessoas se sintam seguras é contar com boa iluminação.



As condições climáticas nem sempre são as melhores para se realizar actividades ao ar livre, por isso, os lugares públicos deveriam incluir áreas adequadas para proteger-se do calor, da chuva e do vento, e evitar, assim, uma experiência sensorial incômoda.



Para que os espaços públicos atraiam pessoas a fim de caminhar, é importante que estes apresentem certas características em toda a sua extensão. Se as superfícies e os acessos são adequados, deficientes físicos também poderão se desfrutar destes locais.

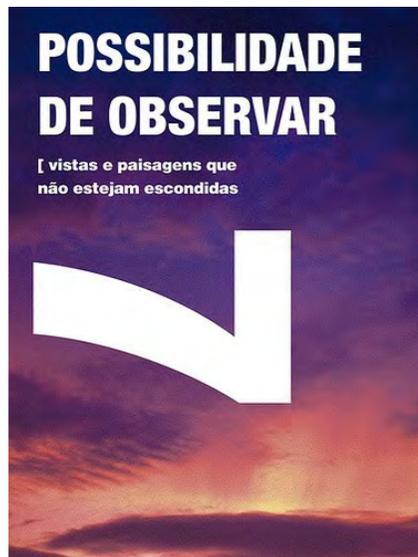


Os lugares públicos devem ser agradáveis para que as pessoas possam permanecer por grandes períodos de tempo e apreciar as fachadas e paisagens que se oferece.



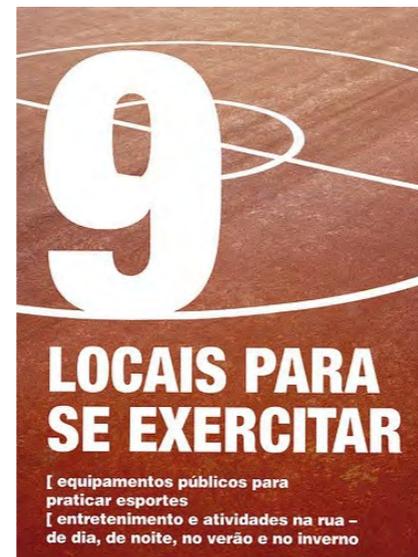
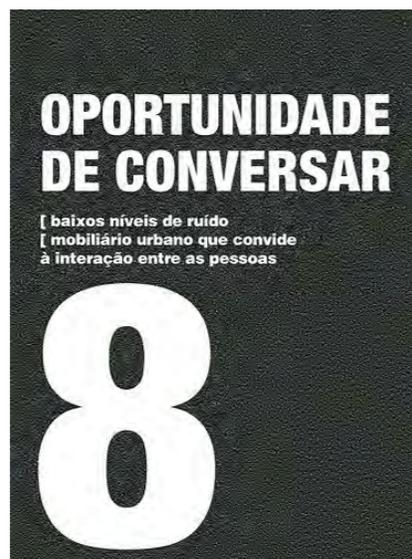
Deve-se aumentar a quantidade de mobiliário urbano nos espaços públicos. Desta forma, não apenas se organiza a circulação das pessoas, mas também se estabeleçam as funções dos lugares. Portanto, pode-se destinar lugares para descanso, lazer, leitura, entre outros.

FIGURA 52. 12 critérios para determinar um bom espaço público. Fonte: Archidaily



Garantir visuais para paisagens para que os cidadãos tenham possibilidade de contemplar as perspectivas do espaço.

Devem contar com um mobiliário urbano que convide a interação entre as pessoas. Para que isto seja possível, devem existir baixos níveis de ruído que permitam que as pessoas possam conversar sem interrupções. Assim, os lugares públicos não devem estar próximos a locais com ruídos desagradáveis, como os de motores de veículos.



Os locais públicos devem garantir o acesso à equipamentos desportivos à todos os cidadãos.



As dimensões não devem superar o que está ao alcance de uma pessoa comum. Por exemplo, a cidade e seus espaços públicos deveriam ser constituídos a partir de uma escala humana, levando em conta a perspectiva dos olhos das pessoas.



Devem ser criados espaços públicos que se relacionem com o clima e a topografia da cidade onde serão construídos.



Os espaços públicos devem contar com bons acessos e pontos de encontro com a natureza, através da presença de animais, cursos de água, árvores e outras plantas. Para assegurar que os visitantes permanecem mais tempo no lugar, devem contar com um mobiliário urbano confortável, que tenha um desenho e acabamento de qualidade e que esteja feito com bons materiais.

FIGURA 52. 12 critérios para determinar um bom espaço público. Fonte: Archidaily

MASTER PLAN



FIGURA 53. Master Plan. Fonte: Autor.

BACIAS

FIGURA 54. Bacias. Fonte: Autor.





FIGURA 55. Bacia de retenção em dias secos. Fonte: Autor



FIGURA 56. Bacia de retenção em dias secos. Fonte: Autor.



FIGURA 57. Bacia de retenção em dias secos. Fonte: Autor.



FIGURA 58. Bacia de retenção em dias secos. Fonte: Autor.



FIGURA 59 e 60. Palco/ Bacia de retenção em dias secos. Fonte: Autor.



Palco/ Bacia de retenção em dias secos

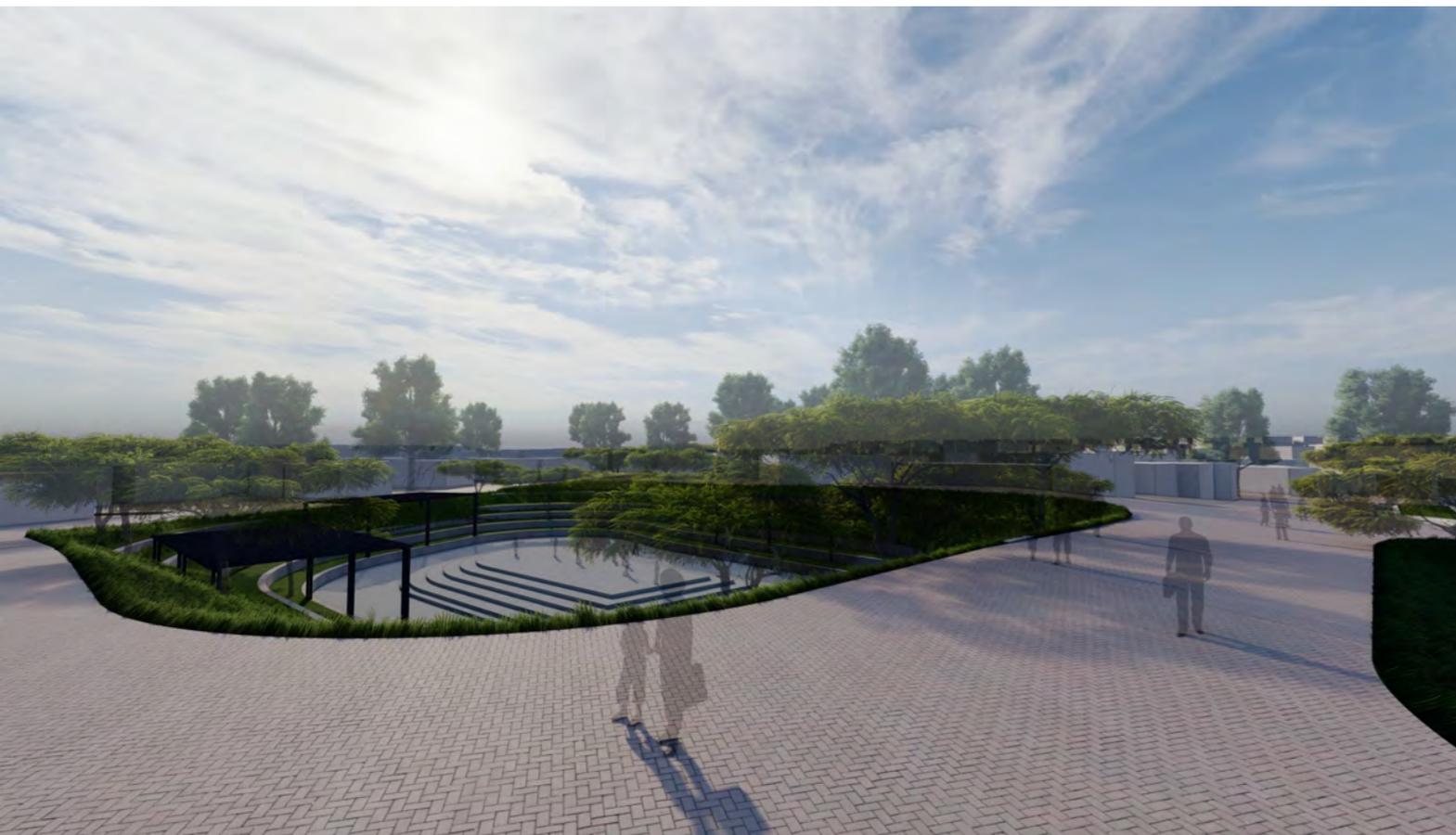


FIGURA 61. Palco/ Bacia de retenção em dias secos. Fonte: Autor.



FIGURA 62. Bacia de infiltração em dias secos. Fonte: Autor.



FIGURA 63. Palco/ Bacia de retenção em dias secos. Fonte: Autor.



FIGURA 64. Campo de jogos/ Bacia de retenção em dias secos. Fonte: Autor.

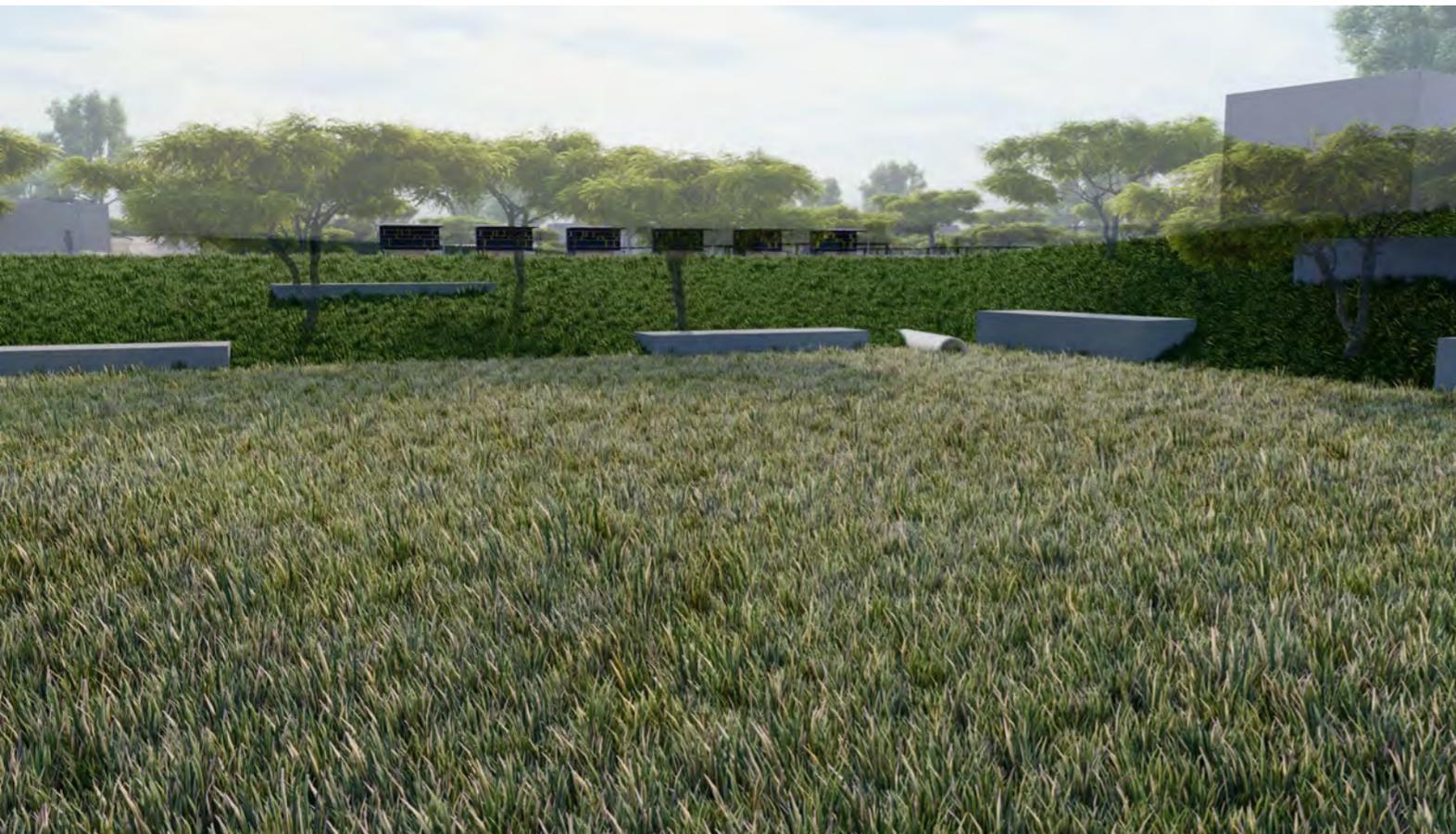


FIGURA 65. Bacia de infiltração em dias secos. Fonte: Autor.



FIGURA 66. Bacia de infiltração em dias secos e Espaços de venda. Fonte: Autor.

BACIA DE
INFILTRAÇÃO

BACIA DE
RETENÇÃO

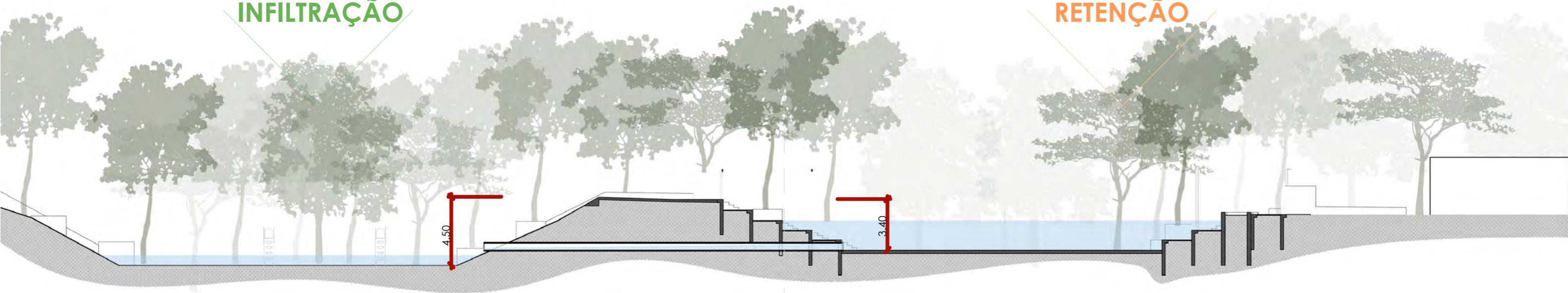
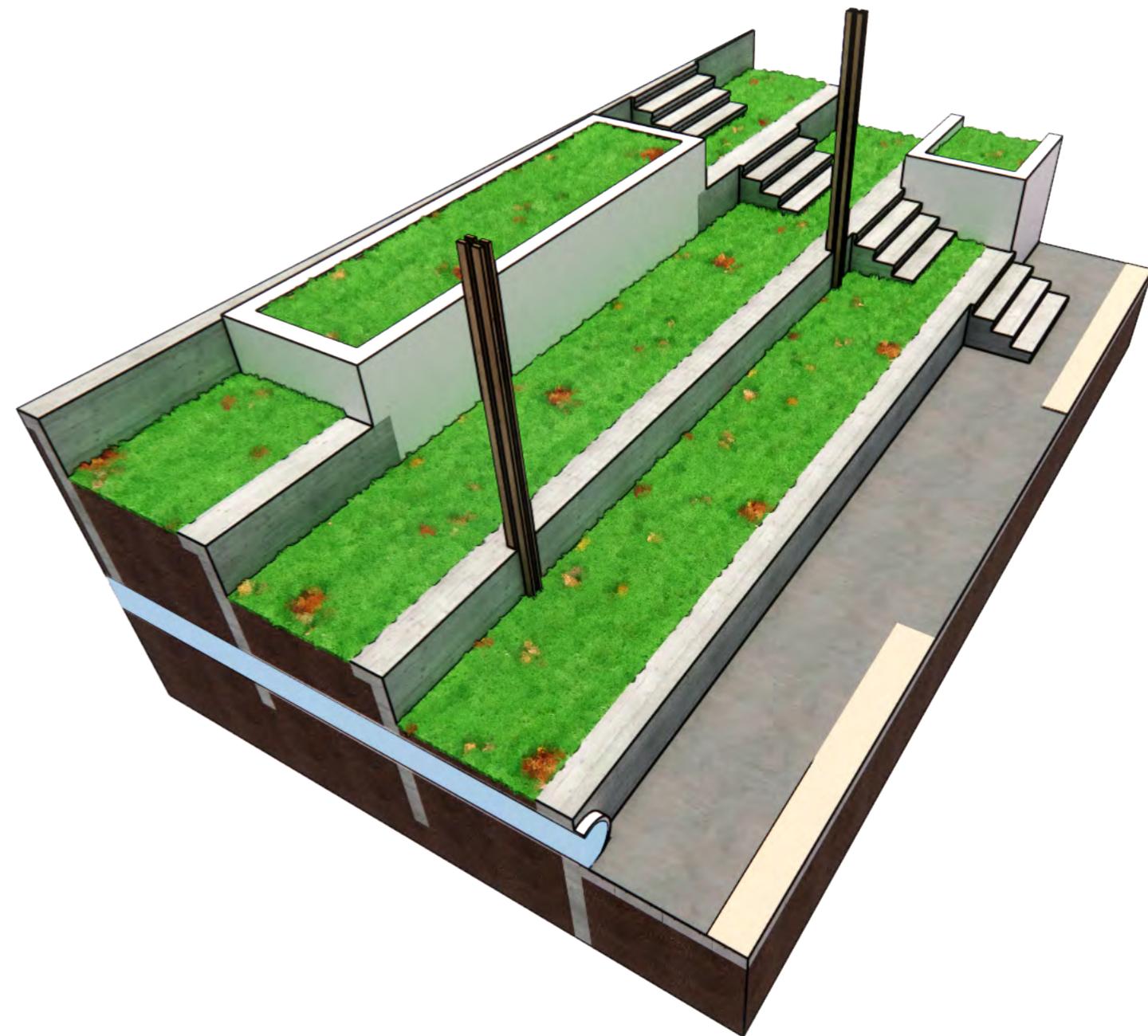
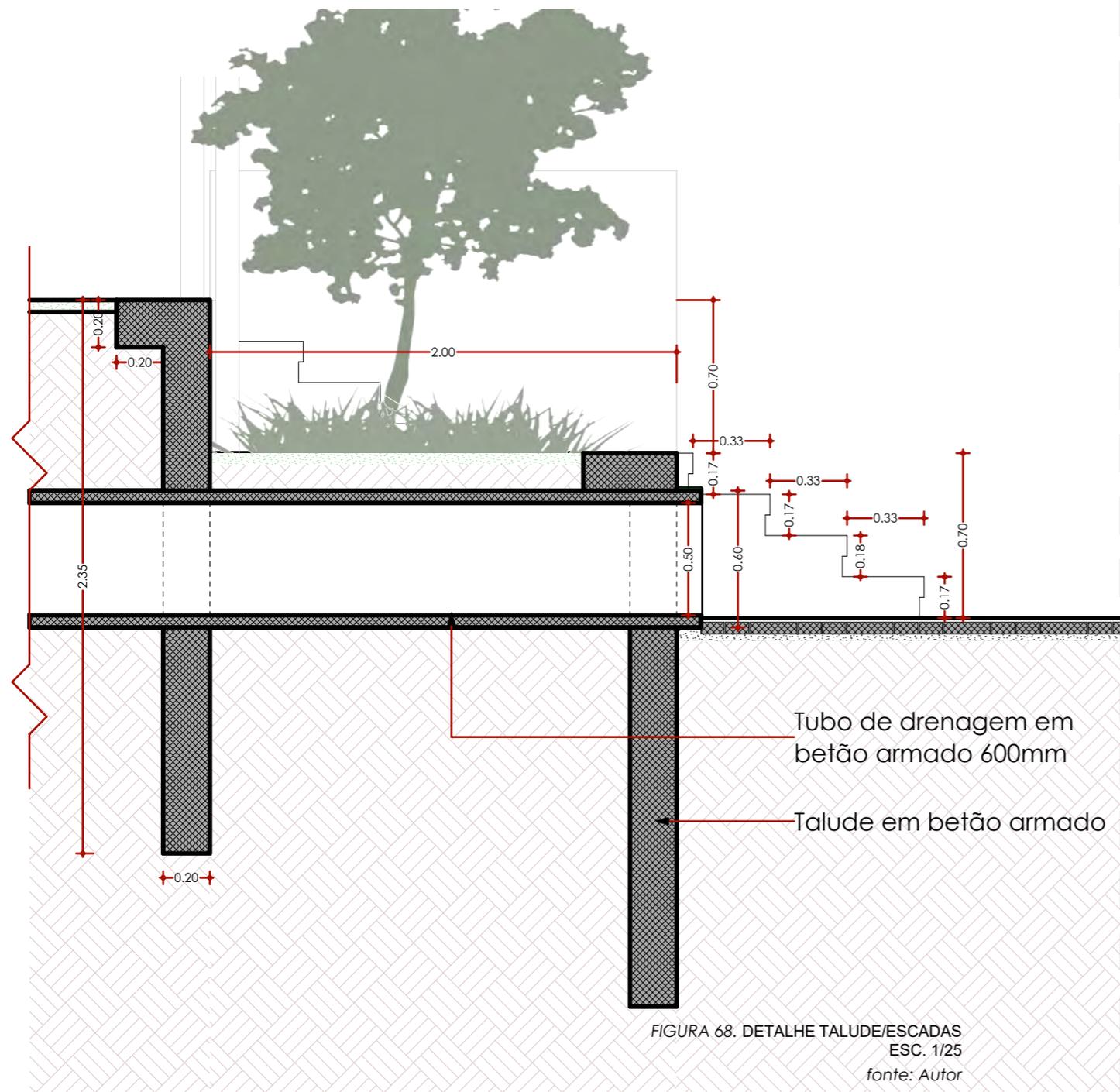


