



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE  
CURSO DE Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade

**ESPAÇOS VERDES URBANOS PÚBLICOS DE CAMPO GRANDE (MS),  
NO CONTROLE DE ÁGUAS PLUVIAIS: AVALIAÇÃO DO SERVIÇO  
ECOSSISTÊMICO DE REGULAÇÃO**

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**  
**FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**ESPAÇOS VERDES URBANOS PÚBLICOS DE CAMPO GRANDE (MS),  
NO CONTROLE DE ÁGUAS PLUVIAIS: AVALIAÇÃO DO SERVIÇO  
ECOSSISTÊMICO DE REGULAÇÃO**

**PRISCILLA AZAMBUJA JUSTI**

Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade apresentada na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Sustentabilidade.

**Orientador: Prof. Dr. José Carlos de Jesus Lopes**

**CAMPO GRANDE**

**JULHO / 2024**



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**PRISCILLA AZAMBUJA JUSTI**

### **ESPAÇOS VERDES URBANOS PÚBLICOS DE CAMPO GRANDE (MS), NO CONTROLE DE ÁGUAS PLUVIAS: AVALIAÇÃO DO SERVIÇO ECOSISTÊMICO DE REGULAÇÃO**

Redação final do Trabalho de Conclusão de Curso, aprovado pela Banca Examinadora em 26 de junho de 2024, na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.

**Banca examinadora:**

**Dr. Jose Carlos de Jesus Lopes (Interno)**

**Dr. Alexandre Meira de Vasconcelos (Interno)**

**Dra. Andrea Teresa Riccio Barbosa (Interno) (Suplente)**

**Dr. Geraldino Carneiro de Araujo (Externo) (Suplente)**

**Dr. Johannes Gerson Janzen (Interno)**

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

\*\*\*\*\*  
UFMS  
É 10!!!  
\*\*\*\*\*



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Meira de Vasconcelos, Professor do Magisterio Superior**, em 25/07/2024, às 16:19, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

\*\*\*\*\*  
UFMS  
É 10!!!  
\*\*\*\*\*



Documento assinado eletronicamente por **Jose Carlos de Jesus Lopes, Professor do Magisterio Superior**, em 25/07/2024, às 17:55, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

\*\*\*\*\*  
UFMS  
É 10!!!  
\*\*\*\*\*



Documento assinado eletronicamente por **Johannes Gerson Janzen, Professor do Magisterio Superior**, em 26/07/2024, às 07:43, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufms.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4985081** e o código CRC **9A84F970**.

## COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Referência: Processo nº 23104.017217/2024-71

SEI nº 4985081

## AGRADECIMENTOS

Expresso minha profunda gratidão aos meus pais, Marina e Jorge, pelo carinho constante e pelo incentivo incansável aos meus estudos. Vocês me ensinaram a valiosa lição de que o conhecimento é o único bem que verdadeiramente possuímos. Agradeço por cultivarem em mim o amor pela aprendizagem contínua e por sempre estimularem a busca por novas habilidades e conhecimentos.

Aos demais membros da minha família, incluindo meu irmão, sobrinhos, tios, tias e avó, sou profundamente grata pela presença constante e pelo apoio incondicional em relação aos meus sonhos. Dedico também meu reconhecimento a Douglas, meu parceiro, que tem sido uma fonte constante de apoio ao longo da minha jornada acadêmica, proporcionando segurança e me incentivando com palavras de encorajamento.

Quero expressar minha gratidão a todos os colegas e amigos da empresa Deméter Engenharia. O estímulo ao crescimento profissional, à pesquisa e à curiosidade sobre diferentes abordagens no trabalho, no projeto e no planejamento têm sido fundamentais para o meu desenvolvimento. Aprendo diariamente com essa equipe maravilhosa, que fomenta debates inteligentes e enriquecedores.

Ao Professor Doutor José Carlos de Jesus Lopes, expresso meus agradecimentos pelas orientações preciosas e pela modelagem do meu conhecimento, que foram fundamentais para a elaboração desta pesquisa. Espero que este trabalho contribua para o avanço da área acadêmica, inspire novas pesquisas e sirva como referência para os gestores municipais, especialmente em Campo Grande (MS), nas discussões sobre como enfrentar os desafios das mudanças climáticas na cidade.

Quero reconhecer o suporte financeiro (Código de Financiamento 001) fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), vinculada ao Ministério da Educação (MEC), e agradecer também pelo apoio estrutural e científico da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

## RESUMO

O aumento da população em áreas urbanas e a crescente sensibilidade aos eventos adversos causados pelas mudanças climáticas levam os responsáveis pela gestão pública a buscarem ferramentas técnicas alternativas que contribuam para o funcionamento sustentável e integrado da cidade, assegurando a qualidade de vida de seus residentes e visitantes. Os espaços verdes urbanos, que integram um conjunto de áreas urbanas verdes e vegetação, apresentam-se como ambientes naturais ou mesmo artificiais para melhorar a qualidade ambiental urbana. Aqui destaca-se que esses ambientes beneficiam a mitigação do escoamento superficial de chuva e das inundações. Por sua vez, o uso de indicadores, enquanto ferramentas de gestão urbana sustentável, permitem o monitoramento e avaliação dos espaços verdes urbanos públicos, no controle de águas pluviais urbanas. E enquanto ferramentas técnicas, a aplicabilidade dos indicadores contribui para o planejamento urbano sustentável e nas tomadas de decisões dos gestores públicos com vista ao desenho de políticas públicas, que atendam as dimensões da sustentabilidade. A situação em Campo Grande (MS) não é diferente. A cidade também está em processo de urbanização e vivência os efeitos das mudanças climáticas, especialmente relacionados aos eventos hidrológicos extremos, no ambiente urbano. O que exige ações do Poder Público municipal, técnicas de adequação ou, até mesmo, de resolução para solucionar, em definitivo, o problema. Sob tais perspectiva, esta pesquisa se propõe responder a seguinte pergunta que se coloca como questão central: Qual é a eficiência nos serviços ecossistêmicos, fornecidos pelos espaços verdes urbanos públicos, em Campo Grande (MS), no controle de águas pluviais? Assim, o objetivo geral desta proposta é avaliar a eficiência nos serviços ecossistêmicos, fornecidos pelos espaços verdes urbanos públicos, em Campo Grande (MS), no controle de águas pluviais. Trata-se de uma pesquisa descritiva e exploratória, a ser fundamentada por uma revisão bibliográfica sistemática, a partir da coleta e utilização de dados primários e secundários. Adotará uma abordagem mista sobre o objeto de pesquisa. Como resultados esperados, projeta-se que os resultados possam verificar se os espaços verdes urbanos públicos, assentados em Campo Grande (MS), são suficientes para mitigar os eventos hidrológicos extremos. O estudo avaliou 70 espaços verdes urbanos públicos de Campo Grande (MS), aplicando o método CN para análise do escoamento superficial, considerando parâmetro como CN médio, índice de áreas verdes (IAV) e dois indicadores da NBR, e através da análise fatorial por componentes principais. Além de propor melhorias, como arborização e materiais drenantes, destacando a necessidade de aumento de espaços verdes urbanos públicos em alguns bairros para gestão eficaz de águas pluviais e ressaltando a importância da análise conjunta de indicadores no planejamento urbano sustentável.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Ambiente Construído; Mudança Climática; Solução baseada na Natureza; Infraestrutura Verde; Planejamento Urbano Sustentável.

## ABSTRACT

The increase in population in urban areas and the growing sensitivity to adverse events caused by climate change lead those responsible for public management to seek alternative technical tools that contribute to the sustainable and integrated functioning of the city, ensuring the quality of life of its residents and visitors. Urban green spaces, which integrate a set of green urban areas and vegetation, are presented as natural or even artificial environments to improve urban environmental quality. It is highlighted here that these environments benefit the mitigation of surface runoff and flooding. In turn, the use of indicators, as sustainable urban management tools, allows the monitoring and evaluation of public urban green spaces, in the control of urban rainwater. And as technical tools, the applicability of indicators contributes to sustainable urban planning and decision-making by public managers with a view to designing public policies that meet the dimensions of sustainability. The situation in Campo Grande (MS) is no different. The city is also in the process of urbanization and is experiencing the effects of climate change, especially related to extreme hydrological events, in the urban environment. This requires actions from the municipal government, adaptation techniques, or even resolution to definitively solve the problem. From this perspective, this research aims to answer the following question that arises as a central question: What is the efficiency of ecosystem services, provided by public urban green spaces, in Campo Grande (MS), in controlling rainwater? Thus, the general objective of this proposal is to evaluate the efficiency of ecosystem services, provided by public urban green spaces, in Campo Grande (MS), in controlling rainwater. This is a descriptive and exploratory research, to be based on a systematic bibliographic review, based on the collection and use of primary and secondary data. It will adopt a mixed approach to the research object. As expected, it is projected that the results can verify whether public urban green spaces, established in Campo Grande (MS), are sufficient to mitigate extreme hydrological events. The study evaluated 70 public urban green spaces in Campo Grande (MS), applying the CN method to analyze surface runoff and considering parameters such as average CN, green area index (IAV) and two NBR indicators, and through Principal Component Analysis. In addition to proposing improvements, such as afforestation and drainage materials, highlighting the need to increase public urban green spaces in some neighborhoods for effective rainwater management, and highlighting the importance of joint analysis of indicators in sustainable urban planning.

**Keywords:** sustainability; built environment; climate change; nature-based solutions; green infrastructure; sustainable urban planning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo de água, considerando a situação sem urbanização e com urbanização.....	22
Figura 2 – Principais eventos internacionais relacionados com as temáticas socioambientais, de desenvolvimento sustentável e de mudanças climáticas.....	24
Figura 3 – Evolução da terminologia SbN na literatura científica ao longo do tempo .....	27
Figura 4 – Relação entre os espaços e seus componentes: espaços livres de edificação, áreas verdes e espaços verdes .....	30
Figura 5 – Exemplificação de espaços livres, áreas verdes e espaços verdes. ....	31
Figura 6 – Classificação dos espaços verdes, conforme a tipologia do imóvel. ....	32
Figura 7 – Localização do município de Campo Grande em relação ao Estado do Mato Grosso do Sul e ao Brasil .....	39
Figura 8 – Fluxo dos materiais e métodos utilizados neste estudo .....	40
Figura 9 – Localização da área de estudo e os principais elementos, com destaque aos EVUs públicos .....	47
Figura 10 – Precipitação média acumulada mensal (mm/mês) em Campo Grande (MS) para o período de análise de 2012 a 2022 .....	63
Figura 11 – Eventos hidrológicos extremos em 17 de janeiro de 2023 com acumulado de 79 mm em 1 hora.....	63
Figura 12 – Unidades geológicas com os pontos de eventos hidrológicos e os EVUs públicos .....	64
Figura 13 – Grupos hidrológicos com os pontos de eventos hidrológicos e os EVUs públicos.....	65
Figura 14 – Delimitações das áreas de contribuições de cada EVUs públicos, exemplo de duas praças .....	67
Figura 15 – Delimitações das áreas de contribuições de uma praça do Bairro Santo Amaro (ID 50) .....	68
Figura 16 – Delimitações das áreas de contribuições de um trecho do parque linear no Bairro Popular (ID 95) .....	68
Figura 17 – Resultados do Método CN por bairros .....	74
Figura 18 – Resultados do IVA por bairros .....	77
Figura 19 – Resultados do Ind2 por bairros .....	79
Figura 20 – Correlação entre os indicadores selecionados.....	80
Figura 21 – “Scree Plot” dos autovalores .....	82
Figura 22 – Pesos de cada variável com relação a cada componente principal .....	82
Figura 23– Diagrama das cargas fatoriais dos fatores dos componentes principais .....	83
Figura 24 – Aplicação de análise espacial com a pontuação da classificação pela AFCP.....	85

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorias dos serviços ecossistêmicos. ....	28
Quadro 2 – Resumo entre os tipos de EVUs públicos e privados .....	32
Quadro 3 – Indicadores selecionados para avaliar os serviços ecossistêmicos dos EVUs públicos .....	36
Quadro 4 – Dados utilizados nesta pesquisa.....	43
Quadro 5 – Lista de dados de entrada para realização do estudo.....	47
Quadro 6 – Descrição dos dados dos EVUs públicos.....	48
Quadro 7 – Critérios para seleção dos índices do FMEA.....	59
Quadro 8 – Formulário para a elaboração do FMEA.....	59
Quadro 9 – Significado 5W2H da matriz e a relação ao FMEA .....	60
Quadro 10 - Matriz de amarração metodológica da pesquisa.....	61
Quadro 11 – Unidades geológicas conforme a pedologia para definição do grupo hidrológico .....	65
Quadro 12 – Índice de Ocorrência, Severidade e Detecção para o FMEA utilizado no plano de ação .....	91
Quadro 13 - Formulário para a elaboração do FMEA deste plano de ação .....	93

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de CN em função da cobertura e da condição hidrológica de solo (condição II de umidade) .....	53
Tabela 2 – Conversão das curvas CN para as diferentes condições de umidade de solo .....	53
Tabela 3 – Valores de CN escolhidos em função da cobertura e da condição hidrológica de solo (condição II de umidade) .....	67
Tabela 4 – Resultados dos valores de precipitação em Campo Grande (MS), em mm .....	69
Tabela 5 – Resultado da aplicação do método CN para cada EVUs públicos na área de estudo selecionada, em ordem crescente do escoamento superficial (Pe).....	70
Tabela 6 – Resultados obtidos com o método CN para cada cenário.....	72
Tabela 7 – Resultados obtidos para o indicador Método CN por bairros .....	74
Tabela 8 – Resultados do IAV e do Indicador 1 por bairros da área de estudo selecionada ...	75
Tabela 9 – Resultado do Indicador 2 por bairros da área de estudo selecionada .....	77
Tabela 10 – Resultados dos indicadores selecionados aplicados aos 10 bairros de Campo Grande (MS) .....	80
Tabela 11 – Variância total explicada .....	81

Tabela 12 – Cargas fatoriais e comunalidades .....	82
Tabela 13 – Escores fatoriais dos componentes principais 1, 2 e 3 .....	84
Tabela 14 – Scores fatorial do componente principal e a pontuação da classificação dos bairros .....	84

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BGI	<i>Blue-Green Infrastructure</i>
CEMADEM	Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
CN	<i>Curve Number</i> (Número de Curvas)
COMPDEC	Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Eco-DRR	<i>Ecosystem-based Disaster Risk Reduction</i>
EVU	Espaços Verdes Urbanos
FAPEC	Fundação de Apoio à Pesquisa, ao Ensino e à Cultura
GI	<i>Green Infrastructure</i>
Hab.	habitantes
IAV	Índice de Áreas Verdes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IUCN	União Internacional para a Conservação da Natureza
LID	<i>Low Impact Development</i>
LVd	Latossolo Vermelho Distrófico
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPMS	Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul
MS	Mato Grosso do Sul
NAU	Nova Agenda Urbana
NBR	Norma Técnica brasileira

NRCS	<i>Natural Resources Conservation Service</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PLANURB	Agência Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano
PMCG	Prefeitura Municipal de Campo Grande
SbN	Soluções baseadas na natureza
SEMADUR	Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Gestão Urbana
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIG	sistema de informações geográficas
SISEP	Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos
SNIS	Sistema Nacional de Saneamento Básico
SUDS	<i>Sustainable Urban Drainage System</i>
WSUD	<i>Water Sensitive Urban System</i>
SCS	<i>Soil Conservation Service</i>

**LISTA DE SÍMBOLOS**

m <sup>2</sup>	Metros quadrados (unidade de área).
ha	Hectares (unidade de área, 1 hectare = 10.000 m <sup>2</sup> ).
km	Quilômetros (unidade de comprimento).
CN	Número de Curva (parâmetro utilizado em hidrologia).
mm	Milímetros (unidade de medida de precipitação).
%	Porcentagem (unidade de medida de proporção).
km <sup>2</sup>	Quilômetros quadrados (unidade de área).
L/m <sup>2</sup>	Litros por metro quadrado (unidade de medida de volume por área).
P <sub>e</sub>	Escoamento superficial
P	Precipitação
S	Capacidade de retenção

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Objetivos da pesquisa.....	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos .....	16
1.2	Justificativa .....	17
1.3	Resultados esperados.....	19
1.4	Organização da pesquisa .....	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1	Ciclo de água em meio urbano .....	22
2.2	Desenvolvimento Urbano Sustentável .....	23
2.3	Soluções baseada na natureza e seus serviços ecossistêmicos .....	26
2.4	Espaços Verdes Urbanos (EVUs) públicos .....	29
2.5	Indicadores de serviços ecossistêmicos dos EVUs, no controle de águas pluviais .....	33
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	38
3.1	Objeto de estudo .....	38
3.2	Delineamento de Pesquisa .....	39
3.3	Abordagem da Pesquisa .....	40
3.4	Finalidade da pesquisa científica .....	41
3.5	Objetivo da pesquisa científica.....	41
3.6	Procedência dos dados coletados .....	42
3.7	Procedimentos de levantamentos de dados.....	44
3.8	Técnicas de análise de dados.....	48
3.9	Matriz de Amarração .....	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	62
4.1	Dados climáticos de Campo Grande.....	62
4.2	Grupo hidrológico do solo .....	64
4.3	Categorização e determinação do CN dos EVUs públicos.....	66
4.4	Intensidade de chuva e precipitação total .....	69
4.5	Escoamento superficial.....	70
4.6	Aplicação do método CN .....	70
4.7	Aplicação do IAV e indicador 1 - NBR ISO 37.120:2019.....	75
4.8	Aplicação do indicador 2 - NBR ISO 37.123:2021 .....	77

	16
4.9 Análise Fatorial por Componentes Principais (AFCP) .....	80
4.10 Plano de Ação para apoio na tomada de decisão com relação aos EVUs públicos, no controle de águas pluviais .....	89
4.10.1 Objetivo do Plano de Ação .....	90
4.10.2 Justificativa do Plano de Ação .....	90
4.10.3 Ações recomendadas.....	90
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
REFERÊNCIAS .....	101
ANEXOS.....	115

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto atual, a maioria da população mundial vive em cidades (Ring, Damyanovic e Reinwald, 2021). Espera-se que mais 6,7 bilhões de pessoas viverão nas áreas urbanas, até 2050, o que tende a corresponder a 68,4% da população mundial (United Nations, 2019). Diante deste complexo fenômeno social e urbano, as cidades são e continuarão a ser afetadas pelo contínuo crescimento populacional e pelos efeitos negativos derivados das mudanças climáticas (Otto e Jesus-Lopes, 2021; Ring, Damyanovic e Reinwald, 2021).

A literatura especializada explica que o desenvolvimento urbano é uma consequência lógica do processo de urbanização, cada vez mais rápida, com substituição dos ecossistemas naturais, em função do uso complexo do solo urbano, e com a consequente diminuição da quantidade de áreas livres na cidade, que empreendem uma função ecológica (Wikantiyoso e Tutuko, 2013).

Segundo Bacchin (2015), pelo menos desde a segunda metade do século XX, o ritmo e o impacto das forças antropogênicas têm ultrapassado significativamente a natureza, superando a notável capacidade de regeneração dos ecossistemas bióticos, aquáticos e territoriais. A urbanização, o crescimento demográfico, o consumo de recursos e a produção e disposição inadequada de resíduos têm reduzido gradualmente a capacidade de recuperação dos ecossistemas (Bacchin, 2015).

Devido ao rápido processo de urbanização e a expansão contínua das cidades modernas, as autoridades, profissionais ligados aos estudos do planejamento urbano e governos locais enfrentam questões urgentes frente aos crescentes desafios relacionados ao escoamento superficial urbano (Davis e Naumann, 2017; Pochodyła, Glińska-Lewczuk e Jaszczak, 2021) e a gestão de águas pluviais (Stefanakis, 2019). A impermeabilização do solo, por exemplo, alterar o ciclo de água em meio urbano, com o aumento do escoamento superficial e redução da infiltração da água no solo (Pochodyła, Glińska-Lewczuk e Jaszczak, 2021).

Nesta condição, em áreas urbanas densas e com infraestrutura obsoleta, podem causar inundações e alagamentos, após eventos hidrológicos extremos, cientificamente, já reconhecidos como provenientes dos efeitos extremos advindos das mudanças climáticas

(Davis e Naumann, 2017; Liu *et al.*, 2021). Outrossim, as mudanças climáticas aumentaram a frequência e a gravidade desses eventos, tornando os impactos das inundações mais recorrentes nas áreas urbanas (IPCC, 2022).

Assim, a cidade deve possuir um sistema capaz de responder a evento em desenvolvimento e a sua pressão, porém as infraestruturas de hoje são suscetíveis, e podem se tornar rapidamente obsoletas, redistribuídas, reinventadas e sujeitas às forças geopolíticas e econômicas globais (Bacchin, 2015).

As pesquisas de Echendu (2020) e de Pour *et al.* (2020) alertaram que as inundações causadas pelos eventos hidrológicos extremos ameaçam as dimensões da sustentabilidade alocadas nos ambientes urbanos. Estas podem afetar negativamente a economia (necessidade de medidas estruturais e não estruturais), a vida social, a saúde, e o meio ambiente, devido às características locais, que incluem a perda de biodiversidade e poluição ambiental (Echendu, 2020; Pour *et al.*, 2020).

O Relatório *Cities, Settlements and Keys Infrastructure* (IPCC, 2022) alerta que diante das tendências globais de inundação, que estão aumentando em diversas regiões do planeta, elevam-se os riscos para sistemas urbanos vulneráveis. Assim sendo, surge a necessidade de medidas para lidar com os efeitos dos eventos hidrológicos extremos, tais como: gestão de águas pluviais; infraestrutura verde; e sistemas sustentáveis de drenagem urbana (IPCC, 2022).

Frente aos desafios, diga-se, complexos, na busca de promover a coordenação de governanças globais e locais voltadas para as soluções relativamente alcançáveis dos desafios globais, destacam-se os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que fazem parte da Agenda 2030, criadas pelas Organizações das Nações Unidas, em 2015 (ONU, 2015).

A essas iniciativas, soma-se também as instruções dadas pela Nova Agenda Urbana (NAU), uma proposta da UN-HABITANT (2018), que compromete seus signatários a construir cidades capazes de se adaptarem para prever desastres naturais e promover a mitigação e adaptações às mudanças climáticas (Dodman, Hayward e Pelling, 2022).