FIGURA 67. CORTE TIPO DAS BACIAS
ESC. 1/150 fonte: Autor



BACIAS



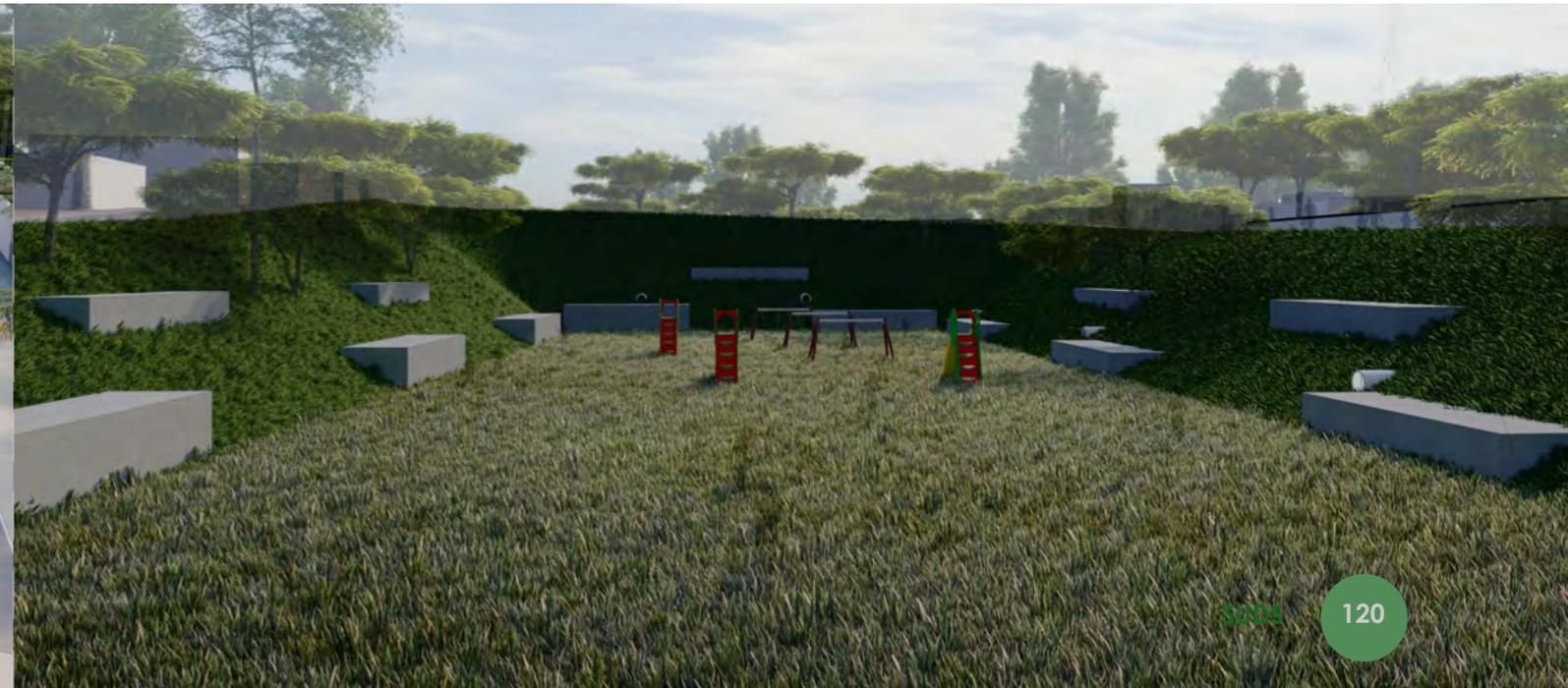
FIGURA 70. Corte/ Bacia de retenção em dias secos fonte: Autor

FIGURA 71 BACIA DE RETENÇÃO



FIGURA 72. Corte/ Bacia de infiltração em dias secos fonte: Autor

FIGURA 73 BACIA DE INFILTRAÇÃO



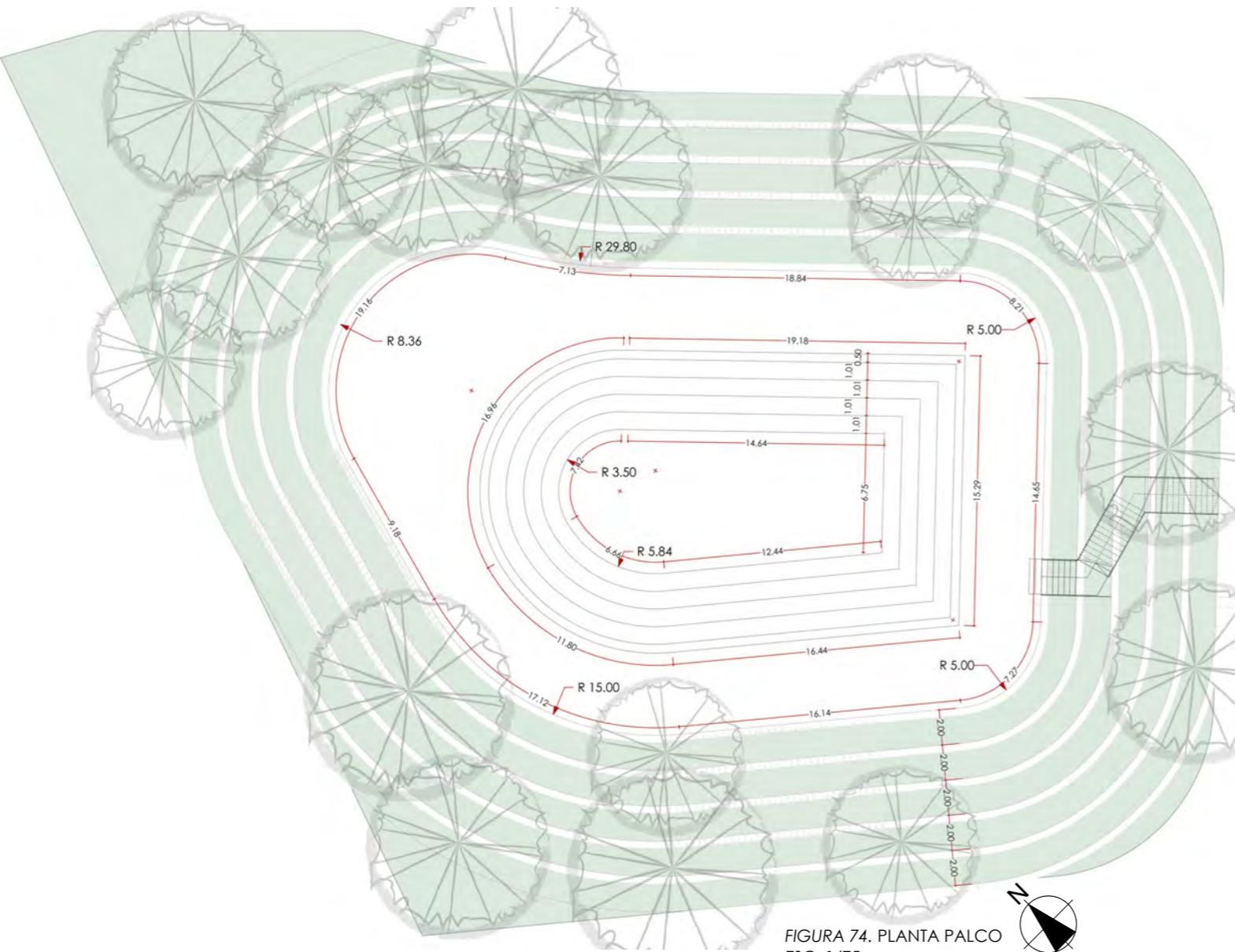


FIGURA 74. PLANTA PALCO
ESC. 1/75
fonte: Autor



FIGURA 75. CORTE PALCO
ESC. 1/75 fonte: Autor

FIGURA 76. Imagem aérea em dias secos



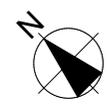
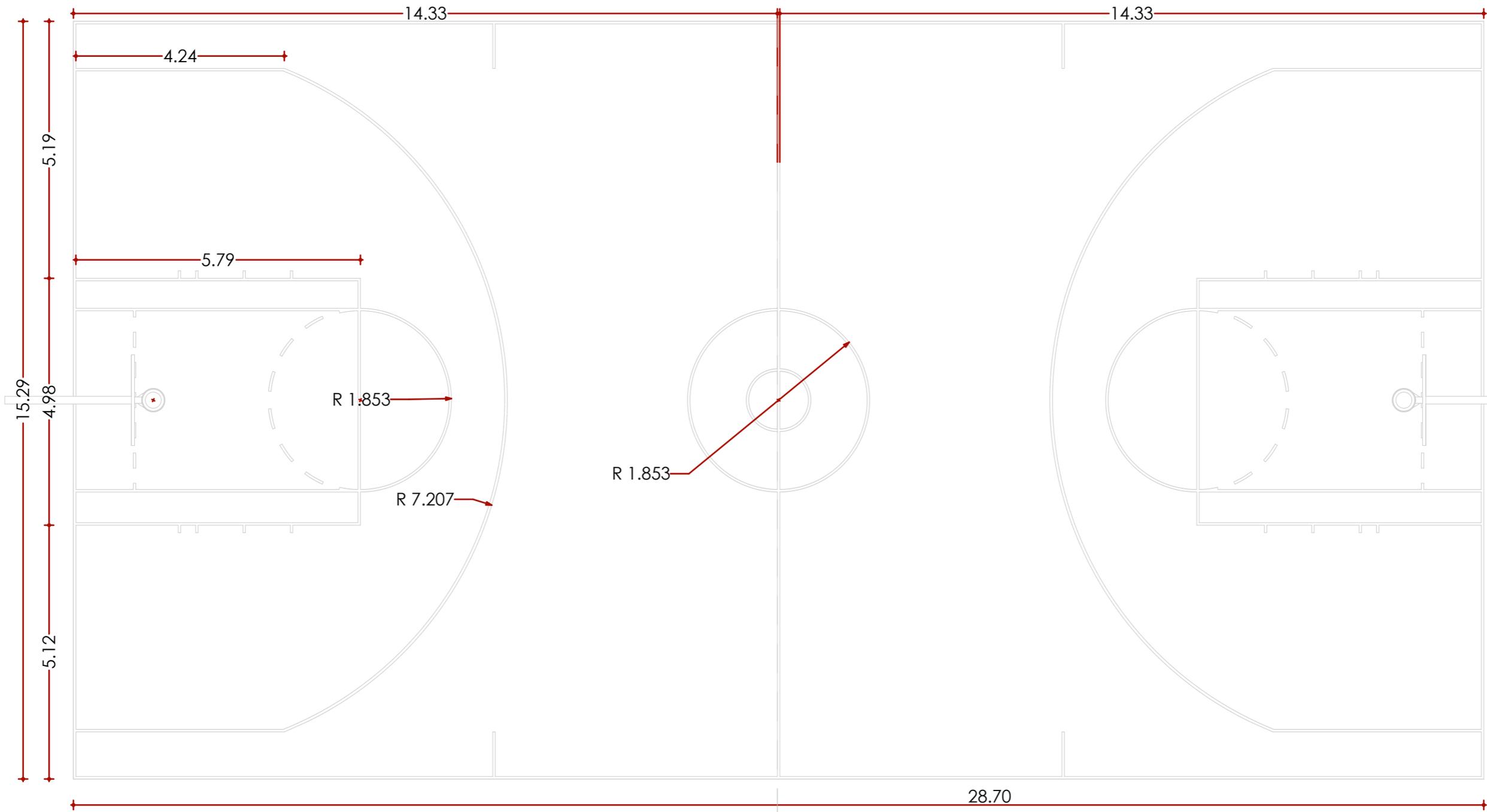