Assim, as cidades devem equilibrar a crescente expansão urbana, com proteção ao meio ambiente a longo prazo, ao mesmo tempo, em ser inclusiva, culturalmente diversa e economicamente equitativa (Botton *et al.*, 2021; Gonçalves *et al.*, 2021).

Para alcançar os ODS, a gestão de águas pluviais é muito importante para minimizar os impactos dos eventos hidrológicos extremos e promover a resiliência das cidades (IPCC, 2022). Para isso, é importante usar Soluções baseadas na Natureza (SbN) (Kabisch *et al.*, 2017), como as infraestruturas verdes e a criação de espaços permeáveis para a água infiltrar (Velde, 2021).

Neste sentido, a incorporação de ambientes verdes na cidade torna-se fundamental para reduzir os efeitos das mudanças climáticas e minimizar os riscos de eventos hidrológicos (Balikçi, Giezen e Arundel, 2022). De forma complementar, às medidas adaptativas, como a implantação de infraestruturas verdes, podem ajudar a reduzir os riscos de inundações, fornecendo locais para o armazenamento e infiltração de água durante as severas tempestades (Liu *et al.*, 2021; Velde, 2021).

Sob tais perspectivas, o entendimento da oferta de espaços verdes na cidade é considerado tecnicamente uma das medidas de planejamento urbano para o atingimento das premissas do Desenvolvimento Sustentável (Wikantiyoso e Tutuko, 2013). Nos entendimentos de Sotto *et al.* (2019) e Duivenvoorden *et al.* (2021), para alcançar um desenvolvimento urbano sustentável, faz-se necessário, igualmente, distribuir infraestrutura, espaços públicos, bens e serviços urbanos de forma justa e equitativa.

Diante de tais evidências, nos ambientes urbanos, faz-se necessário adotar estratégias urgentes de gestão públicas, que considerem a natureza e a infraestrutura urbana integradamente para lidar com os desafios do escoamento urbano superficial (Dias e Lima, 2021; Velde, 2021), que garantam a proteção contra inundações e a preservação dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela natureza (Yu, Zhao e Fu, 2019).

Como uma estratégia que considera a natureza, apontam-se os espaços verdes urbanos (EVUs) que englobam uma diversidade de áreas permeáveis em contextos urbanos, abrangendo desde parques, praças, campos esportivos e margens de rios até ruas arborizadas, jardins comunitários e áreas de conservação da natureza (Moraes, Zacharias e Rodrigues, 2020). Além disso, os EVUs podem ser de origem natural ou não, combinando elementos vegetais (árvores, arbustos, herbáceas e forração) com áreas impermeáveis e, até mesmo, integrando elementos aquáticos, como lagos, rios e córregos (Hijioka *et al.*, 2007).

No entendimento de Chang *et al.* (2018), os EVUs produzem benefícios de moderação do clima até melhoria na saúde humana e o bem-estar social, especialmente, no que diz

respeito à capacidade de mitigar o escoamento superficial de chuvas e as inundações (Nowak, 2018), contribuem para um ambiente urbano mais saudável, sustentável e agradável (Raymond *et al.*, 2017). Ainda, estes desempenham um papel crucial na retenção de águas pluviais, reduzindo o escoamento superficial e auxiliando no controle de enchentes e na melhoria da qualidade da água (IPCC, 2022).

Sendo assim, os EVUs são fundamentais para cidades que se colocam como sustentáveis (Prescott *et al.*, 2021), proporcionando serviços ecossistêmicos fundamentais para o bem-estar e a preservação ambiental e vital para o planejamento urbano e a gestão de EVUs (Dias e Lima, 2021; Velde, 2021). Diante dos eventos extremos provocados pelas mudanças climáticas, os processos de urbanização têm se tornado um desafio para manter e, quando possível, ampliar os espaços verdes e abertos, bem como outras infraestruturas verdes urbanas (Ring, Damyanovic e Reinwald, 2021; Vida e Jesus-Lopes, 2020).

Manter as cidades funcionando de maneira mais sustentável e integrada, é considerada pela literatura, como um dos complexos desafios do século XXI (Botton *et al.*, 2021; Bouskela *et al.*, 2016) para tomadores de decisão na gestão pública voltada ao planejamento do ambiente urbano (Csomós *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2020).

Para enfrentar os desafios relacionados às mudanças climáticas, os planejadores e os gestores municipais têm a sua disposição, ferramentas técnicas que auxiliem no acompanhamento, monitoramento e que sirvam de base às complexas tomadas de decisões nas ações de planejamento urbano, tais como os indicadores urbanos (Oliveira *et al.*, 2021).

Ademais, essas ferramentas técnicas são importantes para acompanhar o progresso e quantificar o sucesso de implementações de políticas públicas (Mansur *et al.*, 2022). Essas ferramentas têm sido usadas, ultimamente, pelos gestores públicos, no monitoramento das ações e incrementalmente no controle das obras públicas (Santos, 2022).

A luz desse entendimento, isso implica-se na necessidade de repensar o planejamento urbano, considerando a integração entre infraestruturas verdes e ações de gestão de águas pluviais, para enfrentar os desafios complexos relacionados ao escoamento urbano superficial e aos severos impactos já conhecidos pela ciência, como derivadas das mudanças climáticas (Dias e Lima, 2021; Velde, 2021).

Campo Grande (MS), capital do Mato Grosso do Sul, está em processo de urbanização e adensamento, ao possuir uma taxa de urbanização de 98,66% (PLANURB, 2022), e que vivência os efeitos das mudanças climáticas, especialmente os relacionados aos eventos hidrológicos extremos no ambiente urbano (SISEP, 2019).

Segundo o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS, 2022), 27,18% dos domicílios totais da capital do Estado encontram-se em situação de risco de inundação em 2021, tendo um aumento de 375% na quantidade de imóveis afetados na comparação entre os anos de 2020 e 2021. Em 2020, foram registrados 40 eventos de alagamentos, segundo dados coletados do Diagnóstico de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (SNIS, 2022).

Sob tais evidências, faz com que os gestores públicos e demais atores envolvidos busquem por ferramentas técnicas alternativas para acompanhar, verificar, monitorar e avaliar os efeitos de manter e ampliar os EVUs públicos, no controle de águas pluviais, e potencializar o serviço ecossistêmico de regulação gerado nesses espaços urbanos.

Desta forma, considerando o contexto de problemática do ambiente urbano, esta pesquisa se propõe responder ao seguinte questionamento: Qual é a eficiência no serviço ecossistêmico de regulação, fornecidos pelos espaços verdes urbanos públicos, em Campo Grande (MS), no controle de águas pluviais?

## **1.1 Objetivos da pesquisa**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Avaliar a eficiência no serviço ecossistêmico de regulação, fornecidos pelos espaços verdes urbanos públicos, na cidade de Campo Grande (MS), no controle de águas pluviais.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- a) Identificar o(s) indicador(es), que avaliem os serviços ecossistemas dos espaços verdes urbanos públicos, no controle de águas pluviais;
- b) Aplicar o(s) indicador(es) de serviços ecossistêmicos nos espaços verdes urbanos públicos, no controle de águas pluviais, na cidade de Campo Grande (MS);

- c) Avaliar, espacialmente, o indicador aplicado nos espaços verdes urbanos públicos, na cidade de Campo Grande (MS);
- d) Apresentar um Plano de Ação, que auxilie os gestores públicos na tomada de decisões, com uso de ferramenta de avaliação dos espaços verdes urbanos públicos, visando o controle de águas pluviais.

## 1.2 Justificativa

Esta pesquisa se propõe a dar continuidade ao estudo de Vida (2020), que abordou a questão das cidades sustentáveis e inteligentes e seus indicadores, com base nas normas brasileiras, até então recentemente publicadas, para a cidade de Campo Grande (MS), comparando com as cidades de Londres (Reino Unido) e São Caetano do Sul (SP).

Da mesma forma, com a pesquisa de Oliveira (2021), que apresentou os resultados comparativos entre os bairros da cidade de Campo Grande (MS), para indicadores de cidades sustentáveis e inteligentes, como: uso misto do solo; áreas verdes urbanas; estruturas cicloviária; e acesso ao serviço de transporte públicos coletivos.

A pesquisa de Duarte (2023) avaliou da infraestrutura cicloviária de Campo Grande (MS) como uma solução de mobilidade sustentável e inteligente, destacando pontos fortes e propondo melhorias para aumentar a segurança e a eficiência da rede cicloviária, alinhando-a com os objetivos de Cidades Inteligentes e Sustentáveis. Todos os estudos estão alinhados com o ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis.

Esta pesquisa, além da continuidade na avaliação de cidades sustentáveis e integrada, se propõe a pensar em cidades mais sustentáveis e resilientes a desastres ou a eventos incomuns (ODS 11), mas também alinhada ao ODS 13: Ações contra a mudança global do Clima, e de forma indireta com as metas relacionadas a manutenção dos espaços verdes urbanos e manejo de águas pluviais de outros ODS 3; 6; 7, 15 e 17.

Diante dos instrumentos legais brasileiros, tem de se propor modelos de construções de ambientes urbanos e resilientes, como: a Política Urbana (arts. 182 e 183) da Constituição Federal (CF, Brasil, 1988); o Estatuto da Cidade (Lei n. 10.257, Brasil, 2001); a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal n. 6.938, Brasil, 1981); o Código Florestal (Lei Federal n. 12.651,

Brasil, 2012) e a Lei do Saneamento Básico (Lei n. 11.445/2007 de 5 de janeiro, alterada pela Lei n. 14.026/2020, Brasil, 2007)

Esses instrumentos legais estimulam criar áreas verdes, consideram as áreas de várzeas de inundação e incentivam o manejo adequado das águas pluviais, que incluem a detenção ou retenção de águas pluviais, potencializando assim a elevar a cidade de Campo Grande (MS) à condição de uma cidade sustentável.

Destaca-se o Programa Cidades + Verdes (Portaria MMA n. 504/2020), que se alinham aos instrumentos mencionados, promovendo a introdução de verdes em áreas urbanas e uma abordagem mais eficaz ao manejo de águas pluviais, face aos desafios dos gestores públicos no enfrentamento dos eventos de chuvas extremas, com alagamentos, inundações e enchentes provenientes das mudanças climáticas, cujos efeitos adversos têm sido vivenciados pela população de Campo Grande (MS).

Esses instrumentos, quando combinados de forma eficiente, eficaz e com efetividade, contribuem para criação de ambientes urbanos mais resilientes, visando mitigar os efeitos dos alagamentos, enchentes e inundações decorrentes das mudanças climáticas, ao mesmo tempo que promovem a qualidade de vida dos cidadãos. Além disso, estão alinhados diretamente com o cumprimento dos ODS 11 e 13, que representam políticas públicas locais para enfrentar desafios globais locais.

Desta forma, por parte dos profissionais, gestores, geógrafos, arquitetos, urbanistas e dos tomadores de decisão na gestão pública voltada ao planejamento urbano (Csomós *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2020), os indicadores urbanos são ferramentas que auxiliem no seu acompanhamento e monitoramento (Oliveira *et al.*, 2021).