FIGURA 77. CAMPO DE BASQUETBALL
ESC. 1/100
fonte: Autor

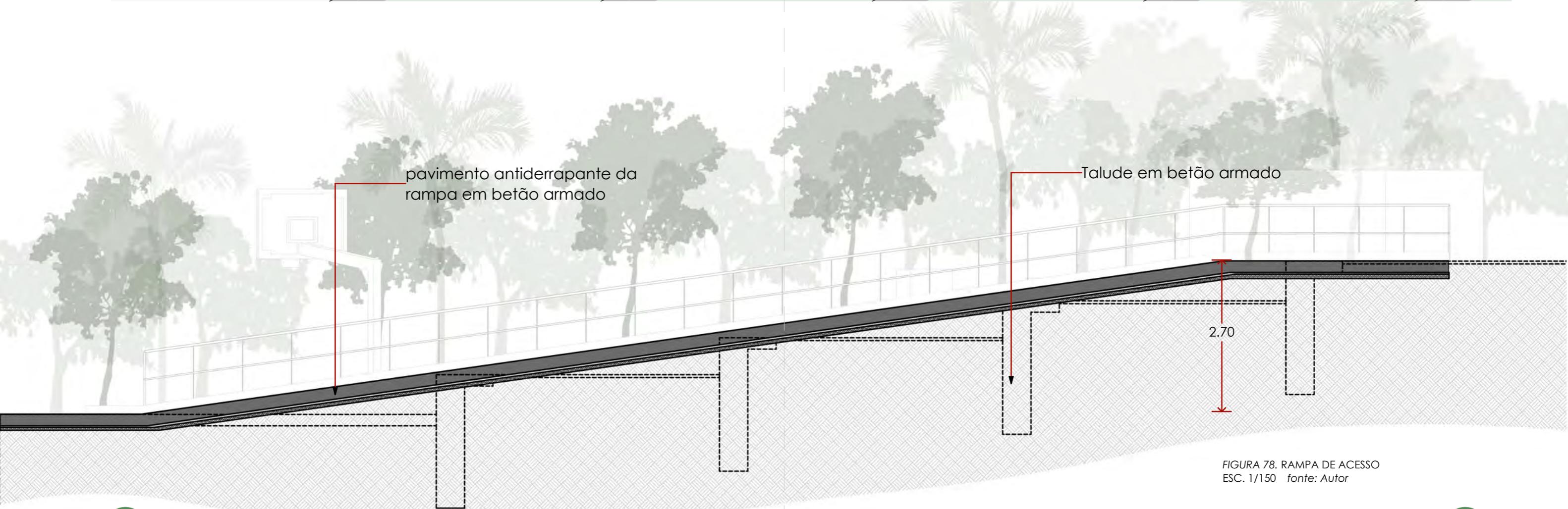
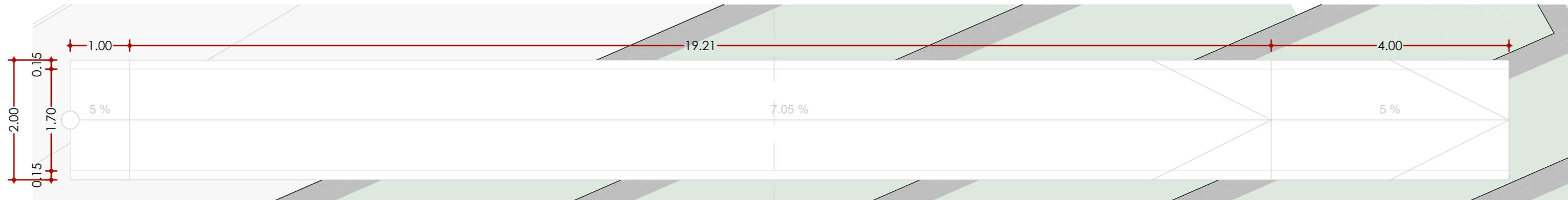


FIGURA 78. RAMPA DE ACESSO
ESC. 1/150 fonte: Autor

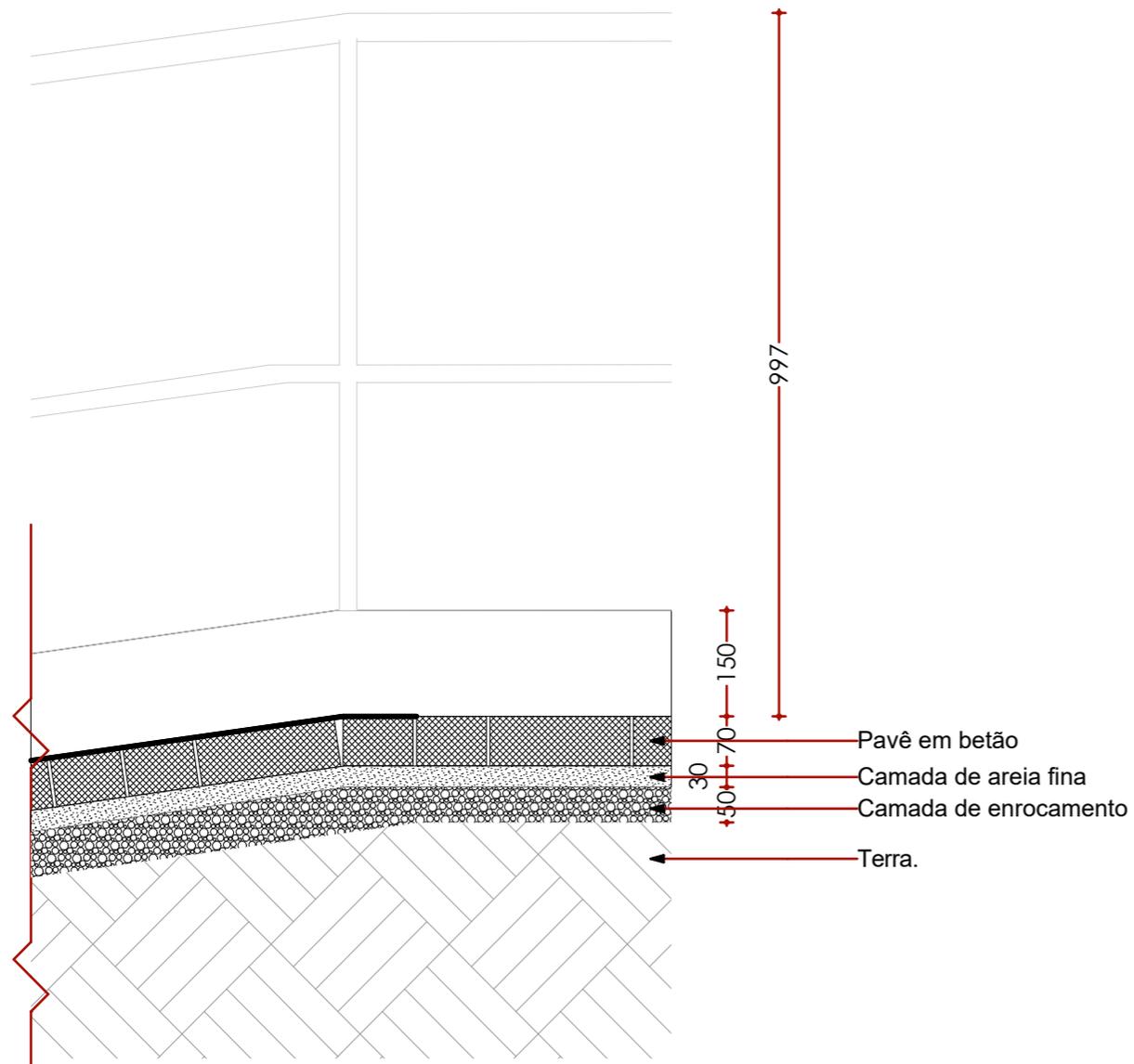


FIGURA 79. DET. RAMPA DE ACESSO
 ESC. 1/10 fonte: Autor

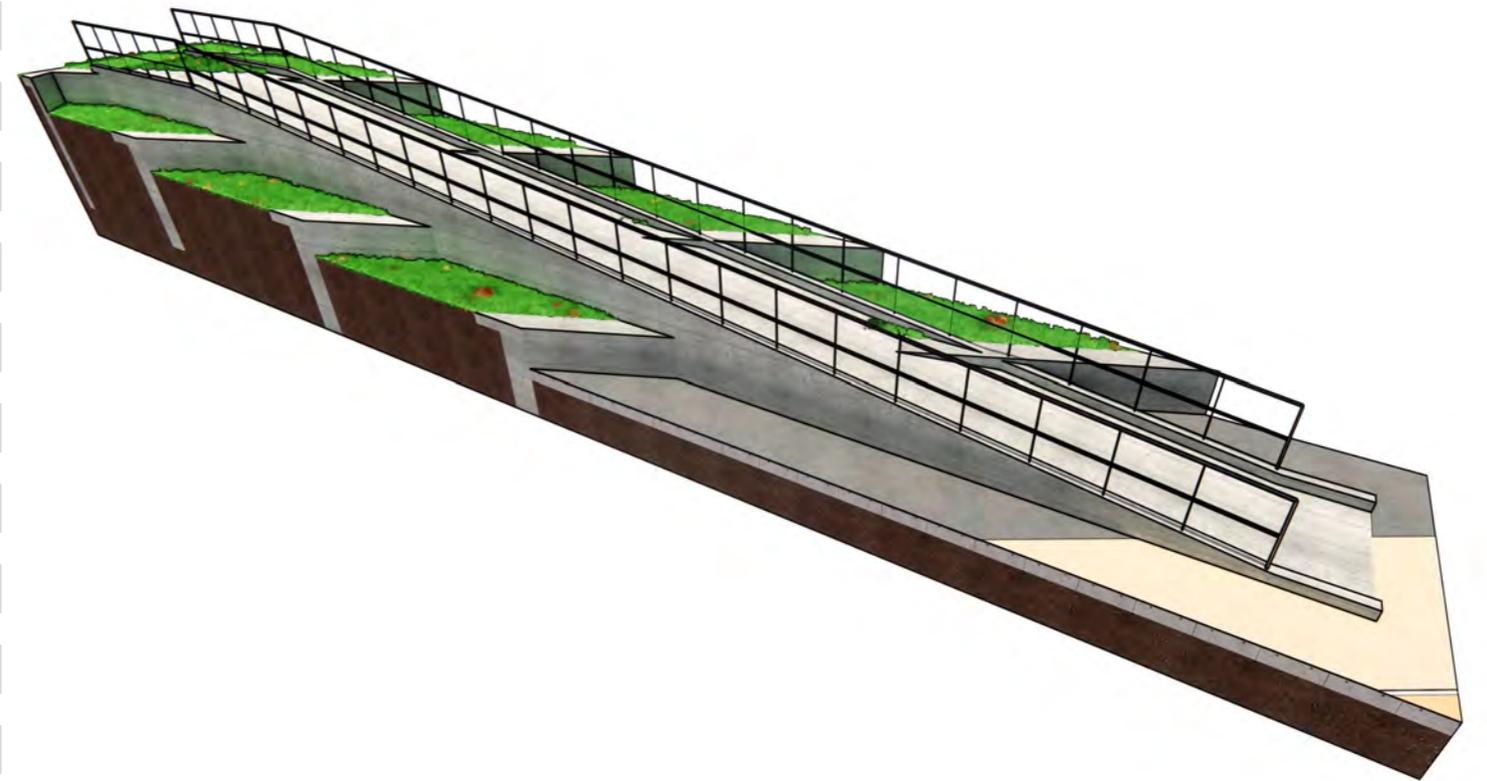


FIGURA 80. RAMPA DE ACESSO
 fonte: Autor

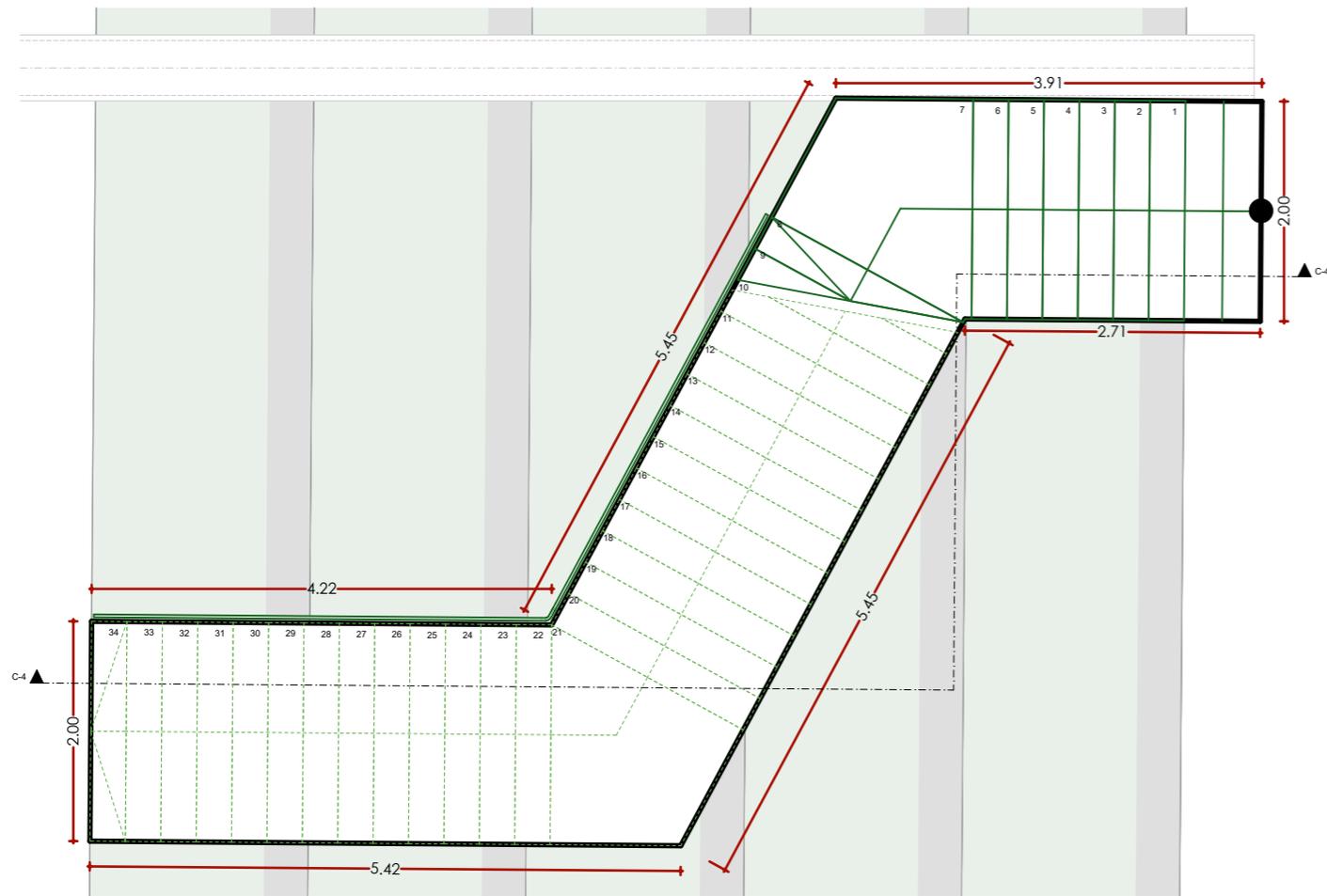


FIGURA 81. ESCADA DE ACESSO ÀS BACIAS
ESC. 1/50 fonte: Autor

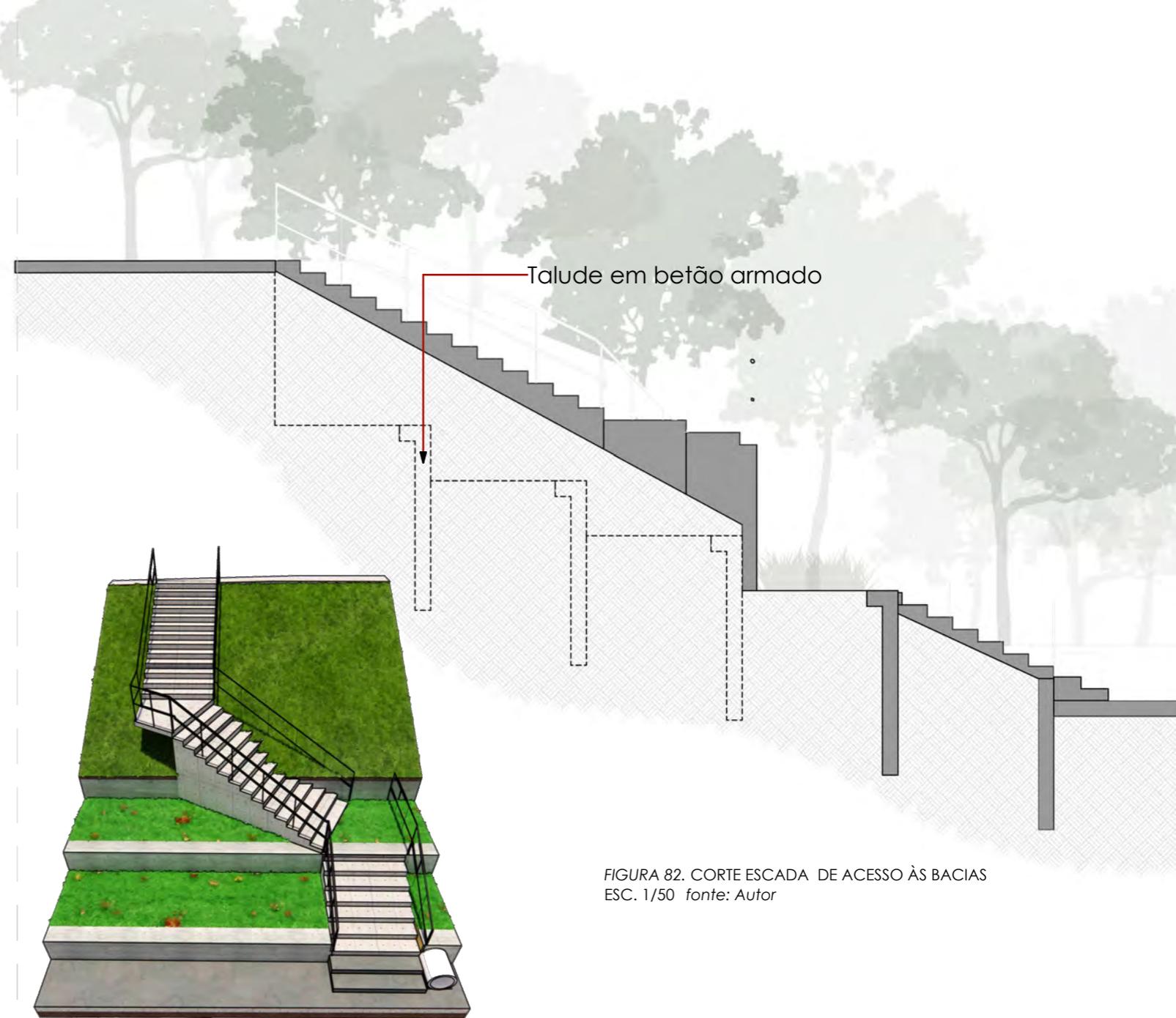
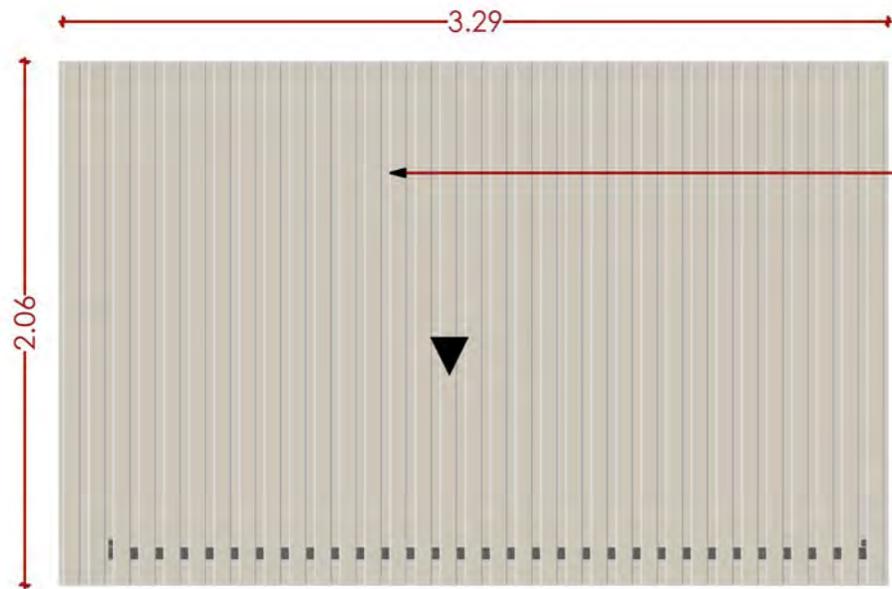