Os atores envolvidos de Campo Grande (MS) também precisam de ferramentas técnicas importantes para acompanhar o progresso e quantificar o sucesso de implementações de políticas públicas (Mansur *et al.*, 2022). Tanto quanto de acompanhar a eficiência dos serviços ecossistêmicas fornecidos pelos EVUs públicos, visando mantê-los ou ampliá-los para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

De acordo com Balikçi, Giezen e Arundel (2022), a importância do desenvolvimento sustentável é destacada tanto pela adoção de cidades caracterizadas pelo desenvolvimento de alta densidade e pelo uso misto do solo quanto pela preservação de EVUs, uma vez que

essas aproximações enfatizam a oferta de serviços ecossistêmicos garantidos, como recreação ao ar livre, purificação do ar, biodiversidade, resfriamento, armazenamento de carbono, infiltração de água e redução de ruído, frequentemente deficientes em áreas urbanas.

### **1.3 Resultados esperados**

Os resultados esperados são de verificar se os EVUs públicos existentes na área urbana de Campo Grande (MS) são suficientes para mitigar escoamento superficial das águas pluviais ou, ainda, sugerir qual é a quantidade necessária EVUs públicos que contribui para uma cidade mais sustentável e resiliente.

Além de permitir a reflexão sobre o tema do planejamento urbano, na área acadêmica, visando ambientes urbanos mais sustentáveis e resilientes, com espaços verdes saudáveis e ecologicamente equilibrados. Também fazer recomendações aos formuladores de políticas para aumentar a resiliência local as inundações usando investimentos em infraestrutura verde, tais como EVUs públicos.

E que o indicador, identificado e aplicado, indique a capacidade de infiltração do solo e retenção da água pluvial, sugerindo qual a eficiência dos espaços verdes urbanos públicos, no controle de águas pluviais, com a redução do escoamento superficial.

As conclusões desta pesquisa podem ser úteis para planejadores, gestores públicos, partes interessadas e pesquisadores interessados no assunto para tomar decisões com as respostas sobre a capacidade dos EVUs, no controle de águas pluviais, para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

### **1.4 Organização da pesquisa**

Para alcançar os objetivos declarados deste projeto de pesquisa, o corpo textual inicia com esta parte introdutória, que apresentou a contextualização e problemática central da pesquisa, os objetivos, geral e específicos, bem como a estrutura da pesquisa. No capítulo 2 será apresentada a fundamentação teórica sobre as abordagens conceituais sobre ciclo da água no meio urbano; desenvolvimento urbano sustentável; soluções baseadas na natureza e seus serviços ecossistêmicos; EVUs públicos; e os indicadores de serviços ecossistêmicos dos EVUs, no controle de águas pluviais.

No capítulo seguinte, serão explicados os procedimentos metodológicos a serem adotados para obtenção das informações para a pesquisa, como compreender e responder à problemática e alcançar os objetivos anunciados da pesquisa. O capítulo 4 expõe os resultados e discussões que buscam responder à questão anunciada e atender os objetivos declarados. Já o capítulo 5 apresenta as considerações finais da presente pesquisa. Por fim, são apresentadas as referências utilizadas, que poderão permitir o fiel alcance do objetivo declarado e o anexo com os resultados obtidos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são abordados os tópicos relevantes para fundamentar os resultados, com a apresentação das discussões teóricas e conceituais relacionadas à eficiência dos serviços ecossistêmicos, fornecidos pelos EVUs públicos, no controle de águas pluviais, utilizando-se de indicadores.

Desta forma, fornece uma base teórica sólida para compreender os conceitos-chave relacionados ao objetivo geral da pesquisa, como: 2.1) ciclo da água em meio urbano; 2.2) desenvolvimento urbano sustentável; 2.3) soluções baseadas na natureza e seus serviços ecossistêmicos; 2.4) espaços verdes urbanos públicos; e 2.5) indicadores de serviços ecossistêmicos dos EVUs, no controle de águas pluviais. Esses conhecimentos serão fundamentais para avaliação da eficiência dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos espaços verdes urbanos públicos, no controle de águas pluviais.

Inicialmente, trata-se da abordagem conceitual do ciclo de água em meio urbano diante do processo de urbanização, que inclui os desafios associados ao escoamento de águas pluviais nas áreas urbanas, bem como as consequências dos fenômenos, como alagamentos, enchentes e inundações.

O desenvolvimento urbano sustentável é uma meta fundamental para abordar os desafios do ciclo da água em ambiente urbano. Neste subcapítulo são examinados os princípios do desenvolvimento urbano sustentável, destacando a importância da integração de sistemas verdes nas áreas urbanas.

Assim, um conceito essencial para o desenvolvimento urbano sustentável e para o enfrentamento dos desafios do ciclo de água é as soluções baseadas na natureza (SbN). No subcapítulo 2.3 aborda o que são as SbN e como essas podem ser aplicadas para minimizar os impactos dos eventos de chuva, promover a resiliência das cidades, bem como sobre os serviços ecossistêmicos que as SbN proporcionam.

Ainda, nesta pesquisa, os espaços verdes urbanos (EVUs) são elementos-chave das SbN. No subcapítulo 2.4 explora, com detalhe, o papel dos EVUs na gestão de águas pluviais urbanos. Além de analisar os diferentes tipos de EVUs, desde praças até áreas de conservação

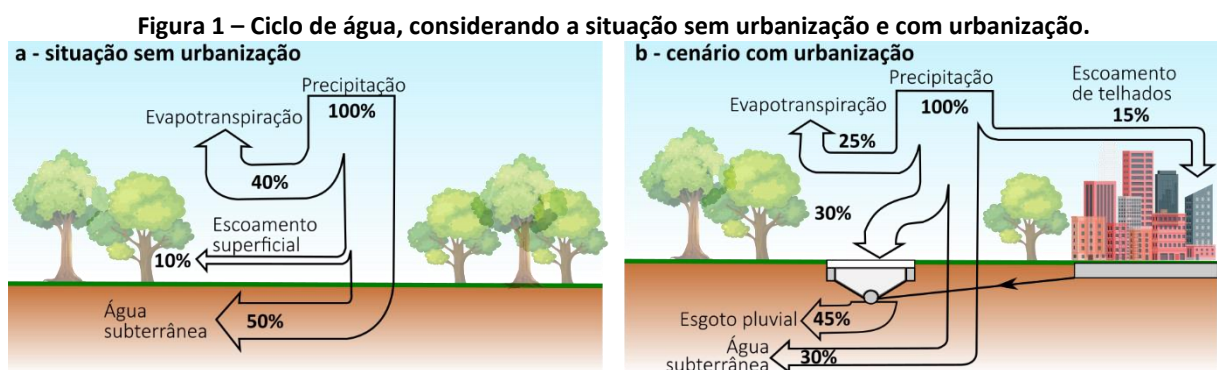
da natureza, como eles interferem na retenção de águas pluviais, o que, conseqüentemente, diminui o escoamento superficial e melhora a qualidade da água.

E por fim, para avaliar a eficiência dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos EVUs, é essencial identificar os indicadores adequados. O último subcapítulo trata da importância dos indicadores na medição e avaliação dos benefícios dos EVUs e explora os indicadores relevantes, que podem ser utilizados para quantificar as contribuições dos EVUs, no controle de águas pluviais.

## 2.1 Ciclo de água em meio urbano

No processo de urbanização ocorre a diminuição da cobertura vegetal natural e o aumento das áreas impermeáveis, uma decisão técnica-instrumental da área da construção civil, que impedem a infiltração das águas pluviais no solo e, conseqüentemente, permitem a ocorrência de alagamentos após os eventos de chuva (Liu *et al.*, 2021). Ao aumentar as áreas impermeáveis, tal técnica da área civil provoca uma mudança no balanço hídrico, ou seja, no ciclo de água urbano (Pochodyła, Glińska-Lewczuk e Jaszczak, 2021).

É importante esclarecer que, existe uma diferença entre o ciclo de água natural (convencional) e o urbano, conforme pode ser observado na Figura 1. De acordo com Nobrega, Andrade e Lemos (2019), o ciclo de água urbano é mais complexo, por estar além da evaporação e da precipitação, que abastecem os rios e as águas subterrâneas. Para exemplificar esta mudança, a Figura 1 apresenta as alterações do uso do solo devido ao processo de urbanização e seus efeitos no ciclo de água.



Fonte: A partir de Tucci (2005, p. 89) e Pochodyła, Glińska-Lewczuk e Jaszczak (2021).

Todas as intervenções antrópicas alteram o ciclo de água, tornando uma cadeia hídrica complexa com diversas variáveis (Nobrega, Andrade e Lemos, 2019). Quando o solo é impermeabilizado, a água que infiltrava no solo, escoava pelos condutos, aumentando o escoamento superficial (Tucci, 2005). Além disso, o acelerado processo de urbanização impacta a fragilidade ecológica da paisagem das cidades brasileiras, sofrendo com ondas de calor, secas, inundações, deslizamentos de terra e perda de ecossistemas-biodiversidades (Bacchin, 2015).

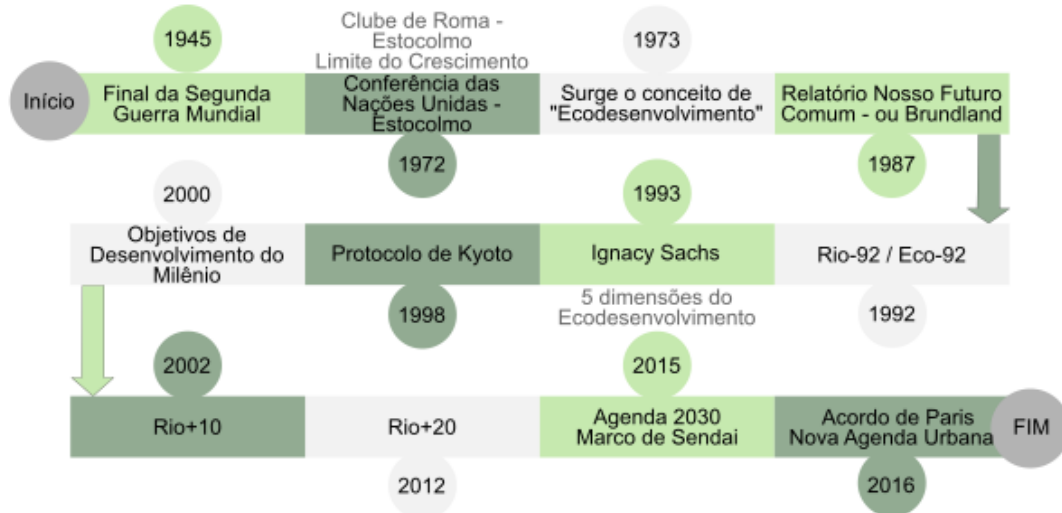
As autoridades e governos locais enfrentam questões urgentes, frente aos desafios crescentes devido às ocorrências cada vez mais frequentes e intensas dos eventos de chuva, e que se relacionam ao escoamento superficial urbano e a gestão de água pluviais, resultando em incidentes de inundação em áreas urbanas (Stefanakis, 2019). Assim, aumentar a resiliência de uma área contra desastre de alagamentos pluviais, tornou-se um fator de urgência para o desenvolvimento e construção de áreas urbanas mais sustentáveis (Liu *et al.*, 2021) O conceito de resiliência como a capacidade que emerge de um conjunto combinado de capacidades do sistema para manter ou melhorar o funcionamento do sistema (Bacchin, 2015).

## **2.2 Desenvolvimento Urbano Sustentável**

O amplo processo de desenvolvimento econômico e social, no período pós-Segunda Guerra Mundial, junto com o processo de urbanização, impulsionaram as preocupações com relação aos limites dos recursos naturais, e a noção de sustentabilidade começa a ser traçada (Vargas, Aranda e Radomsky, 2016).

A ampliação desse processo de nível local para o global, fez com que os países buscassem promover as coordenações de governança globais, voltadas para as soluções relativamente alcançáveis para problemas perversos e complexos (Santos, Azevedo e Malafaia, 2022). Desde a Conferência de Estocolmo de 1972, as temáticas socioambientais, de desenvolvimento sustentável e de mudanças climáticas têm marcadas a agenda internacional (Figura 2).

**Figura 2 – Principais eventos internacionais relacionados com as temáticas socioambientais, de desenvolvimento sustentável e de mudanças climáticas.**



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

A Figura 2 demonstra que, a partir da década de 1980, as políticas públicas para o desenvolvimento regional desenvolveram argumentos construtivos baseados nas dimensões sociais, econômicas e ambientais estabelecidas na Agenda 2030 (Dal Moro *et al.*, 2022), também conhecida como Agenda Global, elaborada pelas Organizações das Nações Unidas, em 2015 (ONU, 2015), com os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), compostos por 169 metas. Esta ainda tem metas que combina a tríade de crescimento econômico, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade ambiental de forma equilibrada (Ruediger *et al.*, 2018). Além de estabelecer metas ambientais, estas são cruciais na elaboração de políticas públicas sustentáveis (Almeida, Fernandes e Guaraldo, 2023).

De acordo com Nascimento Neiva *et al.* (2022), os ODS se concentram nas demandas globais e territoriais em relação às mitigações e adaptações às mudanças climáticas, em tornar as cidades mais resilientes e sustentáveis e melhorando a gestão da água.

Diante das questões relacionadas às mudanças climáticas, destaca-se o Marco de Sendai para a Redução de Riscos de Desastres (UNISDR, 2015), o qual é uma das iniciativas cujo objetivo é fortalecer abordagens que minimizem as consequências advindas desses eventos, bem como medidas que se concentram na adaptação às mudanças climáticas e na robustez das comunidades (Kneodler *et al.*, 2022). Essas providências estão alinhadas os ODS 11º e 13º, da Agenda 2030 (ONU, 2015), por exemplo. Além do alinhamento, de forma indireta, com as metas relacionadas a manutenção dos espaços verdes urbanos e manejo de águas pluviais de outros ODS 3; 6; 7, 15 e 17.

Dentre os objetivos, destaca-se os que se propõe a pensar em cidades mais sustentáveis, inclusivas e resilientes (ODS 11) melhorando a qualidade de vida urbana e reduzindo impactos negativos no meio ambiente, e em ação global urgente para combater as mudanças climáticas e seus efeitos (ODS 13), visando limitar o aquecimento global e fortalecer a resiliência das sociedades (ONU, 2015). Esses apontam as perspectivas para o ambiente urbano, considerando o acesso ao verde na prevenção de eventos de chuvas extremas e mudanças climáticas no planejamento urbano sustentável (Dias e Lima, 2021).

Complementarmente, ainda se alinha com ODS 3 com a promoção da saúde física e mental da população, bem como reduz o risco de enchentes e minimizando doenças relacionadas à água. Mas também com o ODS 6, por meio da gestão sustentável das águas pluviais nos espaços verdes contribui para prevenir a poluição da água, protegendo os recursos hídricos.

Com o ODS 7, os EVUs podem incluir práticas sustentáveis de gestão de águas pluviais, que contribui para conservação da água. No ODS 15, contribuem para a preservação e o desenvolvimento de espaços verdes urbanos promovendo a biodiversidade e a conservação da vida terrestres. Importante complementar com a ODS 17, que para uma boa governança urbana são necessários aspectos legais e jurídicos para desenvolver as capacidades das instituições, a fim de implementar corretamente os projetos eficazes relacionados com os EVUs e o manejo de águas pluviais.

Cita-se também a Nova Agenda Urbana (NAU), que foi adotada na Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável (Habitat-III) (ONU-Habitat, 2017), com foco em habitação e desenvolvimento urbano sustentável. Esta agenda compromete seus signatários a construir cidades capazes de se adaptarem para prevenir desastres naturais e promover a mitigação e adaptação às mudanças climáticas (IPCC, 2022).

Nesta perspectiva, a inclusão da oferta de espaços verdes na cidade tem sido reconhecida como uma das estratégias de planejamento urbano para promover o desenvolvimento sustentável (Wikantiyoso e Tutuko, 2013). O desenvolvimento urbano é uma consequência lógica do processo de urbanização com substituição, cada vez mais rápida dos ecossistemas naturais, em função do complexo uso do solo urbano, e com a consequente diminuição da quantidade de áreas livres na cidade, empreendem uma função ecológica (Wikantiyoso e Tutuko, 2013).

Reconhecidos planejadores urbanos, como Howard (1898), Olmsted (Bonzi, 2015) e McHarg (1969), enfatizaram a importância dos espaços verdes, com argumento que esses podem ajudar a resolver os problemas físicos e sociais da sociedade (Park *et al.*, 2020). Tal corrente científica torna o uso de EVUs, um mecanismo importante para profissionais, como gestores, geógrafos, arquitetos, urbanistas e para os tomadores de decisão na gestão pública voltada para o planejamento urbano mais sustentável (Csomós *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021).

### **2.3 Soluções baseada na natureza e seus serviços ecossistêmicos**

As Soluções baseadas na Natureza (SbN) têm se destacado nas discussões sobre adaptações às mudanças climáticas, dos serviços ecossistêmicos e das infraestruturas verdes (IPCC, 2022; Kabisch *et al.*, 2017). A Comissão Europeia (*European Commission – EC*) (EC, 2015, p. 5) define as SbN como “ações inspiradas, apoiadas ou copiadas da natureza”, visando “enfrentar uma variedade de desafios ambientais, sociais e econômicos de forma sustentável”.

De forma complementar, a *Internacional Union for Conservation of Nature* (IUCN, 2016, p. 2) descreve as SbN como “ações para proteger, gerir de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados que abordem desafios sociais de forma eficaz e adaptativa, proporcionando simultaneamente bem-estar humano e benefícios para biodiversidade”.

No contexto brasileiro, a adoção do termo SbN em instrumentos legais, como a Portaria n. 504 de 2020, do Ministério do Meio Ambiente – MMA (BRASIL, 2020), destaca-se sua crescente relevância em medidas voltadas à proteção e à preservação dos recursos naturais, bens naturais públicos à luz dos desafios do 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Dentre os objetivos da citada Portaria, tem-se a criação, ampliação, recuperação e integração de áreas verdes urbanas nos ambientes urbanos, bem como o aprimoramento da gestão urbana, por meio de ferramentas técnicas-operacionais de mapeamento e monitoramento das áreas verdes urbanas.

De acordo com os estudos de Ruangpan *et al.* (2020), ao longo da história, diversas terminologias foram utilizadas para descrever abordagens semelhantes (Figura 3), tais como: *Sustainable Urban Drainage System* (SUDS), *Low Impact Development* (LID), *Water Sensitive Urban System* (WSUD), *Green Infrastructure* (GI) e *Blue-Green Infrastructure* (BGI) (Ruangpan *et al.*, 2020).

Essas abordagens inovadoras, baseadas em processos naturais, abrangem desafios como o gerenciamento de águas pluviais, e sua incorporação no cotidiano dos tomados de decisão é fundamental no desenho de políticas públicas (Davis e Naumann, 2017; Ruangpan *et al.*, 2020).

**Figura 3 – Evolução da terminologia SbN na literatura científica ao longo do tempo**

1977	1980	1994	1995	2001	2008	2013	2015
LID	BMP	WSUD	GI	SUDS	NbS	BGI	Sponge City
Low Impact Development	Best Management Practices	Water Sensitive Urban Design	Green Infrastructure	Sustainable Urban Drainage System	Nature-based Solution	Blue-Green Infrastructure	-

Fonte: Adaptado de Ruangpan *et al.* (2020) e de Huang *et al.* (2020).

A integração entre SbN e conceitos como *Green Infrastructure* (GI), *Blue-Green Infrastructure* (BGI), *Ecosystem-based Adaptation* (EbA) e *Ecosystem-based Disaster Risk Reduction* (Eco-DRR) promovem abordagens holísticas para melhorar a capacidade adaptativa e a qualidade ambiental (Eisenberg e Polcher, 2019).

Exemplos práticos de cidade que incorpora os conceitos de desenvolvimento urbano e natureza são as cidades esponjas, que se baseiam na capacidade de armazenagem de água em ecossistemas para lidar com alagamentos urbanos, melhorar a qualidade da água e proteger o meio ambiente (Dias e Lima, 2021; Huang *et al.*, 2020).

O conceito de esponja surgiu com o estudo de Kongjian e Dong (2001), no qual descrevem o fluxo da água, em termos de escoamento superficial, e discutem a capacidade de armazenamento das águas da chuva em áreas baixas, formando as zonas úmidas.

As cidades esponjas permitem uma resposta mais eficiente aos alagamentos urbanos, além de resolver importantes desafios hídricos e ecológicos, como o efeito de ilhas de calor urbana, a poluição da água e os odores (Zhao *et al.*, 2022).

Outro exemplo, é o ressurgimento do modelo de Cidade Jardim, a partir de 2014, tanto em termos teórico quanto prático, em novos projetos de cidade jardim e subúrbios do Reino Unido (Napawan, Simpson e Snyder, 2017).

Ainda, outra abordagem com relação as cidades verdes, que de acordo com o que se vê, na literatura, especialistas sugerem que esse modelo alternativo de construção de cidade possa se acompanhado, por instrumentos técnico-científicos, medidos e mensurados, por indicadores, para que as cidades possam ser certificadas, com vertentes às dimensões da sustentabilidade.

As SbN, constituídas ou ajustadas em áreas urbanas, favorecem a retenção, infiltração e filtragem de águas pluviais, contribuindo para a mitigação de inundações e melhoria da qualidade da água (Ferreira *et al.*, 2021). A infraestrutura verde urbana, essencial para implementar SbN, integra espaços verdes nas áreas urbanas para fornecer serviços ecossistêmicos, controle de enchentes e adaptação às mudanças climáticas (Ferreira *et al.*, 2021; Velde, 2021).

Na literatura sobre os serviços ecossistêmicos, é comum encontrar concordância quanto à categorização desses serviços em grupos que descrevem suas funções e benefícios. A *Millennium Ecosystem Assessment* (tradução própria: Avaliação Ecológica do Milênio; 2005) categoriza os serviços ecossistêmicos em quatro grupos. São elas: 1) regulação; 2) provisão; 3) suporte; e 4) cultural (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) (Quadro 1), destaca-se a importância desses serviços na promoção de cidades saudáveis e resilientes.

**Quadro 1 – Categorias dos serviços ecossistêmicos.**

<b>Categoria de serviço</b>	<b>Descrição</b>
Provisão	Serviços que fornecem recursos diretamente, como: alimentos, águas, madeira para combustível, bioquímico e recursos genéticos.
Regulação	Serviços que controlam processos naturais, como: regulação climática, de danos ambientais, regulação e purificação da água e ar.
Suporte	Serviços que sustentam a produção de outros serviços, incluindo: formação do solo, ciclos de nutrientes e biodiversidade.
Cultural	Serviços que proporcionam benefícios culturais e recreativos, como: ecoturismo e recreação, espiritual e religioso, estético e inspiração, educacional, senso de localização e cultural.