FIGURA 82. CORTE ESCADA DE ACESSO ÀS BACIAS
ESC. 1/50 fonte: Autor



Cobertura em Chapa de zinco 6° de pendência

FIGURA 83. PLANTA DE COBERTURA DAS BANCAS PARA COMÉRCIO ESC. 1/25 fonte: Autor

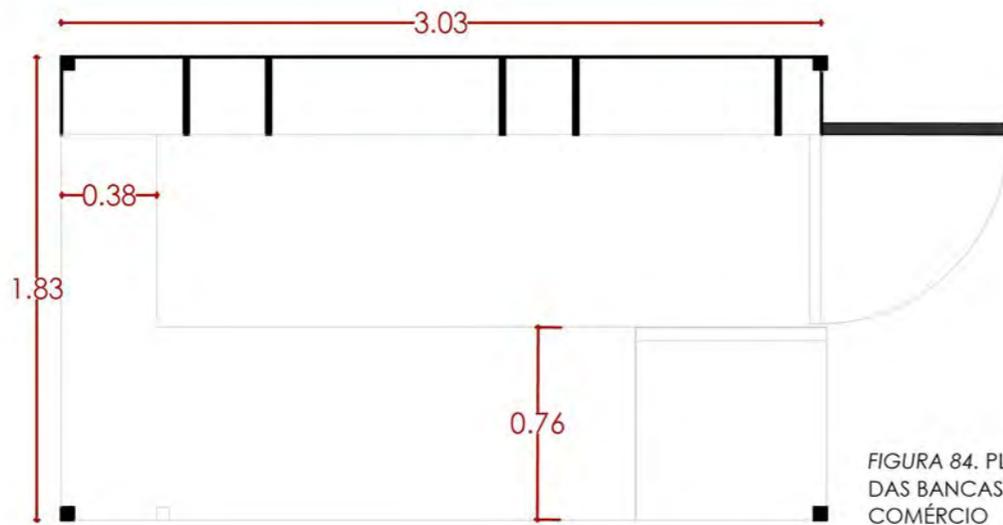
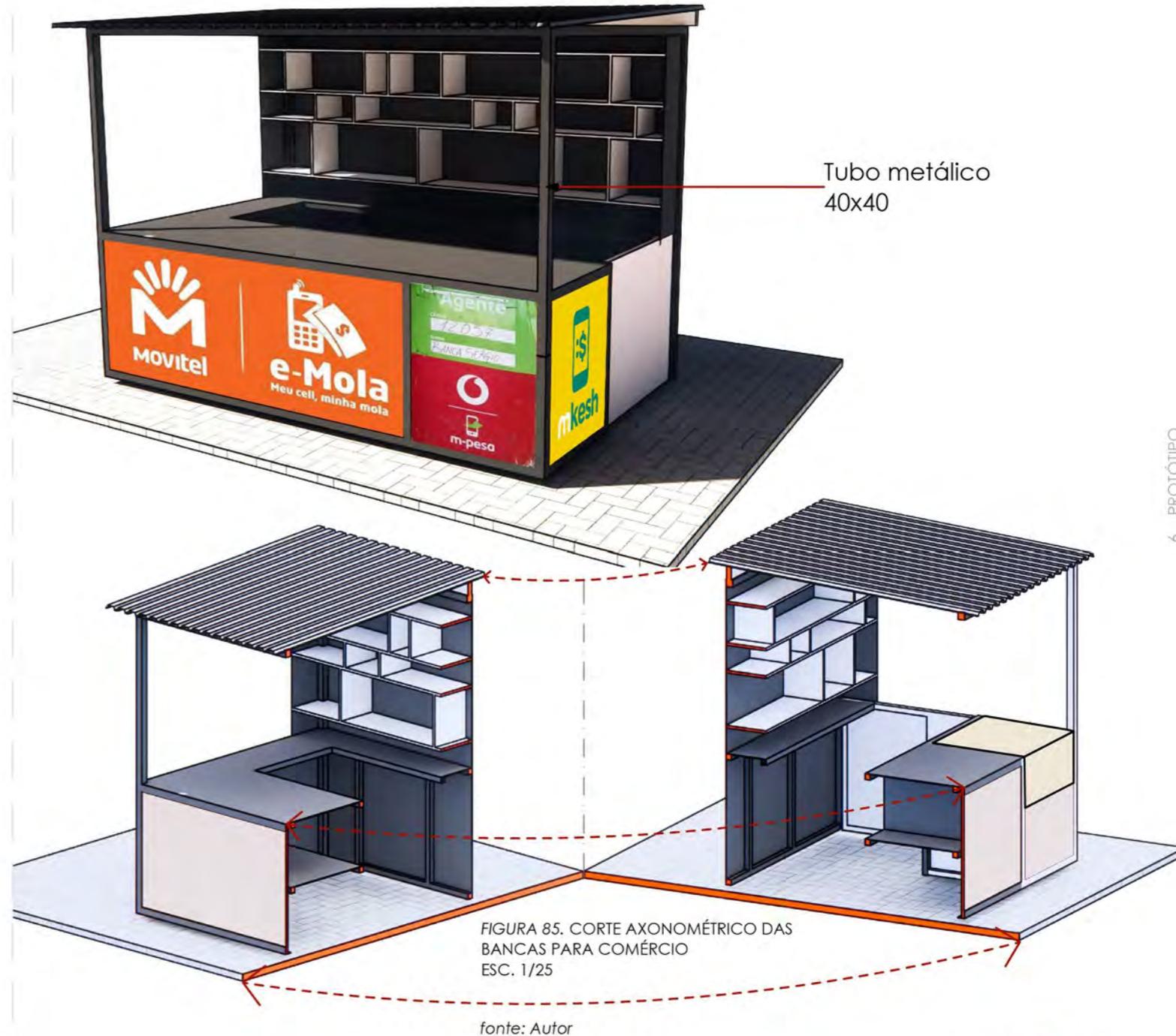


FIGURA 84. PLANTA DE PISO DAS BANCAS PARA COMÉRCIO ESC. 1/25 fonte: Autor



Tubo metálico 40x40

FIGURA 85. CORTE AXONOMÉTRICO DAS BANCAS PARA COMÉRCIO ESC. 1/25

fonte: Autor

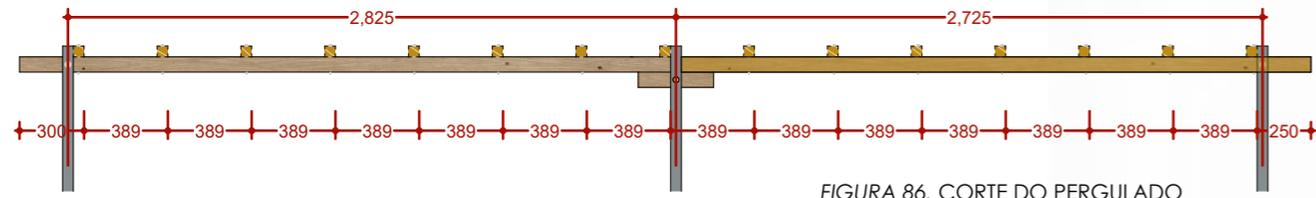


FIGURA 86. CORTE DO PERGULADO
ESC. 1/25

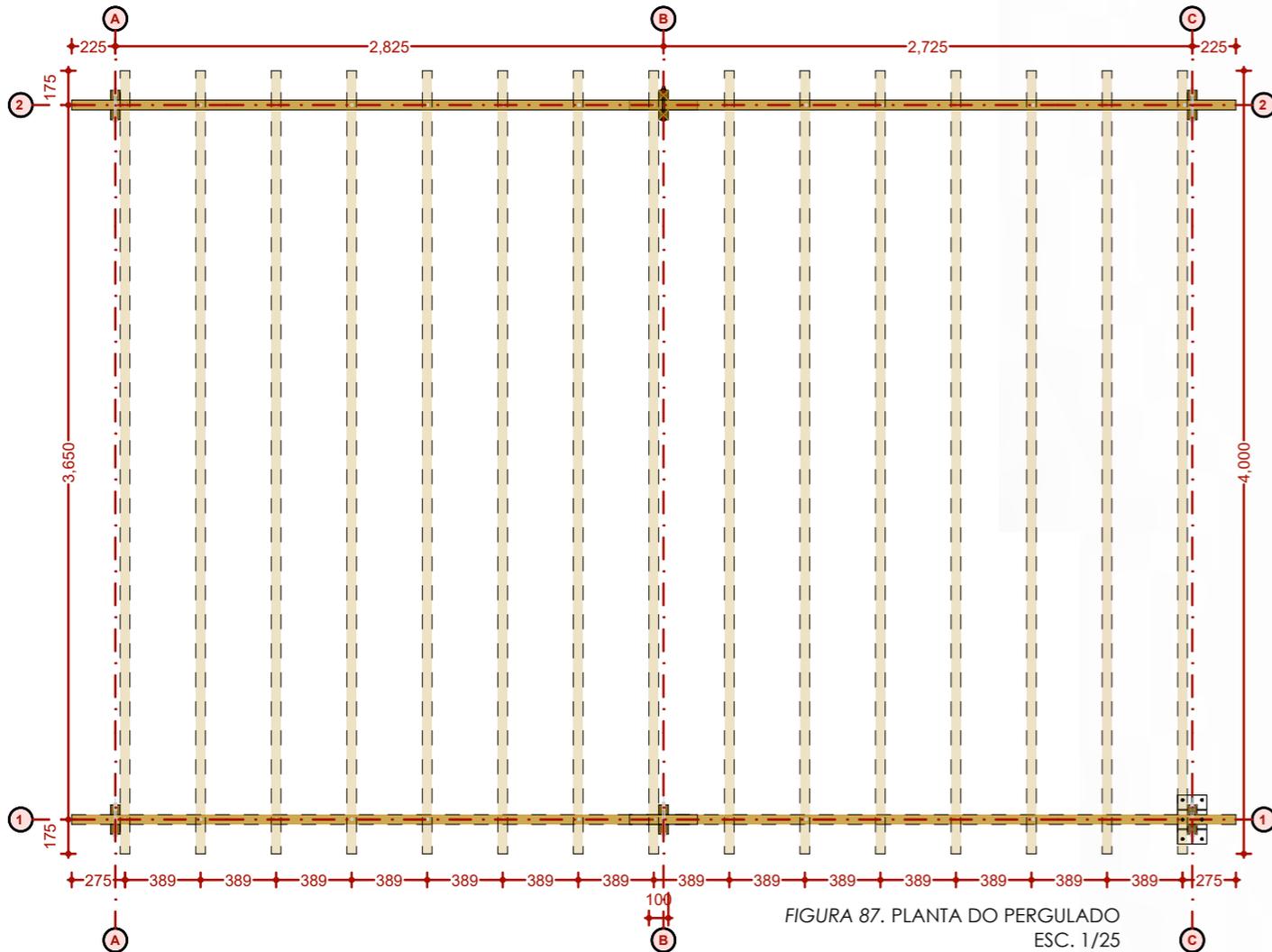


FIGURA 87. PLANTA DO PERGULADO
ESC. 1/25

fonte: Autor



FIGURA 88. VISTAS TRIDIMENSIONAIS DO PERGULADO

fonte: Autor

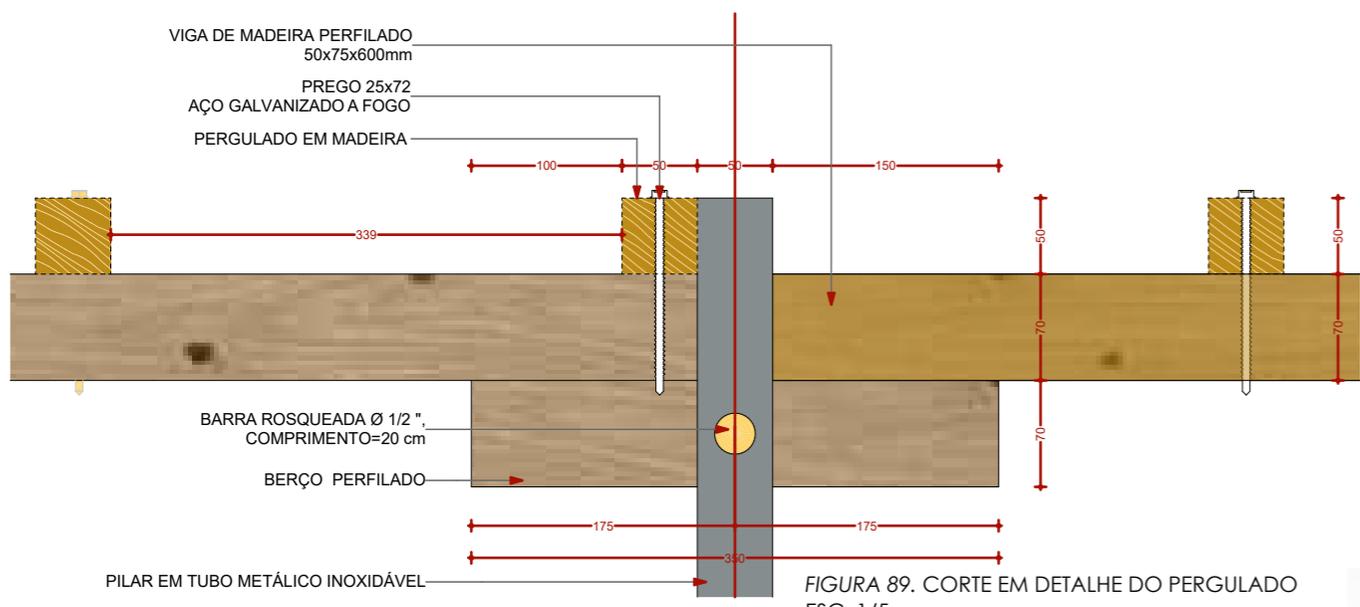


FIGURA 89. CORTE EM DETALHE DO PERGULADO ESC. 1/5 fonte: Autor

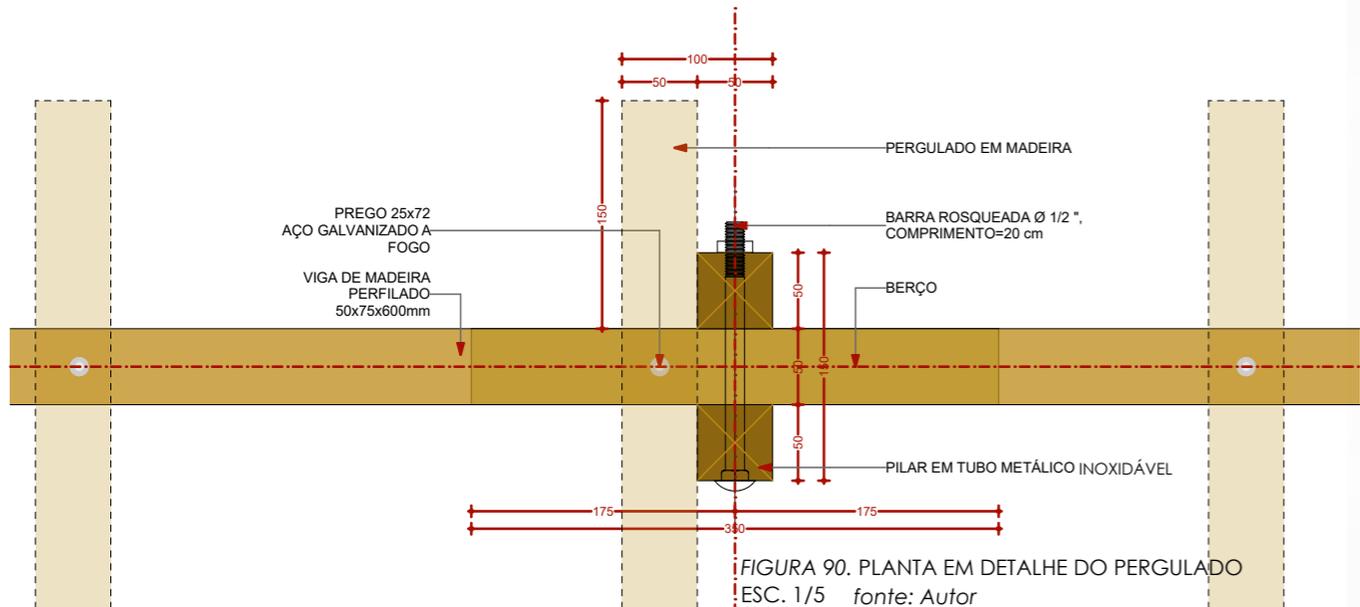


FIGURA 90. PLANTA EM DETALHE DO PERGULADO ESC. 1/5 fonte: Autor

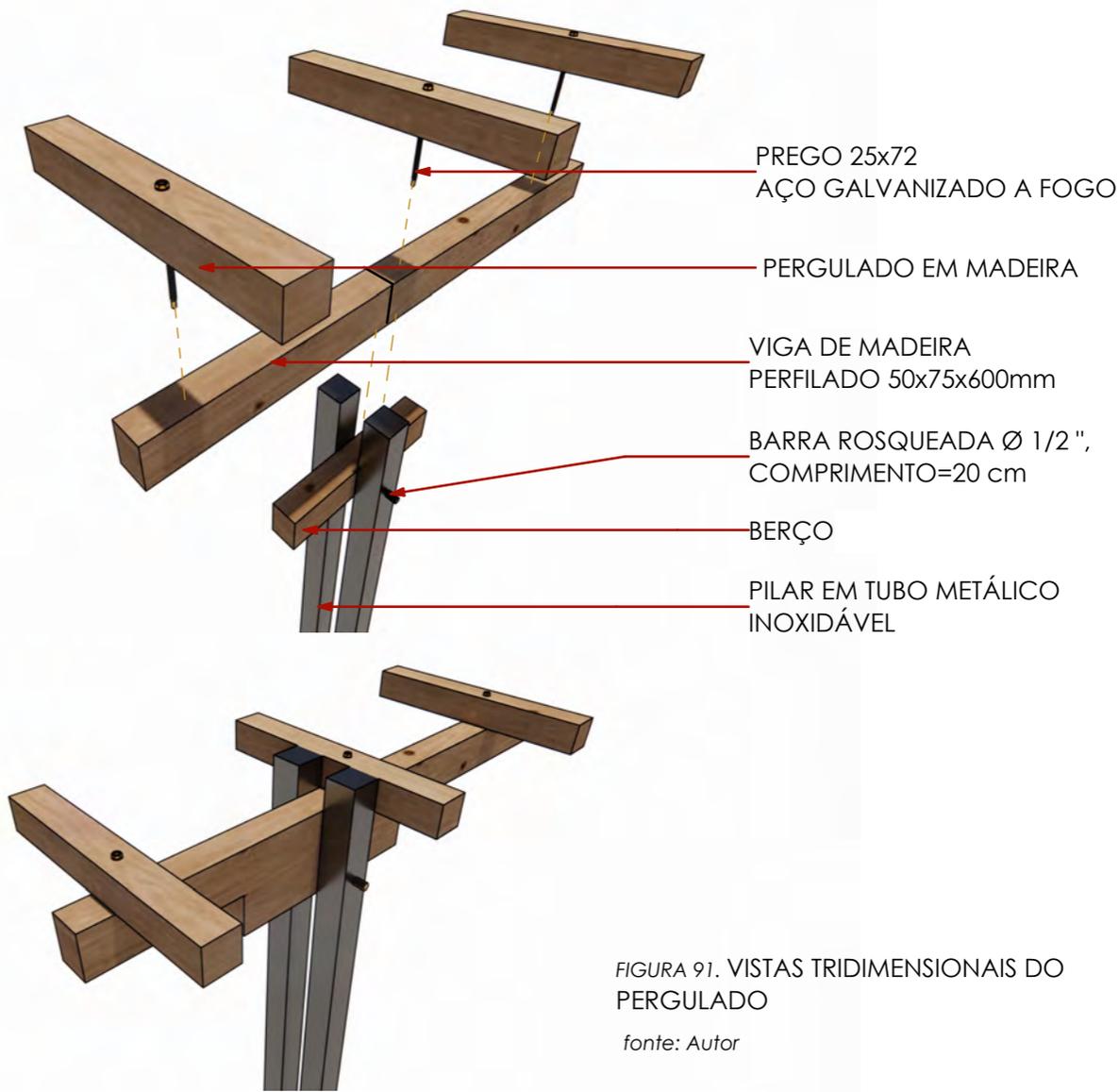


FIGURA 91. VISTAS TRIDIMENSIONAIS DO PERGULADO fonte: Autor

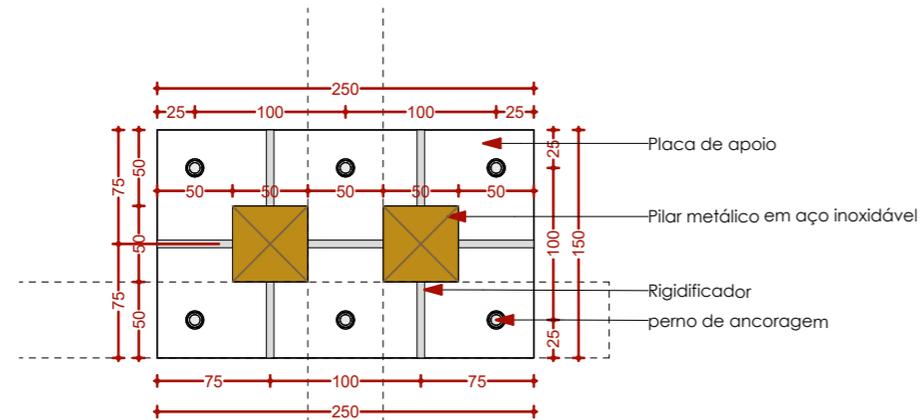


FIGURA 92. DETALHE DA FUNDAÇÃO DO PERGULADO
ESC. 1/5
fonte: Autor

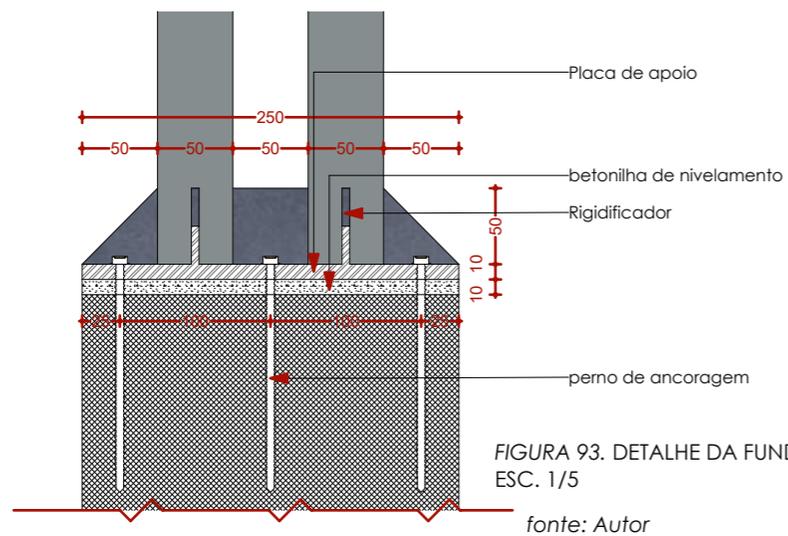


FIGURA 93. DETALHE DA FUNDAÇÃO DO PERGULADO
ESC. 1/5
fonte: Autor

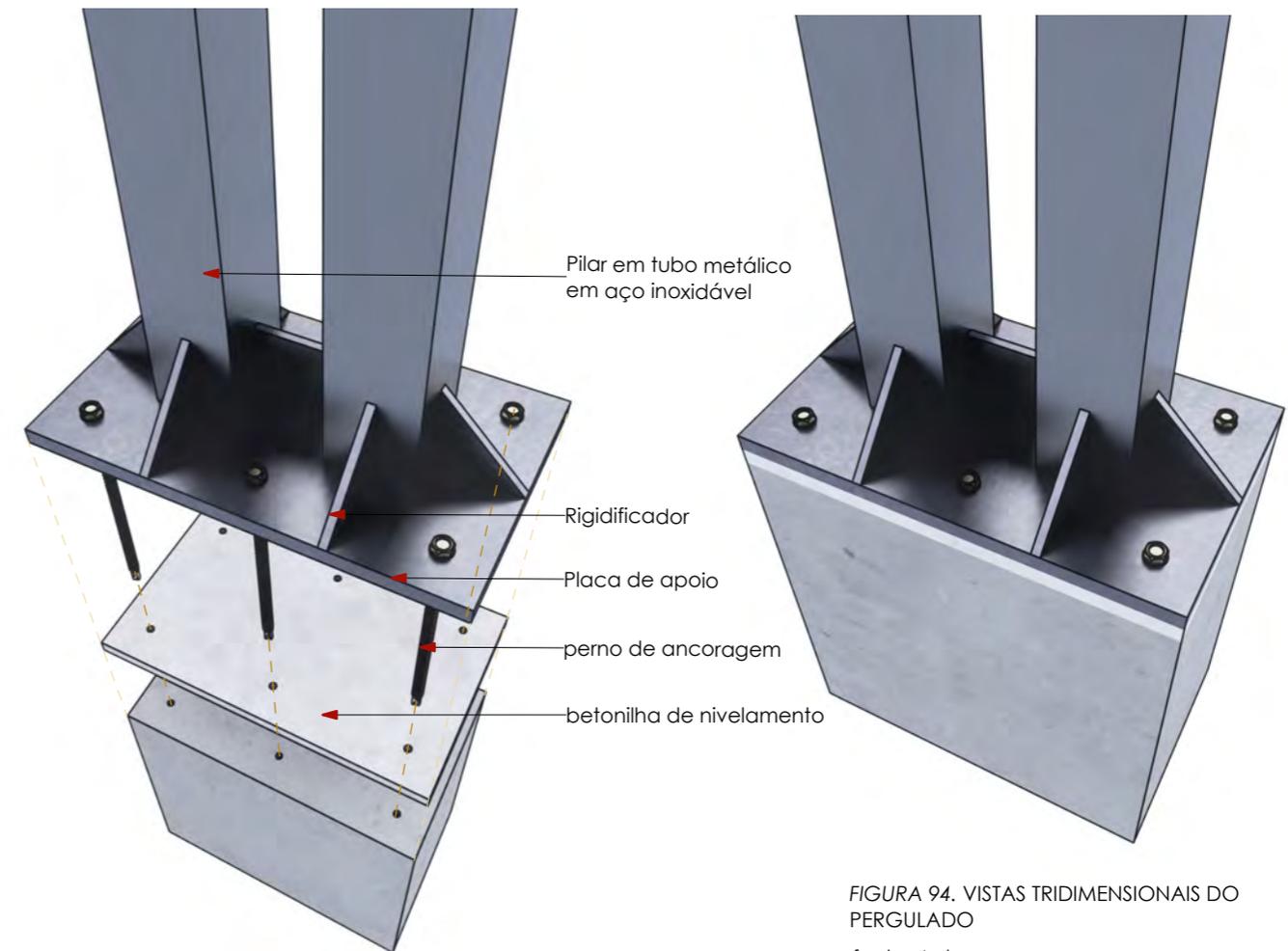


FIGURA 94. VISTAS TRIDIMENSIONAIS DO PERGULADO
fonte: Autor



fonte: Autor

FIGURA 95/96. Bacia em dias de chuva



fonte: Autor

Bacia em dias de chuva



FIGURA 97/98. Bacia de retenção em dias de chuva



Bacia de retenção em dias de chuva



fonte: Autor

FIGURA 99. Bacias em dias de chuva



fonte: Autor

FIGURA 100. Bacias de infiltração em dias de chuva



fonte: Autor

FIGURA 101. Situação actual da zona de intervenção para as bacias



fonte: Autor

FIGURA 102. Demolição das habitações para construção das bacias



fonte: Autor

FIGURA 103. Limpeza do terreno para Demolição das habitações para construção das bacias



fonte: Autor

FIGURA 104. Escavação do terreno para construção das bacias



FIGURA 105. Escavação do terreno para construção das bacias é instalado tubos de betão de 600mm para drenagem das águas pluviais



FIGURA 106. Execução dos muros de contenção para taludes



fonte: Autor

FIGURA 107. Após a Execução dos muros de conteção para taludes, executam-se as escadas e rampas de acesso, e relvado.



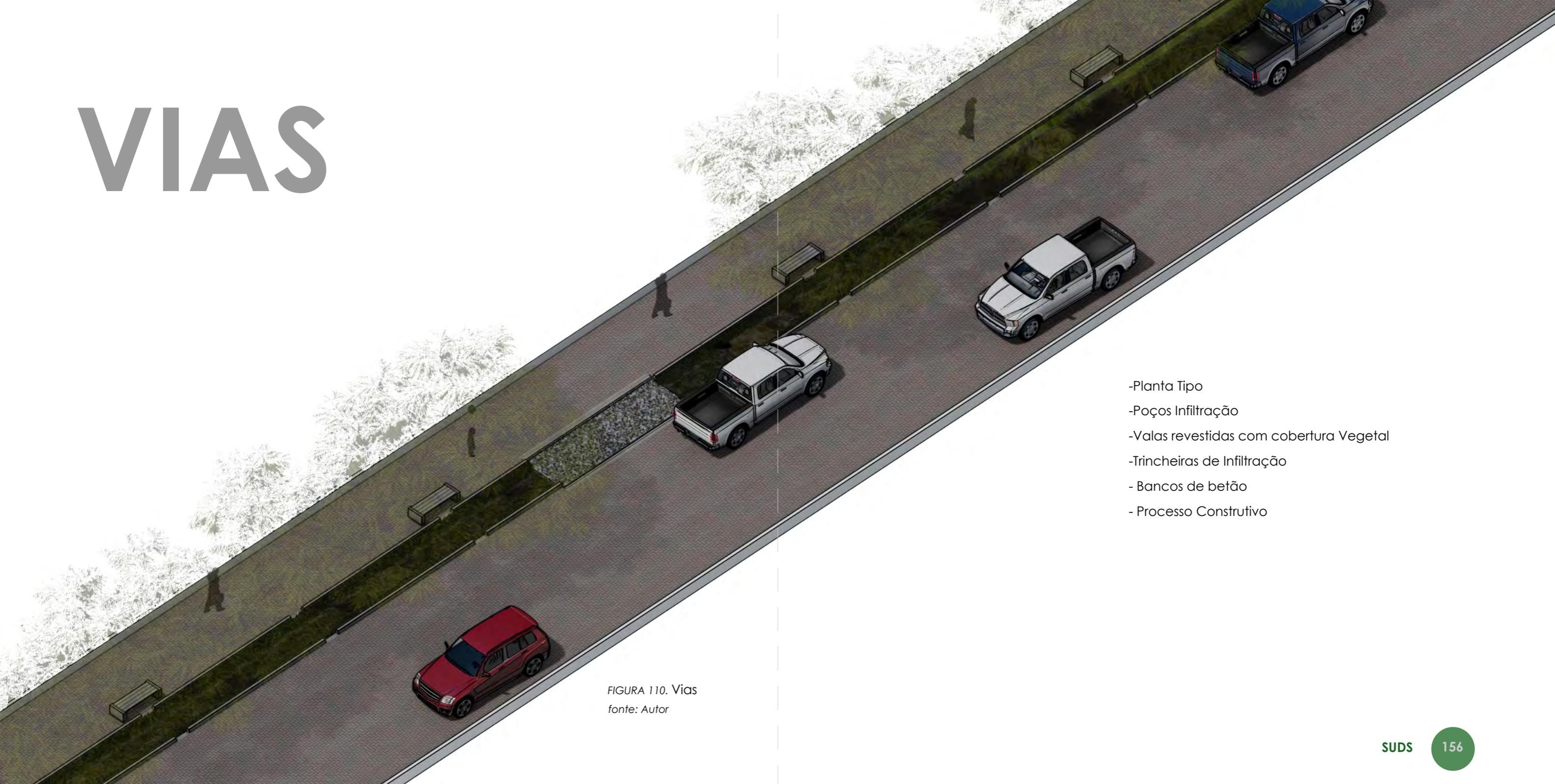
fonte: Autor

FIGURA 108. Implantação do mobiliário urbano.



FIGURA 109.
Bacias de
retenção e
infiltração
fonte: Autor

VIAS



- Planta Tipo
- Poços Infiltração
- Valas revestidas com cobertura Vegetal
- Trincheiras de Infiltração
- Bancos de betão
- Processo Construtivo

FIGURA 110. Vias
fonte: Autor



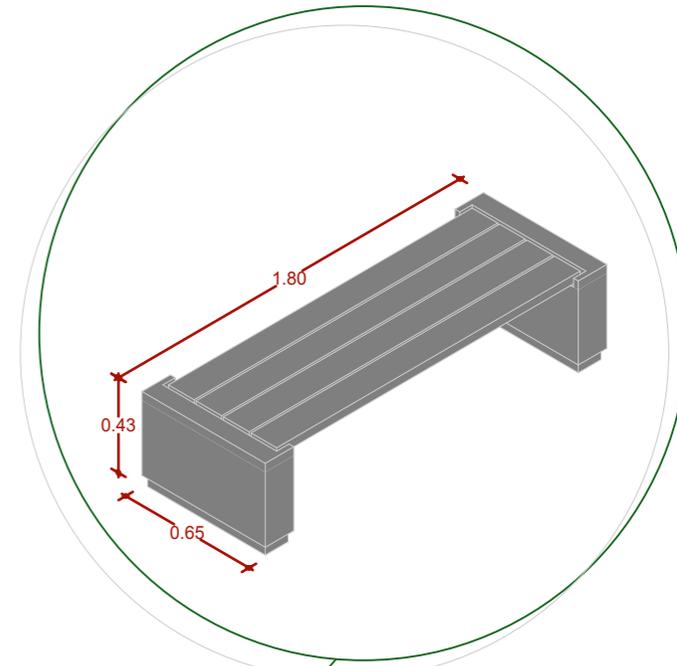
ACÁCIAS AMARELA AO LONGO DAS VALAS REVESTIDAS



VALAS REVESTIDAS AO LONGO DAS VIAS



TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO AO LONGO DAS VIAS EM ESPAÇOS EM QUE É NECESSÁRIO A PASSAGEM DE VEÍCULOS E/OU PEÕES.