Fonte: A partir de Lima, Veról e Miguez (2021) e Millennium Ecosystem Assessment (2005).

Conforme o Quadro 1, os serviços de provisão são compostos por recursos tangíveis como alimentos e água, enquanto os serviços de regulação são compostos por funções como

qualidade do ar, controle de enchentes e doenças. Os serviços de suporte mantêm a biodiversidade, já os serviços culturais oferecem benefícios não materiais, tais como recreação, estética e bem-estar espiritual e psicológico.

Assim, destaca-se que os serviços ecossistêmicos de regulação estão relacionados com os EVUs, abrangendo os benefícios resultantes da habilidade dos ecossistemas de condições ambientais e processos regulares, oferecendo purificação do ar, regulação do microclima, mitigação do ruído e controle do escoamento superficial, desempenhando um papel crucial na promoção de cidades saudáveis, habitáveis e resilientes (Kabisch *et al.*, 2017).

Além disso, os outros serviços ecossistêmicos relacionados aos espaços verdes (vegetação e solo) incluem o armazenamento de carbono no solo e na vegetação, bem como oportunidades para serviços culturais e provisão de habitat para flora e fauna (Holt *et al.*, 2015).

A avaliação sistêmica dos serviços ecossistêmicos urbanos pode quantificar a regulação de águas pluviais por meio de indicadores, tais como: a) o potencial de retenção de água; b) os volumes de inundação; ou ainda c) a redução na duração de enchentes (Veerkamp *et al.*, 2021). Li *et al.* (2020) colocam que os EVUs podem fornecer serviços ecossistêmicos de regulação de inundações, que englobam a retenção de águas pluviais e a redução do escoamento superficial.

#### **2.4 Espaços Verdes Urbanos (EVUs) públicos**

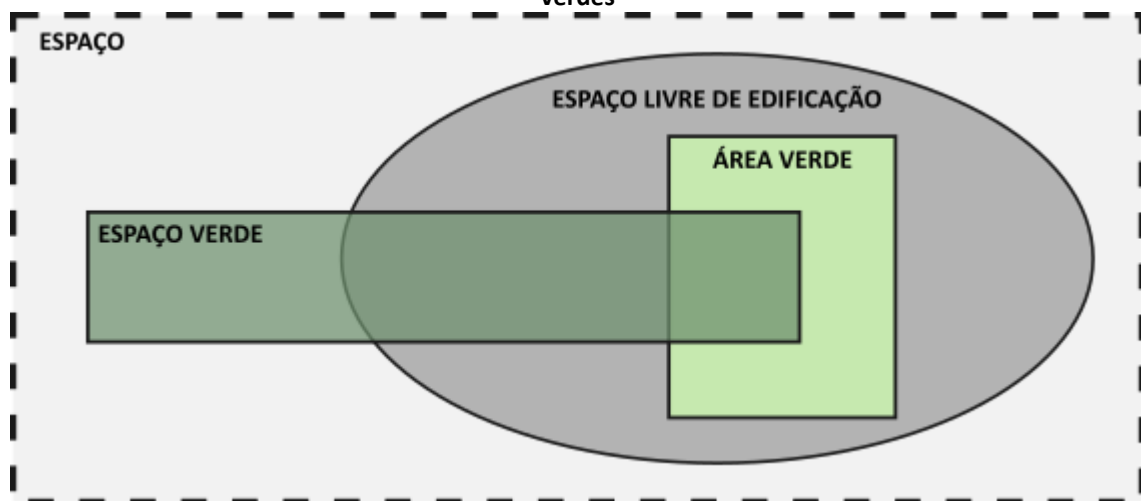
Os espaços verdes urbanos (EVUs) desempenham um papel crucial na regulação de águas pluviais, oferecendo benefícios como purificação do ar, regulação do microclima e controle do escoamento superficial (Kabisch *et al.*, 2017). Além disso, são elementos frequentemente abordados em diversos estudos, sendo foco de pesquisa que empregam métodos de avaliação dos serviços ecossistêmicos para elucidar sua importância e contribuição no ambiente urbano (Liu e Russo, 2021).

Entretanto, a diversidade de nomenclaturas atribuídos aos EVUs, como áreas verdes, espaços livres, arborização urbana, verde urbano e cobertura vegetal, destaca a necessidade de uma abordagem conceitual clara (Martins, Ramos e Jesus, 2021). Essa variedade de terminológica dificulta as análises e comparações entre as pesquisas, prejudicando o avanço

do conhecimento no campo. Além disso, a escala de aplicação da pesquisa – seja no nível municipal, urbano ou de vizinhança/bairro – também contribui para essa complexidade.

O trabalho de Hijioka *et al.* (2007) apresentou a definição para os conceitos de espaços, espaços livres de edificação, áreas verdes e espaços verdes. A estrutura espacial da cidade é composta por duas categorias de subespaço: 1) os espaços edificados; e 2) os espaços livres de edificação. Assim, a Figura 4 apresenta como os diferentes termos se relacionam.

**Figura 4 – Relação entre os espaços e seus componentes: espaços livres de edificação, áreas verdes e espaços verdes**



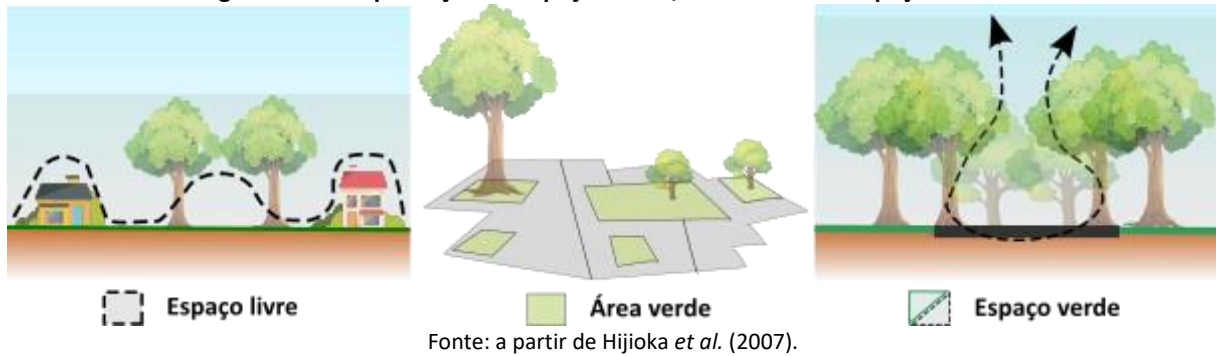
Fonte: A partir de Hijioka *et al.* (2007).

Os espaços livres, definidos pelos autores supramencionados, são definidos como espaços livres de edificação, permeáveis ou não, não contido em um invólucro. Podem ser com vegetação (verde), áridos, alagados, e assim por diante (Hijioka *et al.*, 2007). Os espaços livres estão normalmente associados às áreas verdes das cidades e dos jardins urbanos.

Ainda, os espaços livres podem incluir parques, praças, largos, áreas de acampamento, margens de rios, rotatórias, pequenos jardins, cemitérios, quintais de casas (Moraes, Zacharias e Rodrigues, 2020), bem como ruas, pátios, calçadas e terrenos (Hijioka *et al.*, 2007).

As áreas verdes são todas, e quaisquer áreas, que contenham vegetação situada em solo permeável (Hijioka *et al.*, 2007). Estas são uma modalidade de espaços livres que traz a noção de permeabilidade, ou seja, todas áreas verdes são um espaço livre, mas a recíproca não é verdadeira (Moraes, Zacharias e Rodrigues, 2020). Diante disso, o termo áreas verdes se difere dos espaços verdes (Figura 5).

Figura 5 – Exemplificação de espaços livres, áreas verdes e espaços verdes.

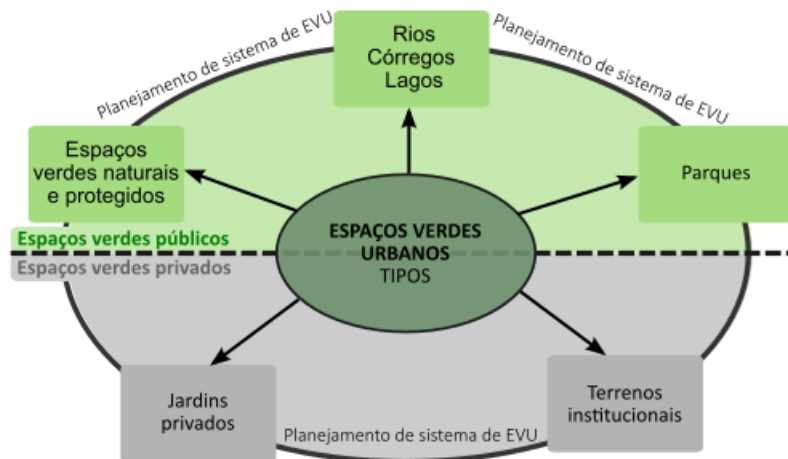


Já os espaços verdes são estruturados, total e predominantemente, cobertos por vegetação, e não necessariamente tem solo permeável, a exemplo de uma rua arborizada (Hijioka *et al.*, 2007). Ainda, inclui a terra coberta por vegetação, com mistura de grama, arbustos e árvores (Pang *et al.*, 2022). Também compreendem uma variedade de espaços vegetados, naturais e seminaturais, desde varandas com vegetação até florestas (Iraegui, Augusto e Cabral, 2020).

De acordo com Anguluri e Narayanan (2017), os EVUs não se limitam às áreas verdes e à arborização, mas também às áreas azuis, como as zonas ribeirinhas e lagos, que permitem o crescimento das espécies vegetais. Além disso, os EVUs são porções de terra em áreas urbanas, que podem ser parciais ou totalmente cobertas por vegetação, nas quais são permitidos elementos e estruturas verdes, sejam eles existentes ou planejados, para todos os tipos de espaços urbanos, sem distinção de suas propriedades, uso atual ou funcionalidade (Raymond *et al.*, 2017).

A esse respeito Cemil e Gkyer (2012) explicam muito bem que a classificação dos EVUs, em áreas verdes públicas e privadas, fornece uma compreensão mais abrangente desses espaços na paisagem urbana, conforme ilustra a Figura 6. Interessante, aqui também destacar, é que espaços verdes consideram além das áreas de gramados, as vegetações arbustivas e arbóreas.

Figura 6 – Classificação dos espaços verdes, conforme a tipologia do imóvel.



Nota: Parques ainda incluem praças, trilhas urbanas e até ruas com boa vegetação.