BANCO DE BETÃO AO LONGO DAS VIAS.

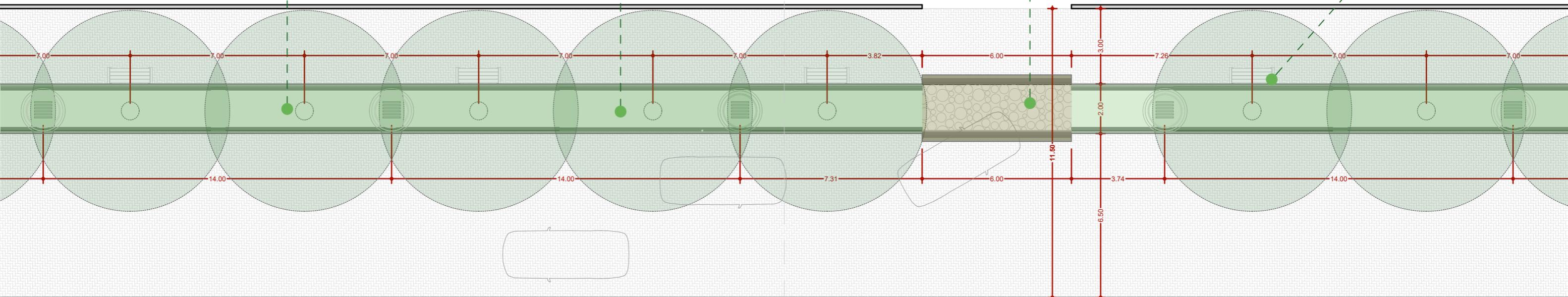


FIGURA 111. PLANTA TIPO DAS VIAS
ESC. 1/150
fonte: Autor



Pavimento em pavê.

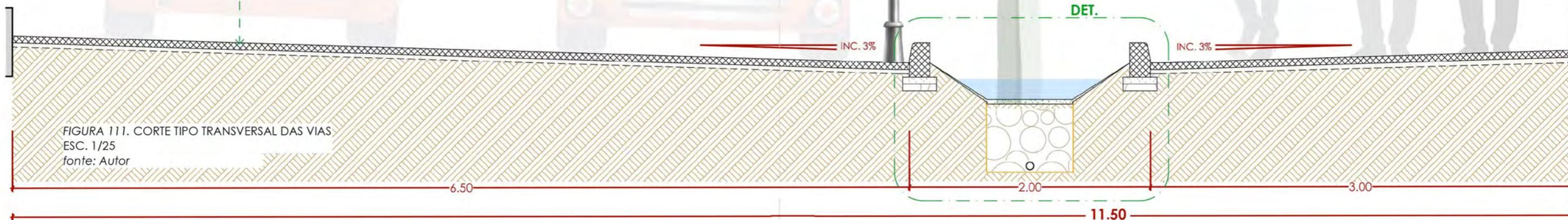


FIGURA 111. CORTE TIPO TRANSVERSAL DAS VIAS
ESC. 1/25
fonte: Autor

DETALHES VIAS



FIGURA 112. Vias
fonte: Autor

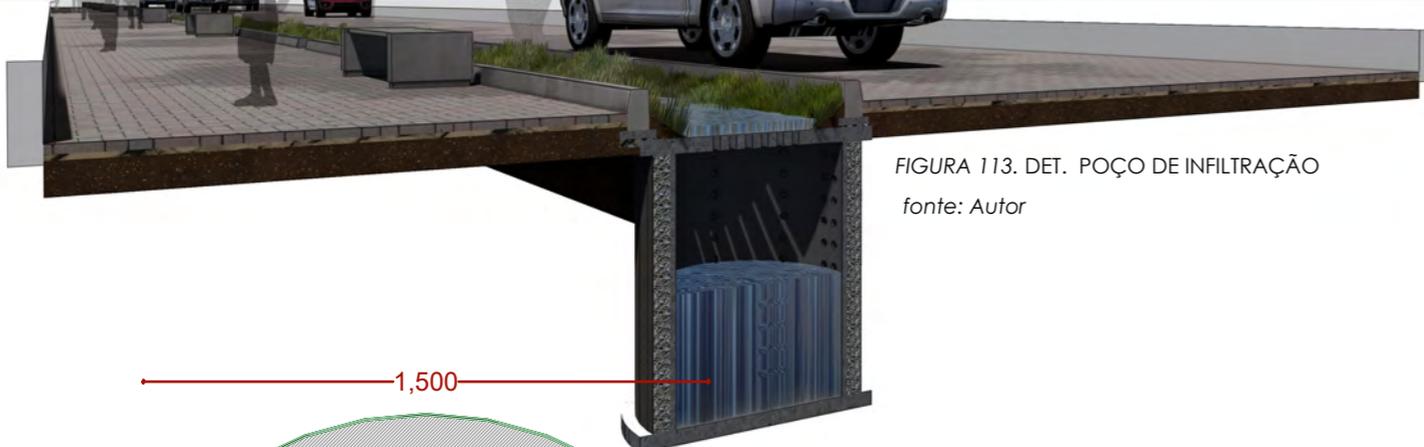


FIGURA 113. DET. POÇO DE INFILTRAÇÃO
 fonte: Autor

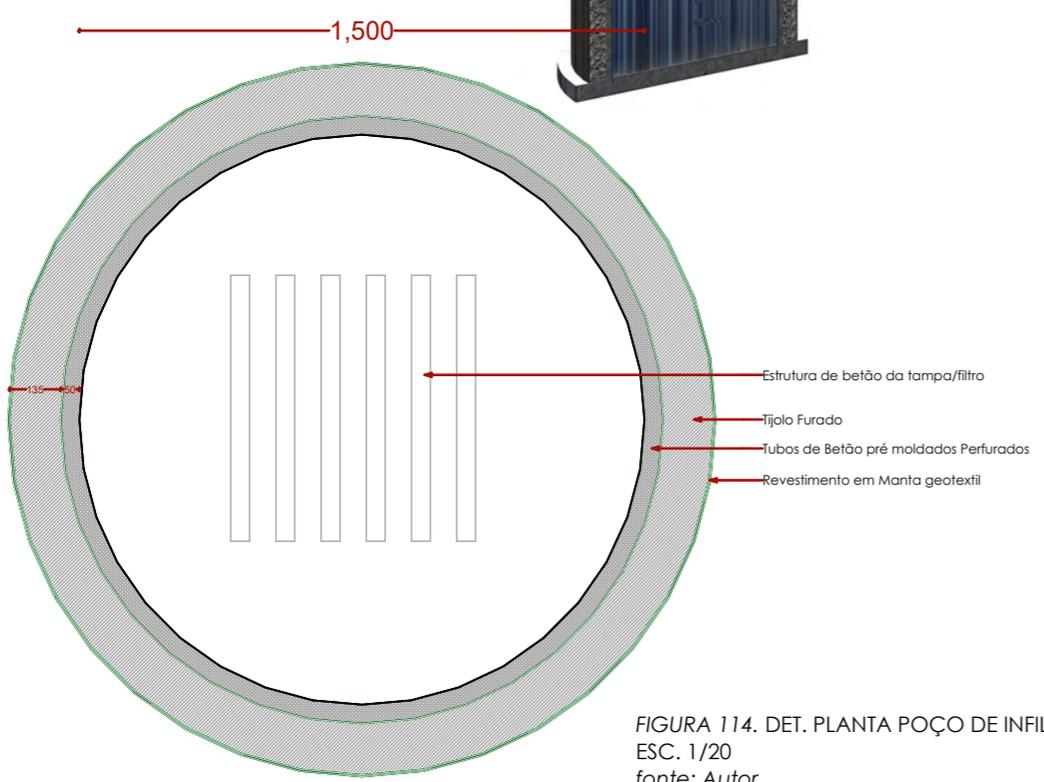


FIGURA 114. DET. PLANTA POÇO DE INFILTRAÇÃO
 ESC. 1/20
 fonte: Autor

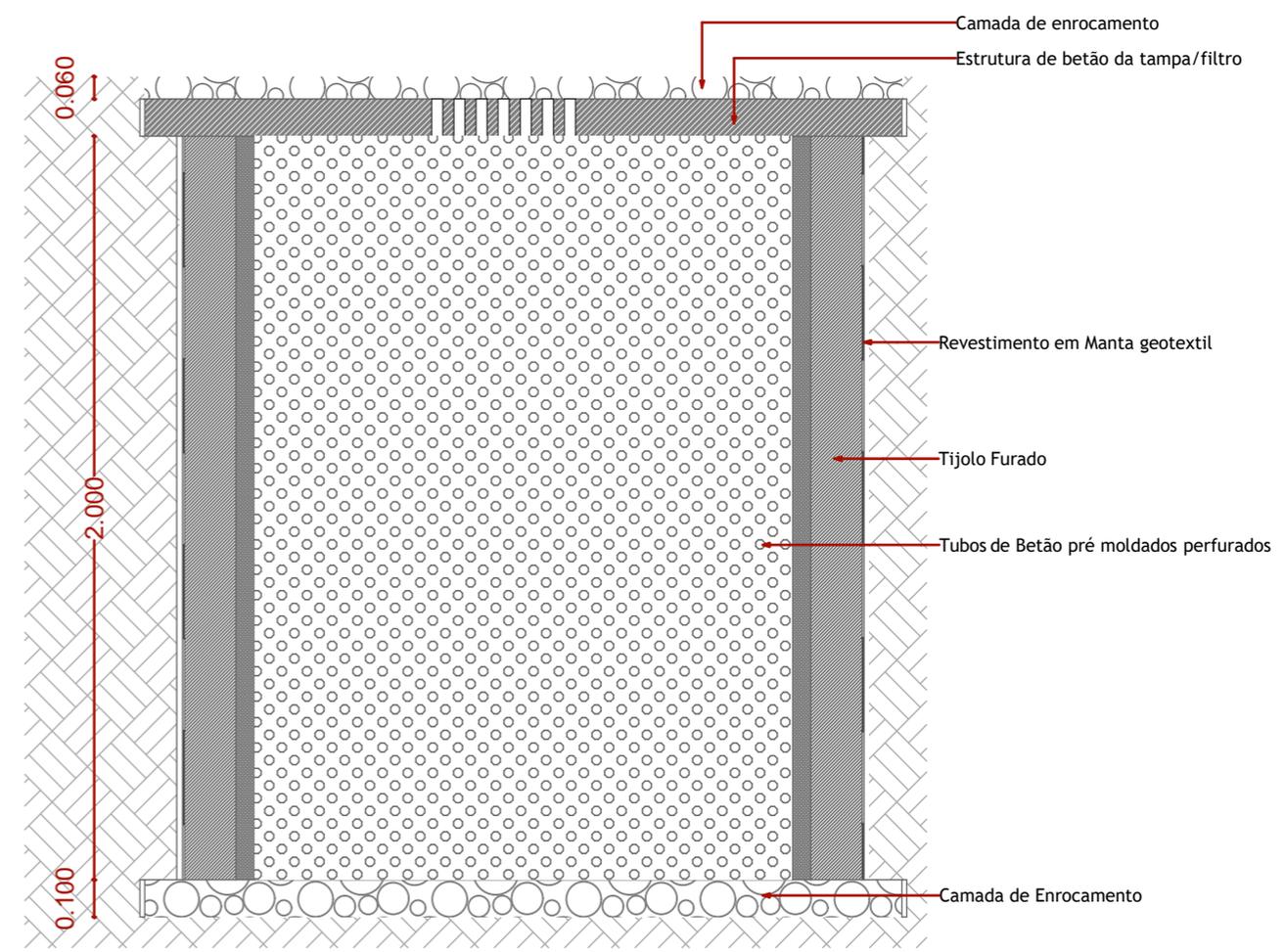


FIGURA 115. DET. CORTE POÇO DE INFILTRAÇÃO
 ESC. 1/20
 fonte: Autor



FIGURA 116. VALAS REVESTIDAS
 fonte: Autor

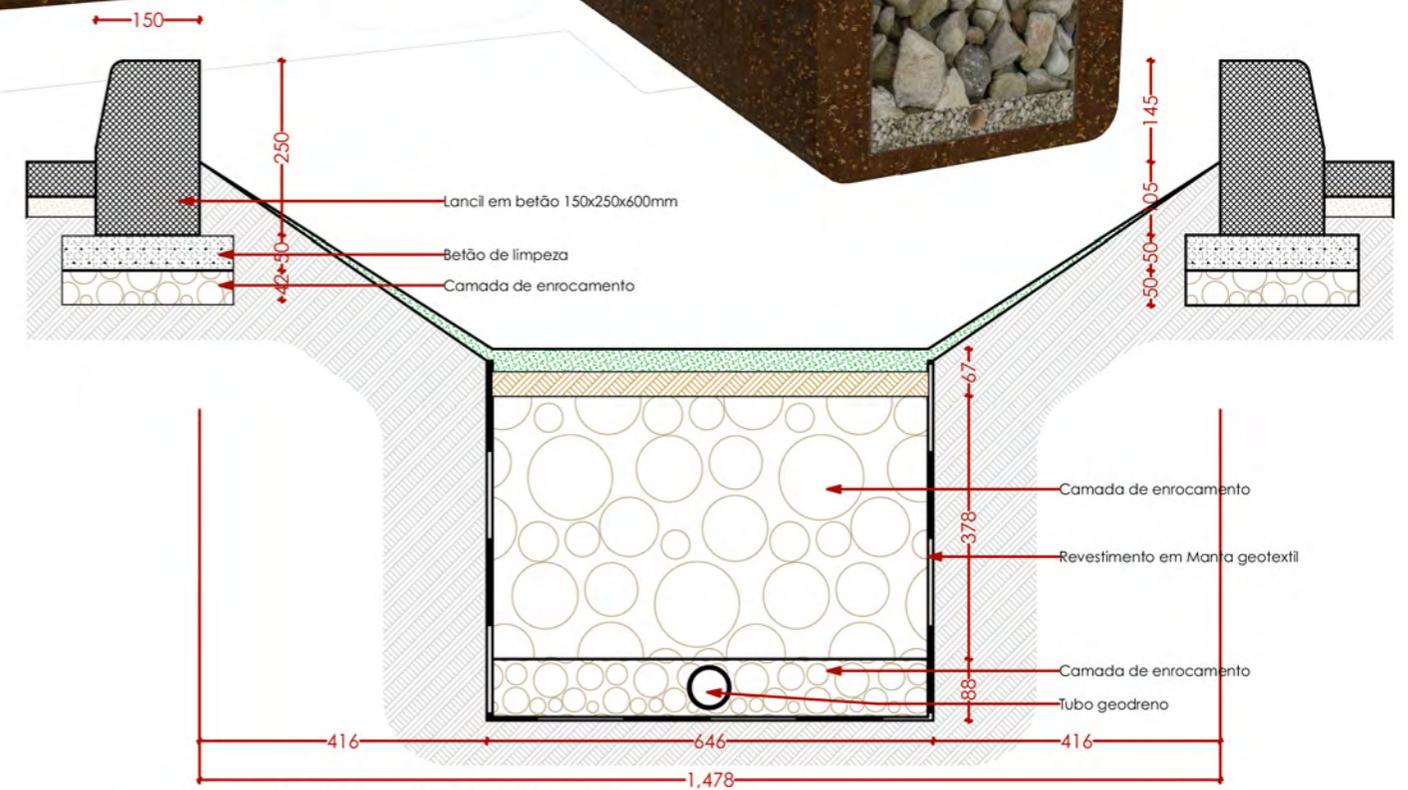


FIGURA 117. DET. CORTE DAS VALAS REVESTIDAS
 ESC. 1/10 fonte: Autor



FIGURA 118. CORTE TIPO DAS TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

fonte: Autor



FIGURA 119. TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

fonte: Autor

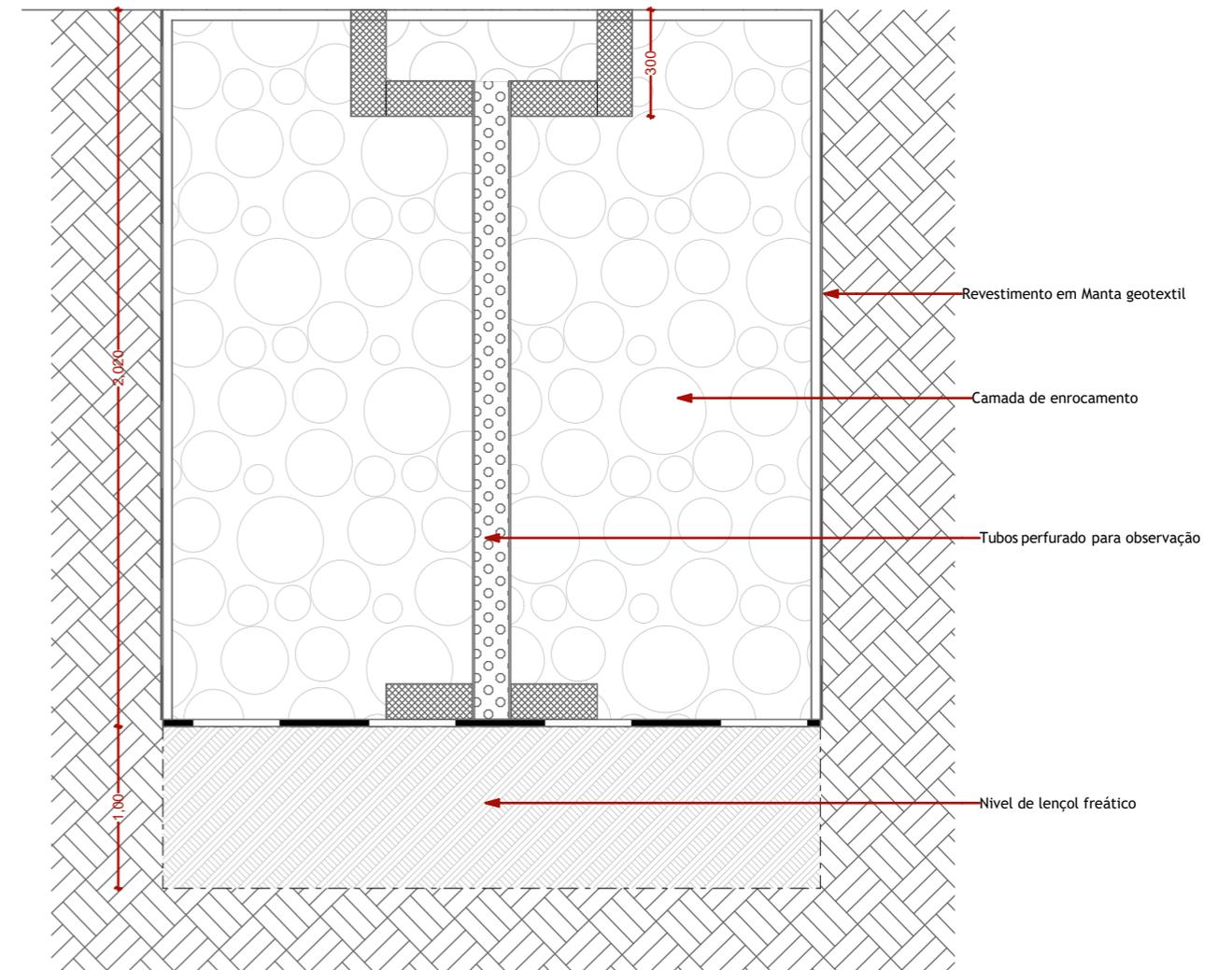


FIGURA 120. DET. CORTE TIPO DAS TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO
ESC. 1/20