Fonte: Adaptado, a partir de Cemil e Gkyer (2012)

Para a caracterização dos tipos de EVUs pelo estado de propriedade, foram utilizados os estudos de Cemil e Gkyer (2012), Wolch, Byrne e Newell (2014), Anguluri e Narayanan (2017), Iraegui, Augusto e Cabral (2020), Laan e Piersma (2021), Krellenberg *et al.* (2021), e Gonçalves *et al.* (2021), e classificados em público e privado, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Resumo entre os tipos de EVUs públicos e privados

EVUs Públicos	EVUs Privados
Ruas; calçadas; parques; praças; largos; área de acampamento, áreas ribeirinhas como margens de córregos e de rios; rotatórias; cemitérios; parques arborizados; florestas urbanas; campos esportivos; vias verdes e trilhas, hortas comunitárias, áreas de conservação da natureza, becos verdes, biovaletas, corredores ferroviários e rodoviários, pântanos; árvores de rua.	Quintais de casas; pátios; terrenos; pequenos jardins; muros verdes, terrenos comunitários de edifícios, campi corporativos e universitários, telhados verdes, jardins domésticos privados; sítios industriais abandonados e jardins cobertos, trepadeiras de paredes; terrenos baldios/vazios.

Fonte: Elaborada pela autora (2024), com base em Hijioka *et al.* (2007); Ferguson *et al.* (2018); Iraegui, Augusto e Cabral (2020); Moraes, Zacharias e Rodrigues (2020).

Assim, os EVUs ajudam a gerenciar águas pluviais com a redução do volume de escoamento de águas pluviais, redução das inundações superficiais e a redução da contaminação do escoamento por poluentes (IPCC, 2022). O conjunto de espaços verdes constitui uma parte importante do ecossistema urbano e é de grande importância para a melhoria do ambiente ecológico urbano e o desenvolvimento urbano sustentável (Jian e Hao, 2020).

A tendência do aumento da população e do processo de ocupação desordenada nas cidades interfere, negativamente, na preservação dos EVUs (Almeida, 2018). A falta de compreensão dos múltiplos benefícios dos espaços verdes abertos, em áreas urbanas, faz com que alguns países os ignorem (Anguluri e Narayanan, 2017).

Esta pesquisa adotou a utilização do termo EVUs, por se tratar de uma abordagem conceitual mais ampla ao abranger todos os locais, com áreas parciais ou totalmente permeáveis, com cobertura por vegetação. Sendo assim, os EVUs integram um conjunto de áreas permeáveis com vegetação (gramíneas e/ou arbóreas) e com áreas impermeáveis (calçadas e vias). A partir da definição de EVUs públicos, este estudo considera: os parques, as praças, as áreas institucionais vazias, os parques lineares e as áreas de preservação permanente (APP).

Isto posto, os EVUs são fundamentais para cidades que pretendem se elevar à condição de cidades sustentáveis (Prescott *et al.*, 2021). Eles proporcionam serviços ecossistêmicos indispensáveis para o bem-estar dos cidadãos e a preservação ambiental, elemento vital para o planejamento urbano mais sustentável e a gestão de EVUs (Dias e Lima, 2021; Velde, 2021).

Cidades sustentáveis são aquelas que, caracterizadas pela capacidade de integrar os objetivos sociais, ambientais, políticos, institucionais e culturais em seus projetos públicos e sociais, ao mesmo tempo em que mantêm o foco nas metas econômicas de suas organizações e cidadãos (Lopes e Silva, 2022). Dessa forma, os EVUs não só contribuem para a sustentabilidade ambiental, mas também para uma abordagem holística do desenvolvimento urbano sustentável.

Diante dos eventos hidrológicos extremos, provocados pelas mudanças climáticas, os processos de urbanização têm se tornado um desafio para manter e, quando possível, ampliar os espaços verdes e abertos, bem como outras infraestruturas verdes urbanas (Ring, Damyanovic e Reinwald, 2021; Vida e Jesus-Lopes, 2020).

## **2.5 Indicadores de serviços ecossistêmicos dos EVUs, no controle de águas pluviais**

Os indicadores de serviços ecossistêmicos, em EVUs, têm um papel crucial no controle sustentável de águas pluviais e são um conjunto de dados, que podem ser de natureza quantitativa e qualitativa. Ribeiro (2020) enfatiza a utilidade desses em políticas públicas nas

etapas de monitoramento e avaliação, bem como para mensurar a aplicação das dimensões da sustentabilidade, em nível global ou nacional (Cobiac, 2015).

Ademais, o uso de indicadores fornece uma base técnica para políticas públicas e agir de forma inteligente para lidar com os desafios climáticos e ao crescimento populacional (Vida, 2020). Diante disso, os indicadores são ferramentas técnicas importantes para acompanhar o progresso e quantificar o sucesso de políticas públicas (Mansur *et al.*, 2022) e podem auxiliar os gestores públicos em suas funções, além de servir de mecanismo de acompanhamento da gestão pelos demais usuários (Ribeiro, 2020).

Além disso, Chen *et al.* (2021) fazem um apelo aos gestores municipais, que tomam decisões cotidianamente sobre os arranjos administrativos, paisagísticos e de infraestruturas, instando-os a considerar as dimensões da sustentabilidade (Elkington, 2001; Sachs, 2002) em suas decisões diárias, prestando atenção à quantidade de espaços públicos, com o monitoramento dos EVUs.

A implementação de cidades, monitoradas pelos indicadores, é enfatizada por Jahrl, Moschitz e Cavin (2021), fornecendo dados sobre os serviços ecossistêmicos e abordando dimensões de sustentabilidade. Enquanto Stange *et al.* (2022) destacam os indicadores como ferramentas de apoio às políticas públicas para SbN.

Como exemplo disso, destacam-se os estudos de Bacchin (2015), que selecionou indicadores e métricas para medir a morfologia, sintaxe e diacronia da paisagem urbana segundo o seu léxico específico. Além disso, incorporou a modelagem espacial de uma cidade-piloto de estudo de caso, Porto Alegre (RS), para aplicar o processo de design de infraestruturas híbridas verdes/azuis/cinzas em áreas urbanas sensíveis à água.

A discussão se volta para os EVUs, destacando os indicadores de escoamento superficial, como ferramenta técnico-operacional cruciais para compreender o impacto da urbanização na hidrologia, com métodos que derivam de dados da precipitação e estudos empíricos (Whitford, Ennos e Handley, 2001).

Esses indicadores são aplicados em estudos que focam na retenção de escoamento em EVUs (Derkzen, Teeffelen e Verburg, 2015; Liu e Russo, 2021; Manuel, de *et al.*, 2021), sendo o método de Número de Curvas amplamente utilizado para estudar ambientes urbanos (Shrestha *et al.*, 2021).

Assim, mais especificamente, os indicadores de redução de escoamento superficial avaliam os efeitos combinados de interceptação, infiltração e armazenamento de chuvas por corpos d'água (Derkzen, Teeffelen e Verburg, 2015). Eles consideram a capacidade dos espaços verdes em abstrair mais água, comparando cenários hipotéticos, usando o método de Número de Curva (Holt *et al.*, 2015).

Métodos, como o Número de Curvas, são amplamente utilizados para estudar ambientes urbanos (Shrestha *et al.*, 2021). Os indicadores de redução de escoamento superficial analisam os efeitos combinados de interceptação, infiltração e armazenamento de chuvas (Derkzen, Teeffelen e Verburg, 2015; Holt *et al.*, 2015).

O indicador de redução de escoamento superficial, que utiliza o método de Número de Curvas (*Curve Number* – CN), é apresentado como um modelo matemático, de baixo custo para estimar o resultado pluviométrico, que se baseia na profundidade da chuva e nos parâmetros de número de curvas, desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo (SCS), agora *Natural Resources Conservation Service* – NRCS (Lucas *et al.*, 2022).

Em outras palavras, o Número de Curva é um índice que mede o potencial decorrente do volume de água que infiltra no solo, de acordo com suas características e coberturas, e da evapotranspiração (Souza e Lugon Junior, 2023).

Este método é amplamente utilizado em estudos hidrológicos, para estimar o escoamento superficial, uma vez que ele pode ser adaptado às características específicas do local (Shrestha *et al.*, 2021; Tucci, 1995). Lucas *et al.* (2022) afirmam que os pesquisadores buscam ajustar a formulação do método de Número de Curvas ou estimando os valores dos parâmetros CN para as características específicas do local, que tem relação com as características do solo (Tucci, 1995).

De forma complementar, Santos, Ferreira e Gomes (2020) destacam o Índice de Áreas Verdes (IAV), que envolve a relação entre a área verde e a população residente, como indicador que prevalece no planejamento de áreas verdes no Brasil. Os autores também destacam que a variação nos conceitos e metodologias empregadas podem resultar em análises imprecisas do potencial urbano, conforme discutido no subcapítulo 2.4.

Notavelmente, este indicador assemelha-se ao proposto pela NBR ISO 37.120:2019, que se refere à relação entre as áreas verdes (medidas em hectares), para cada 100.000

habitantes. Esses indicadores proporcionam uma maneira prática e eficaz, o que podem fornecer informações estratégicas importantes para o planejamento urbano, gestão ambiental e qualidade de vida.

Enquanto NBR ISO 37.123:2021 destaca a importância dos indicadores relacionados às áreas de terrenos permeáveis, espaços públicos e pavimentação construídos com materiais porosos e drenantes por área territorial em uma cidade (ABNT, 2021).

Esse indicador visa mensurar a capacidade da cidade em lidar com as águas pluviais de forma sustentável, promovendo a infiltração natural da água do solo, reduzindo o risco de enchentes e minimizando a sobrecarga nos sistemas de drenagem.

Assim, o Quadro 3 expõe, de forma sintética, os indicadores selecionados para avaliar os serviços ecossistêmicos dos EVUs públicos neste estudo.

<b>Quadro 3 – Indicadores selecionados para avaliar os serviços ecossistêmicos dos EVUs públicos</b>		
<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fonte</b>
Método de Número de Curvas ( <i>Curve Number</i> - CN)	O Método de Número de Curvas ( <i>Curve Number</i> - CN) é uma métrica utilizada para estimar a infiltração de água em áreas urbanas e rurais, com base em fatores como o uso do solo, a cobertura vegetal e a capacidade de retenção da água no solo. É usado para calcular o volume de água que pode se tornar escoamento superficial durante uma precipitação.	(USDA, 1986)
Índice de Áreas Verdes (IAV) e áreas verdes por 100 mil habitantes	O Índice de Áreas Verdes (IAV) é uma métrica que expressa a relação entre a área verde (geralmente medida em metro quadrado) e a população residente em uma determinada área (unidade: m <sup>2</sup> /Hab.). Conforme a recomendação da NBR ISO 37.120:2019, pode ser calculado como a quantidade de área verde por cada 100.000 habitantes (unidade: ha/Hab.). Isso permite avaliar a disponibilidade de áreas verdes em relação a densidade populacional, o que é importante para a qualidade de vida urbana e a sustentabilidade ambiental.	Santos, Ferreira e Gomes (2020) (ABNT, 2019)
Áreas de terrenos permeáveis, espaços públicos e pavimentação construídos com material poroso e drenante por área territorial da cidade	Indicador da NBR ISO 37.123:2021 que descreve a proporção de áreas urbanas que facilitam a drenagem de águas pluviais contribuindo para a redução de inundações e o uso eficiente dos recursos hídricos nas cidades (unidade: percentual). Este mede o grau de permeabilidade das superfícies urbanas e, portanto, sua capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos relacionados ao controle de águas pluviais.	(ABNT, 2021)

Fonte: A partir de USDA (1986); ABNT (2019); e Santos, Ferreira e Gomes (2020).