fonte: Autor

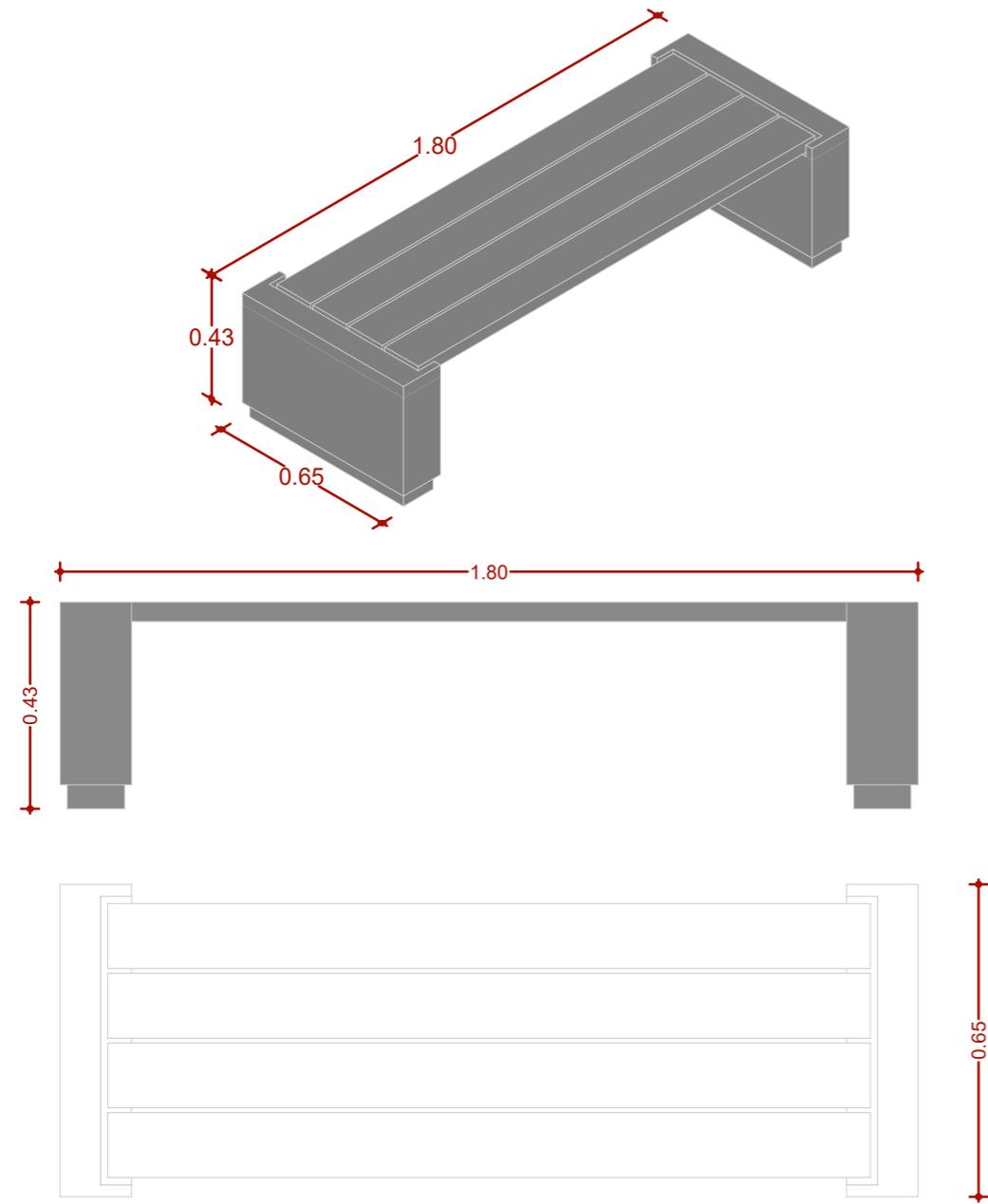


FIGURA 121. DET. BANCO DE BETÃO
ESC. 1/15
fonte: Autor



FIGURA 122. vias.
fonte: Autor



FIGURA 123. Situação actual da zona de intervenção para algumas vias

fonte: Autor

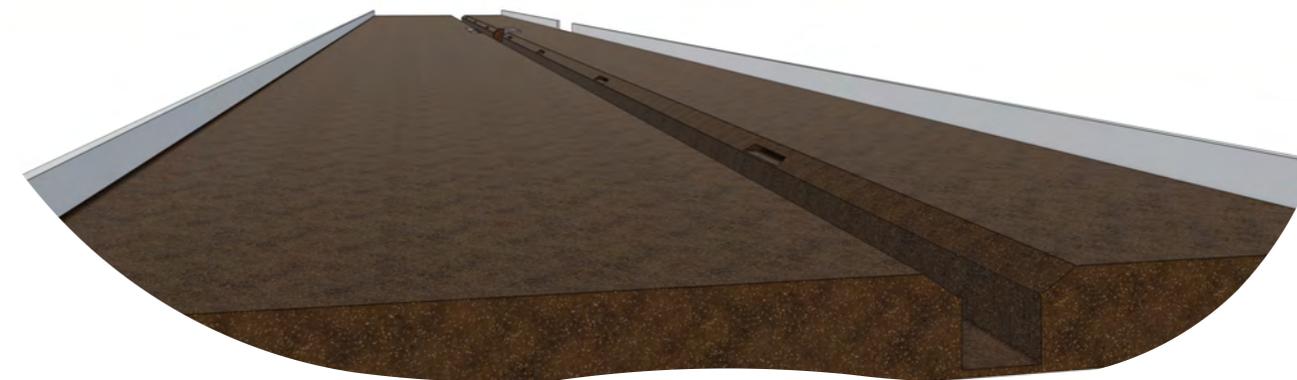


FIGURA 124. Limpeza e abertura de caboucos para as valas revestidas e trincheiras de infiltração.

fonte: Autor

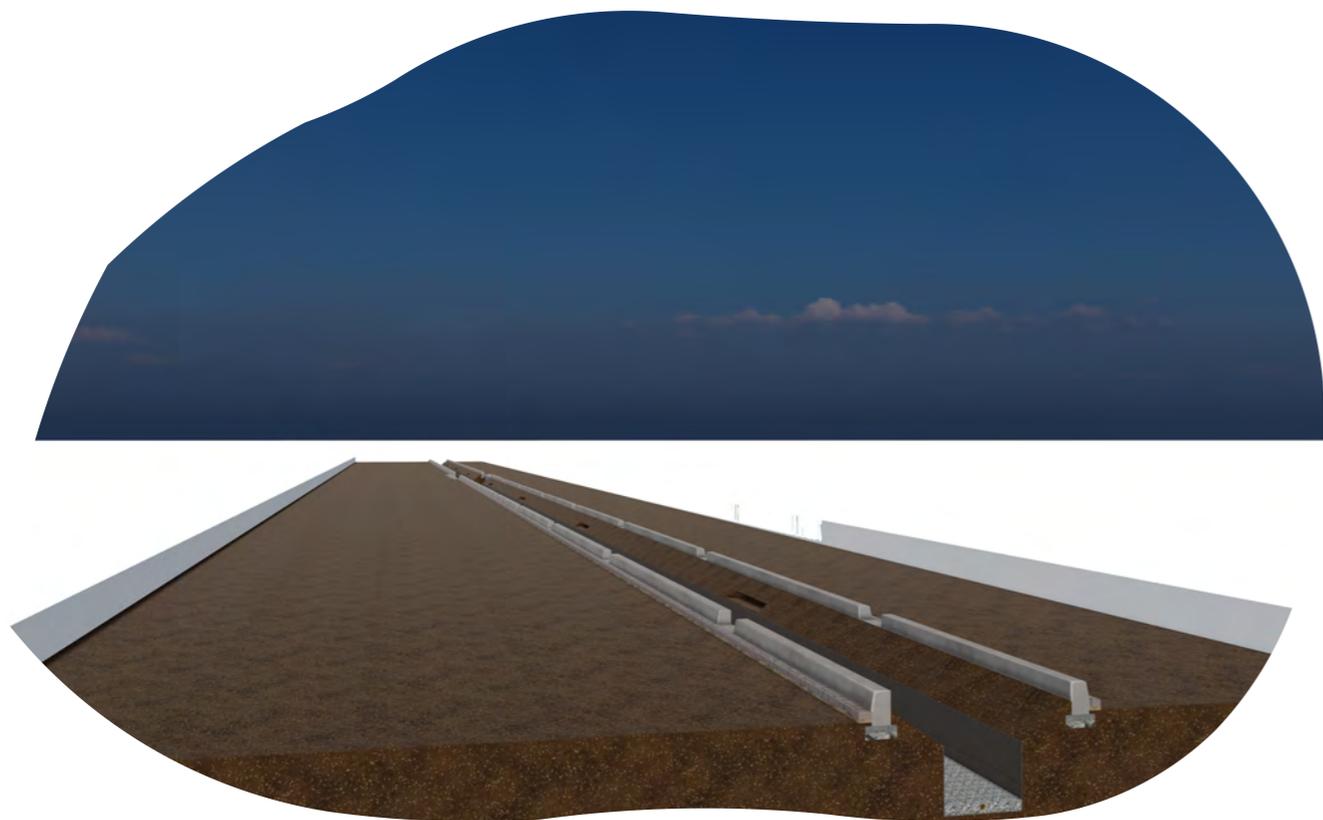


FIGURA 125. Colocação de lancil, membrana e tubo geotextil, e a primeira camada de enrocamento

fonte: Autor



FIGURA 126. Execução da segunda camada de enrocamento e dos poços de infiltração.



FIGURA 127. Após a Execução da segunda camada de enrocamento e dos poços de infiltração é colocada uma camada de areia e a vegetação. É também colocada a camada de areia para a pavimentação das vias.

fonte: Autor



FIGURA 128. Execução da pavimentação das vias e a instalação do mobiliário urbano.

fonte: Autor



FIGURA 129. E por fim a
plantação das
árvores consoante
os desenhos
apresentados na
planta tipo.

fonte: Autor

COMPARAÇÃO TECNOLÓGICA

Dimensionamento Hidráulico-Hidrológico

O dimensionamento hidráulico consiste na definição do volume de armazenamento necessário à regularização da vazão afluyente, para que o caudal máximo efluyente não exceda, para um determinado período de retorno, um limite pré-estabelecido.

Em suma, a drenagem pluvial será assegurada pelos seguintes sistemas/dispositivos:

- **Sistema de drenagem pluvial convencional**

- **Trincheiras de infiltração e valas revestidas**

- Comprimento: 8 471.1 m

- Largura: 1.50 m

- Altura: 1.00 m

- **Poços de infiltração**

- Número de poços: 505

- Diâmetro: 1.50 m

- Altura total: 2.00 m

- **Bacias de retenção**

- Volume total de armazenamento: 23 408.2 m³

- **Bacias de infiltração**

- Volume total de armazenamento: 29 509.6 m³

Trincheiras de infiltração e valas revestidas

Dimensionar a trincheira de infiltração e vala revestida, para área de intervenção (642 549.2m²), considerando um período de retorno de 10 anos, sendo a taxa de infiltração no solo de 50 mm/h consoante a tabela 9 em apêndice.

-Considera-se a Intensidade média de precipitação com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica, para o período de retorno de 10 anos para 90mm/h em 45 minutos.

-Coeficiente C para coberturas é de 0.22 conforme tabela em apêndice.

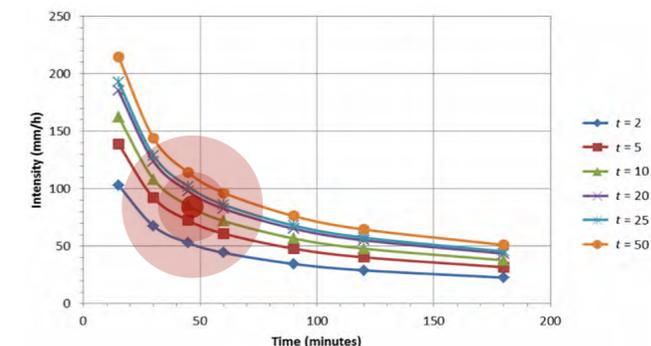


FIGURA 130. IDF de Maputo. Fonte: AFRICAN GEOGRAPHICAL REVIEW

- Área de infiltração

$A_i = A_{pl} + A_f$ em que:

A_{pl} - Área das paredes laterais;

A_f - Área do fundo.

$$A_i = (2 \times 1 + 1,50) \times 8 471.7 = 25 415.1 \text{ m}^2$$

-Caudal afluyente

$$Q_a = \frac{C \times I \times A}{3600} = \frac{0,22 \times 0,09 \times 642 549.2}{3600}$$

$$= 3.57 \text{ m}^3/\text{s}$$

Em que:

Q_a - Caudal afluyente ao sistema (m³/s);

C - Coeficiente de escoamento;

I - Intensidade de precipitação para $T_r=10$ anos (m/h);

A - Área drenada ou área de contribuição da bacia (m²).

A_i - Área infiltrada

-Vazão infiltrado

$$Q_i = A_i \times q$$

Considerando que uma falha do sistema terá inconvenientes menores, o factor de segurança a aplicar à taxa de infiltração é de 1,5 (Ballard et al., 2007).

$$q = 50/1,5 = 33 \text{ mm/h} = 0,033 \text{ m/h}$$

Assim:

$$Q_i = \frac{25\,415,1 \times 0,033}{3600} = 0,211 \text{ m}^3/\text{s}$$

-Volume de armazenamento temporário

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

O volume de armazenamento temporário resulta em:

$$V_a = (3,57 - 0,21) \times 45 \times 60 = 9\,153 \text{ m}^3$$

Poços de infiltração

- Número de poços: 505
- Diâmetro: 1.50 m
- Altura total: 2.00 m
- Intensidade de precipitação para a região
- Coeficiente C para relvado sobre solo impermeável com inclinação plana a média

-Área de infiltração: a área de infiltração será avaliada pelo procedimento proposto por Tomaz (2012), no qual se considera apenas 50% da área das paredes do poço (sem a folga) e não se considera a área do fundo.

$$A_i = 0,50 \times A_{pl}$$

em que:

A_{pl} - Área das paredes laterais;

$$A_i = 0,50 \times \pi \times D \times H_e = 0,50 \times \pi \times 1,5 \times 2 = 4,71 \text{ m}^2$$

Caudal afluyente

$$Q_a = \frac{C \times I \times A}{3600} = \frac{0,22 \times 0,09 \times 642\,549}{3600} = 3,57 \text{ m}^3$$

O caudal de ponta afluyente é dividido pelo número de poços, do que resulta 0.006 m³/s por poço.

Caudal infiltrado

Considerando que uma falha do sistema terá inconvenientes menores, o fator de segurança a aplicar à taxa de infiltração é de 1,5 (Ballard et al., 2007).

$$q = \frac{50/1,5}{3600} = 33 \text{ mm/h} = \frac{0,033 \text{ m/h}}{3600}$$

Assim:

$$Q_i = A_i \times q = 4,71 \times 0,033 = 0,00043 \text{ m}^3/\text{s}$$

- D_p - Duração da precipitação.
- Q_a - Caudal afluyente ao sistema (m³/s);
- C - Coeficiente de escoamento;
- I - Intensidade de precipitação para $T_r=10$ anos (m/h);
- A - Área drenada ou área de contribuição da bacia (m²).
- A_i - Área infiltrada

Volume total de armazenamento temporário

$$V = 3,14 \times r^2 \times h = 3,14 \times 0,75^2 \times 2 = 3,53 \text{ m}^3$$

Multiplicado pelo número de poços, do que resulta 1 782.6 m³

Bacias de retenção

-Área total das bacias 5 852.2 m²

-Parte total das bacias com solo impermeável com inclinação plana a médiaÁrea total das bacias 2 926.1 m²

-Volume de armazenamento 23 408.8 m³

-Vazão de infiltração

Considerando que uma falha do sistema terá inconvenientes menores, o fator de segurança a aplicar à taxa de infiltração é de 1,5 (Ballard et al., 2007).

$$q = 50/1,5 = 33 \text{ mm/h} = 0,033 \text{ m/h}$$

Assim:

$$Q_i = \frac{A_i \times q}{3600} = \frac{2\,926.1 \times 0,033}{3600} = 0.026 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bacias de infiltração

-Área total das bacias 7 377.4 m²

-Volume de armazenamento 29 509.6 m³

-Vazão de infiltração

Considerando que uma falha do sistema terá inconvenientes menores, o fator de segurança a aplicar à taxa de infiltração é de 1,5 (Ballard et al., 2007).

$$q = 50/1,5 = 33 \text{ mm/h} = 0,033 \text{ m/h}$$

Assim:

$$Q_i = \frac{A_i \times q}{3600} = \frac{7\,377.4 \times 0,033}{3600} = 0.067 \text{ m}^3/\text{s}$$

	ARMAZENAMENTO (m3)		VAZÃO DE INFILTRAÇÃO (m3/s)	CAUDAL AFLUENTE (m3/s)
	EXISTENTE	PROPOSTA	PROPOSTA	PROPOSTA
BACIAS DE INFILTRAÇÃO	NÃO EXISTE	29,509.60	0.067	
BACIAS DE RETENÇÃO	-12300.00	23,408.80	0.026	
POÇOS DE INFILTRAÇÃO	NÃO EXISTE	1,782.20	0.000043	3.57
TRINCHEIRAS E VALAS REVESTIDAS	NÃO EXISTE	9,153.00	0.211	3.57
TOTAL		63,853.60		

Tabela 4. Resumo de armazenamento de água do existente e a proposta, e seus respectivos caudais de infiltração.

-Somente a bacia de retenção levaria 5 dias para infiltrar os 12 300m³ de excesso de água existente

Principais Diferenças entre Abordagem Convencional de Gestão das Águas Pluviais e Abordagem Alternativa

De acordo com Lourenço (2014) As técnicas alternativas (nomeadamente as de controlo na origem) diferem dos sistemas tradicionais de drenagem tanto pelos seus métodos de projecto, construção e manutenção, bem como, pela capacidade de controlo das taxas de escoamento em meio urbano, podendo evitar prejuízos ambientais.

Enquanto os sistemas tradicionais de drenagem têm como mecanismo o transporte rápido das águas para jusante, através de um sistema de colectores enterrados, os sistemas de drenagem alternativos têm como objectivo a valorização da água em meio urbano e a atenuação dos impactos causados pela urbanização.

As técnicas alternativas, ao contrário dos sistemas tradicionais, não têm apenas em conta a quantidade de água a drenar, como também a qualidade final da água.

Em resumo, de acordo com Lourenço (2014), as principais diferenças entre abordagem convencional de gestão de águas pluviais e a abordagem alternativa (mais sustentável) são:

- **Rápida eliminação vs amortecimento e reutilização;**
- **Rede de colectores enterrados vs infra-estruturas verdes;**
- **Soluções de controlo centralizadas vs descentralizadas.**

Aspecto da Água Pluvial	Abordagem Convencional	Abordagem Alternativa
Quantidade	As águas pluviais são transportadas para fora das áreas urbanas o mais rápido possível.	As águas pluviais são retidas na origem/fonte, permitindo a sua infiltração e atenuação dos picos de cheia, sendo posteriormente encaminhadas gradualmente para o sistema de drenagem, meio receptor ou outro componente.
Qualidade	As águas pluviais são tratadas com as águas residuais em estações de tratamento centralizadas ou descarregada no meio receptor sem qualquer tipo de tratamento.	As águas pluviais são tratadas utilizando sistemas naturais descentralizados, como solo, vegetação e bacias.
Valor Recreativo e Amenidade	Não considera	As infra-estruturas de águas pluviais são planeadas para melhorar a paisagem urbana e fornecer oportunidades recreativas.
Biodiversidade	Não considera	Os ecossistemas urbanos são recuperados e protegidos pelo uso das águas na manutenção e melhoraria dos habitats naturais.
Potenciais Recursos	Não considera	As águas pluviais são recolhidas para abastecimento e retidas para recarga de aquíferos, cursos de água e vegetação.

Tabela 5. Principais diferenças entre a abordagem convencional e a abordagem alternativa. Fonte: ADAPTADO de Philip, 2011 citado por Lourenço (2014)

	Melhoria da Qualidade da Água Pluvial	Redução do Volume de Escoamento Superficial	Redução do Caudal de Ponta
BACIAS DE INFILTRAÇÃO	•		•
BACIAS DE RETENÇÃO	•		•
POÇOS DE INFILTRAÇÃO	•	•	•
VALAS REVESTIDAS	•	•	•
TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO	•	•	•

Tabela 6. Matriz de Seleção dos SUDS (Adaptado de Ballard et al. (2007) citado por Lourenço (2014)

Custos

Segundo Valiron e Tabuchi (1992), relativamente aos custos de cada sistema, a experiência tem demonstrado que as técnicas alternativas apresentam custos iniciais (de primeiro investimento) inferiores às soluções clássicas.

Em termos de custos de manutenção, a informação publicada é escassa, mas os elementos disponíveis, de acordo com Valiron e Tabuchi (1992), apontam para custos que não são significativamente superiores aos custos associados à solução tradicional de rede de drenagem.

Estimativa de custos do protótipo

Item	Descrição das actividades	Un	Quant.	Preços em MT	
				Total	P. Unitários
CAPÍTULO I					
VIAS					
1.1	Escavação manual de solos para Valas revestidas e trincheiras e remoção de possíveis raízes existentes no local	ml	8471.70	150.00	1,270,755.00
1.2	Pavimentação das vias em pavê de betão incluindo areia de assentamento e lançis de betão	m2	76245.30	470.00	35,835,291.00
1.3	revestimento em manta geotextil das valas	ml	8471.70	130.00	1,101,321.00
1.4	Tubo geodreno	ml	8471.70	70.00	593,019.00
1.5	2 camadas de enrocamento (média e grossa) para valas e trincheiras	ml	8471.70	310.00	2,626,227.00
1.6	Aterro com camada de enrocamento com solos de escavações e câmaras de empréstimo (saibro).	ml	8471.70	100.00	847,170.00
1.7	Plantio de árvores	un	730.00	50.00	36,500.00
sub Totais					42,310,283.00
CAPÍTULO II					
BACIAS					
2.1	Escavação manual de solos para Valas revestidas e trincheiras e remoção de possíveis raízes existentes no local	m3	52918.40	200.00	10,583,680.00
2.2	Tubo de betão 600mm de diâmetro	ml	195.00	1,500.00	292,500.00
2.3	Taludes em bacias de retenção	ml	1675.70	2,500.00	4,189,250.00
2.4	Taludes em bacias de infiltração	ml	282.00	3,500.00	987,000.00
2.5	Pavimentação das bacias em pavê de betão incluindo areia de assentamento	m2	2531.20	390.00	987,168.00
2.6	pergulado em aço e madeira	un	7.00	6,800.00	47,600.00
2.7	Plantio de árvores	un	90.00	50.00	4,500.00
sub Totais					17,091,698.00
Custo total em Metical					59,401,981.00
Custo total em Dólar					\$ 913,876.63

Tabela 7. Estimativas de custos para o protótipo. Fonte: Autor.

Estimativa de custos para camião cisterna

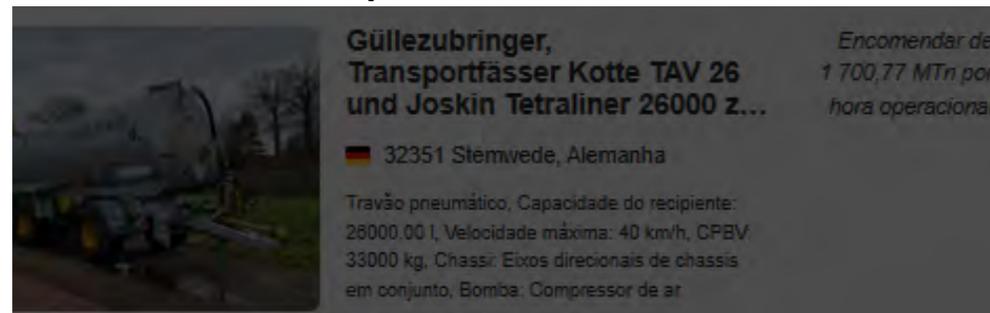


Figura 131. custo de camião cisterna. fonte: www.tractorpool.co.mz



DAB Bomba de drenagem - Preto (750m)
MZN 33,100 cada

Figura 132. Custo de bomba de água. <https://www.builders.co.mz>

Camião cisterna com capacidade de 26000 litros de água. O equivalente a 26 m³ de água Com velocidade máxima de 40km/h.

Sendo que o preço de aluguer é de 1700mts/hora.

Resultado. -Seriam necessários **474** voltas do camião cisterna para remover a água de $\frac{12\,300\text{ m}^3}{26\text{ m}^3} = 474$ excesso que transborda próximo a bacia de retenção existente.

-Uma vez que a capacidade da bomba é de 23400 l/h, o equivalente a 0.0065 m³/s, seria necessário cerca de 1 hora e 10 minutos para encher o camião cisterna. Assumindo que o mesmo descarrega a água na drenagem da Avenida Joaquim Chissano (cerca de 1.5km da bacia de retenção), levaria no total cerca de 1 hora e 40 minutos (100 minutos) para cada jornada.

100 min x 474 voltas = 47400 min (aproximadamente 32 dias)

-Alugando o camião cisterna (1700mts x 24horas) por 30 dias adicionando bomba custaria 40 800 x 32 = 1 338 700 MZN.

-Em um ano gastaria cerca de 16 064 400 MZN, dificultando a passagem de cerca de 11 000 pessoas na área de intervenção.

MENOS DE 1 DIA (16 HORAS)
TEMPO DE INFILTRAÇÃO
TRINCHEIRAS E VALAS REVESTIDAS
0.211m³/s

2 DIAS
TEMPO DE INFILTRAÇÃO
BACIAS DE INFILTRAÇÃO
0.067 m³/s

POÇOS DE INFILTRAÇÃO 0.000043 m³/s
MAIS DE 32 DIAS
TEMPO DE INFILTRAÇÃO

BACIAS DE RETENÇÃO
0.026 m³/s
5 DIAS
TEMPO DE INFILTRAÇÃO

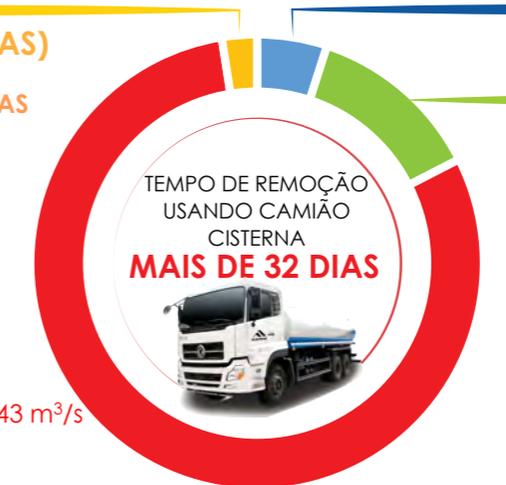


Figura 133. comparação de tempo de remoção dos 12 300m³ de água. Fonte: Autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho proporcionou conhecer os elementos dos sistemas de drenagem urbana sustentáveis e suas principais diferenças no que cerne às técnicas convencionais.

Para que a proposta de implantação de SUDS no local determinado fizesse mais sentido, realizou-se um estudo de todos os sistemas de drenagem urbana sustentáveis, utilizando-se como base "The SuDS Manual" de Woods-Ballard et al. (2015), além de outros trabalhos acadêmicos anteriormente publicados. Explorou-se identificar as particularidades construtivas de cada um, assim como suas funcionalidades, vantagens e desvantagens.

Os cinco dispositivos SuDS utilizados revelaram-se eficientes para o cenário apresentado e para o evento de precipitação analisado naquela região. A demonstração utilizando as bacias de retenção e infiltração teve os maiores valores de armazenamento em dias de pico dentre os dispositivos adotados. Já as valas revestidas e as trincheiras de infiltração revelam maiores valores de vazão de infiltração dentre os dispositivos adotados, podendo levar menos de 1 dia para infiltrar a água que transborda actualmente próximo a bacia de retenção, ao contrário dos poços de infiltração que revelam menores valores de vazão de infiltração, podendo levar mais de 30 dias para sua infiltração.

Com os resultados das combinações, pode-se dizer que a utilização dos cinco dispositivos SUDS, demonstra eficiência tanto na redução do volume de escoamento superficial quanto na redução das vazões de pico, para o cenário em que foi apresentado.



fonte: Autor

BIBLIOGRAFIA

- MUNICÍPIO DE MAPUTO, PROJECTO DE TRANSFORMAÇÃO URBANA DE MAPUTO, DIAGNÓSTICO INTEGRADO, 2021
- Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos, PROJECTO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E LOCAL - PDUL, NORMAS PARA ESTRADAS URBANAS MUNICIPAIS MANUAL DE CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRADAS URBANAS MUNICIPAIS, 2021.
- Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos, PROJECTO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E LOCAL - PDUL, GUIÃO METODOLÓGICO PARA ELABORAÇÃO DE PLANOS DE MITIGAÇÃO DE RISCOS: DRENAGEM, ENCHENTES E EROÇÃO, 2020.
- CASTRO, A. L. C. 1998. Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil. 283 p.
- José Lourenço Neves, Tanja Katharina Sellick, Abdulghani Hasan & Petter Pilesjö (2022): Flood risk assessment under population growth and urban land use change in Matola, Mozambique, African Geographical Review, DOI: 10.1080/19376812.2022.2076133
- LOURENÇO, R. R. A. Sistemas urbanos de drenagem sustentáveis. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2014..
- NETO, A. T. Simulação de sistemas de drenagem urbana sustentável aplicada em um loteamento urbano utilizando o EPA SWMM. 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.
- NETO, W. Z. 1997. Infra-Estrutura Urbana.
- VASCO, J. R. J. Sistemas urbanos de drenagem urbana. 2016. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2016.
- TOBIN, G. A; MONTZ, B. E. 1997. Natural hazards: explanation and integration. New York: The Guilford Press. 388 p.
- WOODS-BALLARD, B. et al. The SuDS Manual. 5. ed. London: CIRIA, 2015
- ZMITROWICZ, W. ABIKO, Alex. Engenharia Urbana / Infra-estrutura e Estruturação dos Espaços Urbanos.

- <https://www.rm.co.mz/bairro-da-maxaquene-ainda-regista-inundacoes/>
- https://pt.climate-data.org/africa/mocambique/maputo/maputo-535/#google_vignette
- <https://www.rm.co.mz/bairro-da-maxaquene-ainda-regista-inundacoes/>
- <https://www.archdaily.com.br/br/804436/espaco-publico-tapis-rouge-em-um-bairro-informal-no-haiti-emergent-vernacular-architecture-eva-studio>
- <https://www.urbanisten.nl/work/benthemplein>
- <https://www.archdaily.com.br/br/01-115308/12-criterios-para-determinar-um-bom-espaco-publico>
- https://www.archdaily.com.br/br/1001887/parque-manuel-rodriguez-curacautin-jaime-alarcon-fuentes-impulso-arquitectos?ad_source=search&ad_medium=projects_tab
- <https://www.susdrain.org/case-studies/>
- <https://www.archdaily.com.br/br/920314/drenagem-urbana-sustentavel-para-a-concretizacao-de-metas-de-ods-onu>
- <https://opais.co.mz/centena-de-casas-continuam-inundadas-na-cidade-de-maputo/>
- <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>
- https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/maputo_mo%c3%a7ambique_1040652
- <https://futurelandscapes.ca/tanner-springs-wetland-park>
- <https://www.portland.gov/parks/tanner-springs-park>
- <https://www.tractorpool.co.mz/aluguer/a-Propagadores-de-polpa-e-de-estrupe/12/b-Cami%C3%B5es-cisterna-de-polpa/114/>
- <https://www.builders.co.mz/Water-Storage---Filtration/Water-Tank-Pumps/c/Water%20Tank%20Pumps>
- <https://www.mmo.co.mz/mercado-xipamanine/>

ANEXOS

Parâmetros de Dimensionamento para Sistemas de Infiltração

Tipo de Ocupação	Coefficiente C
Comercial	
Centro da cidade	0,70 - 0,95
Arredores	0,50 - 0,70
Residencial	
Habitações unifamiliares	0,30 - 0,50
Prédios isolados	0,40 - 0,60
Prédios geminados	0,60 - 0,70
Suburbano	0,25 - 0,40
Industrial	
Pouco denso	0,50 - 0,80
Muito denso	0,60 - 0,90
Parques e cemitérios	
Campos de jogos	0,20 - 0,40
Tipologia de superfície	Coefficiente C
Pavimento	
Asfáltico	0,70 - 0,95
Betão	0,80 - 0,95
Passéis para peões	
Coberturas (telhados)	0,85
Relvado sobre solo permeável	
Plano < 2%	0,05 - 0,10
Médio 2% a 7% Inclinado > 7%	0,10 - 0,15 0,15 - 0,20
Relvado sobre solo impermeável	
Plano < 2%	0,13 - 0,17
Médio 2% a 7% Inclinado > 7%	0,18 - 0,22 0,25 - 0,35

Tipo de Solo	Taxa de Infiltração (m/h)
Gravilha	10-1000
Areia	0,1-100
Areia Argilosa/Franca	0,01-1
Franco Arenoso	0,005-0,5
Franco	0,001-0,1
Franco Siltoso	0,0005-0,05
Franco-argilo-arenoso	0,001-0,1

Tabela 9. Valores médios do coeficiente C para utilização no Método Racional (Adaptado de manual n.º37, ASCE apud Matos (2003a)) citado por Lourenço 2014.

Tabela 10. Taxas de Infiltração para diferentes tipos de materiais (Adaptado de Ballard et al., 2007) citado por Lourenço 2014.