A combinação de indicadores com Sistema de Informações Geográficas (SIG), sensoriamento remoto e modelos hidrológicos, é enfatizada como uma abordagem eficaz,

demonstrada nos estudos realizados por Derkzen, Teeffelen e Verburg (2015); Kadaverugu, Nageshwar Rao e Viswanadh (2021); Liu e Russo (2021); e Manuel *et al.* (2021), para simular o escoamento superficial e analisar os efeitos urbanos (Shrestha *et al.*, 2021).

A utilização de uma base de dados geográfica em ambiente SIG permite a sobreposição e o cruzamento de dados, integrando-os em mapas para análise de diversos aspectos e condicionantes, destaca-se: altimetria, declividade, recursos hídricos, áreas de preservação permanente, áreas sensíveis de inundações, serviços ecossistêmicos e ocupações irregulares (Gregoletto *et al.*, 2023).

Conforme indicadores acima, a literatura já publica um conjunto de indicadores técnicos voltados à mensuração dos elementos constituintes dos espaços verdes urbanos, tendo como foco os sistemas hidrológicos, com vistas aos arranjos tecnológicos que integram os escoamentos superficiais, bem como aqueles instalados para medir a infiltração e armazenamento das águas, contidas nos espaços que constituem o ambiente urbano.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo visa explicar o delineamento dos procedimentos metodológicos para alcançar o objetivo geral desta pesquisa, o qual é: avaliar a eficiência nos serviços ecossistêmicos de regulação, fornecidos pelos espaços verdes urbanos públicos, na cidade de Campo Grande (MS), no controle de águas pluviais.

Trata-se de uma investigação científica pertencente à área de concentração em Sustentabilidade do Programa de Pós-graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade (PPGEES) da UFMS, tendo como linha de pesquisa em Cidades Sustentáveis e Inteligentes. Esta pesquisa integra a investigação científica mais abrangentes, denominada de “Oficina de Políticas Públicas para o delineamento de Cidades Sustentáveis e de Cidades Inteligentes”, na área de conhecimento de Ciências Sociais Aplicadas.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi consultado o *Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors* (COPE, 2011). Ainda, foram aplicadas as recomendações ensinadas por Gil (2017), Marconi e Lakatos (2021) e o *checklist* sugerido por Jesus-Lopes, Maciel e Casagrande (2022). O corpo textual e as citações descritas acataram as normas atualizadas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2023).

#### 3.1 Objeto de estudo

Como recorte do presente estudo foi selecionado a cidade de Campo Grande (MS), capital do Estado do Mato Grosso do Sul, que possui área urbana de 359,4108 km<sup>2</sup> (4,44% da área territorial municipal) com população total estimada de 898.100 habitantes em 2022 (IBGE, 2024). Objetivando ilustrar a localização do município, em epígrafe, em relação ao Brasil e ao Estado do Mato Grosso do Sul, apresenta-se a Figura 7.

**Figura 7 – Localização do município de Campo Grande em relação ao Estado do Mato Grosso do Sul e ao Brasil**



Fonte: Autora (2024), com base em IBGE (2020).

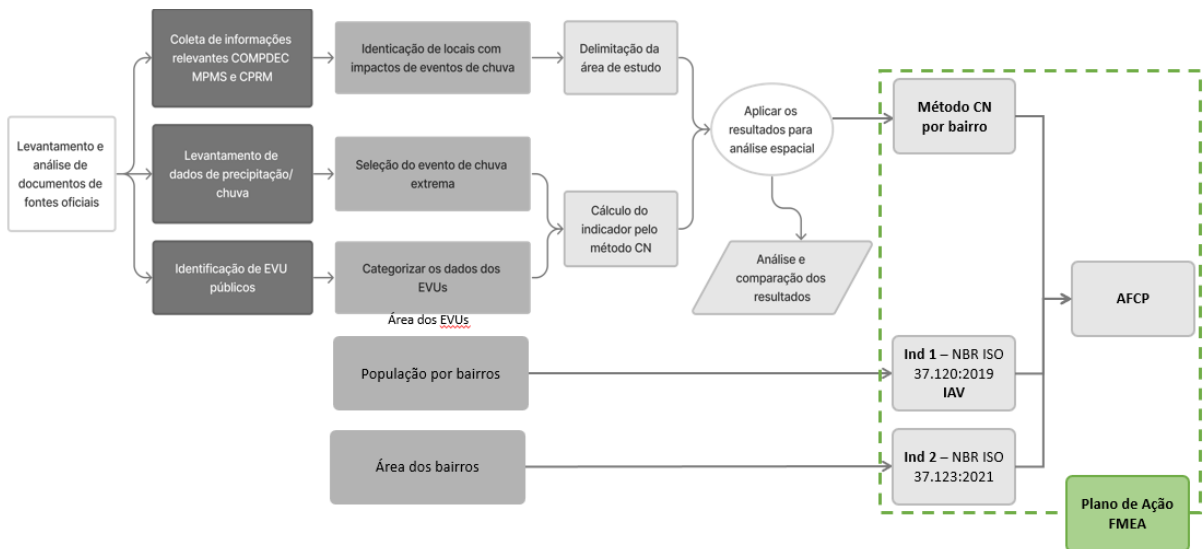
Diante do processo de urbanização e adensamento que a cidade está passando, o qual possui uma taxa de urbanização de 98,66% (PLANURB, 2022), isto permite vivenciar os efeitos das mudanças climáticas, especialmente os relacionados aos eventos de chuva extrema, no ambiente urbano (SISEP, 2019).

### **3.2 Delineamento de Pesquisa**

O delineamento da pesquisa refere-se ao planejamento e à estrutura do estudo, o que o torna essencial para garantir que outros pesquisadores possam reproduzir o estudo e obter resultados consistentes (Marconi e Lakatos, 2022).

Segundo Gil (2017, p. 43), o delineamento pode ser entendido como o planejamento da pesquisa que “envolve os fundamentos metodológicos, a definição dos objetivos, o ambiente da pesquisa e a determinação das técnicas de coleta e análise de dados”. Assim, a Figura 8 apresenta o fluxo dos procedimentos metodológicos para o delineamento desta pesquisa.

**Figura 8 – Fluxo dos materiais e métodos utilizados neste estudo**



Fonte: Autora (2024).

Diante disso, nos próximos subcapítulos apresentam a abordagem, finalidade e objetivo da pesquisa científica, bem como a origem dos dados coletados, procedimentos de levantamento de dados e os instrumentos de coletas de dados. Por fim, expõe as técnicas de análise de dados utilizando os indicadores identificados.

### 3.3 Abordagem da Pesquisa

Esta pesquisa utiliza-se método misto, ou seja, combina os procedimentos de técnica tanto qualitativa como quantitativa para coletas de dados (Gil, 2017). Para a análise dos EVUs públicos adotou-se uma abordagem espacial, com a utilização de imagens de sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG) (Câmara *et al.*, 2004).

Segundo Gil (2017), o método misto permite uma compreensão mais abrangente de um fenômeno, utilizando a coleta e análise de dados numéricos e descritivos, e sendo utilizado quando uma única abordagem não é suficiente para responder às perguntas.

Já a utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG), combinado com o indicador dos serviços ecossistêmicos de EVUs, no controle de águas pluviais, tem sido considerada como uma ferramenta de apoio adequada na tomada de decisão (Velde, 2021), e no desenvolvimento de políticas públicas.

Neste sentido, o que se pretende com esta pesquisa visa aprofundar a compreensão e avaliar a eficiência dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos EVUs públicos, na cidade de Campo Grande (MS), no controle de águas pluviais.

### **3.4 Finalidade da pesquisa científica**

A finalidade desta pesquisa científica é aplicada, o que significa que seus resultados têm potencial de serem utilizados para resolver problemas reais (Marconi e Lakatos, 2021). Neste sentido, a pesquisa aplicada visa adquirir conhecimento para a solução de um problema específico (Marconi e Lakatos, 2022).

Neste contexto, este estudo apresenta como problema os efeitos das mudanças climáticas, especialmente, os que dizem respeito aos eventos de chuva impactantes, no ambiente urbano de Campo Grande (MS). Assim, o conhecimento de ferramentas técnicas alternativas permite que os gestores públicos acompanhem, verifiquem, monitorem e avaliem os efeitos de se manter e ampliar os EVUs públicos, no controle de águas pluviais.

Assim, a presente pesquisa tem como finalidade prática elaborar um Plano de Ação, como instrumento para os gestores públicos tomarem decisões, utilizando uma ferramenta de avaliação dos EVUs públicos para o controle das águas pluviais, na cidade de Campo Grande (MS).

### **3.5 Objetivo da pesquisa científica**

Esta pesquisa apresenta o objetivo de combinar elementos de natureza exploratória e descritiva para explicar um determinado fenômeno (Gil, 2017; Marconi e Lakatos, 2021). A pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema ou fenômeno e auxiliar na construção de hipóteses (Gil, 2017). Já a pesquisa descritiva descreve características de uma população ou fenômeno, identificar relações entre variáveis e, às vezes, determinar a natureza dessas relações, se aproximando de uma pesquisa explicativa (Gil, 2017; Marconi e Lakatos, 2022).

Essa pesquisa tem carácter exploratório, uma vez que é feito um levantamento bibliográfico, como nos estudos de Velde (2021); Oliveira (2022); Santos (2022); e Santos Junior (2023), bem como a utilização de revisão sistemática (Botelho, Almeida Cunha, de e

Macedo, 2011) para identificar o conjunto de indicadores capazes de avaliar EVUs públicos, no controle de águas pluviais. Além de levantamento documental junto a Prefeitura Municipal de Campo Grande (MS); a Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC, 2022); a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2019); e o Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul (MPMS, 2017).

O carácter descritivo deste estudo se deve ao fato de que o objetivo principal é fornecer uma análise minuciosa das características dos EVUs públicos na cidade de Campo Grande (MS). Isso inclui aspectos como a tipologia, tamanho, localização e tipo de vegetação presente nesses EVUs.

Além disso, busca-se compreender como o tamanho dos EVUs podem impactar a eficiência do controle de águas pluviais. Para atingir esse propósito, serão utilizados indicadores específicos, que permitirão identificar correlações dos EVUs e sua eficácia no gerenciamento das águas pluviais, no ambiente urbano.

### **3.6 Procedência dos dados coletados**

Os dados utilizados nesta pesquisa podem ser categorizados como dados primários e secundários. Os dados primários referem-se a informações novas com um propósito específico ou para atender a um projeto determinado, enquanto dados secundários são aqueles previamente coletados para outra finalidade e disponíveis em fontes existentes (Kotler e Keller, 2018).

Devido à ausência de informações com relação as áreas permeáveis dos EVUs públicos, caracterizados como fontes primárias, estas foram obtidos com auxílio da ferramenta de software livre QGis 3.22.10 para ambientação em Sistema de Informações Geográficas (SIG). Assim, o Quadro 4 apresenta os dados levantados e utilizados para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa.

**Quadro 4– Dados utilizados nesta pesquisa**

<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tipo</b>	<b>Observação</b>
População	População por setores censitários	Arquivo vetorial (shapefile) com atributos	(IBGE, 2024)
EVUs públicos	Área de Preservação; Parques; Praças.	Arquivo vetorial (shapefile) - Polígono	Prefeitura Municipal de Campo Grande
	Árvores agrupadas	Arquivo vetorial (shapefile)	Autora
Água	Lagoa, lago, canal, rio.	Arquivo vetorial (shapefile) – Polígono/ linha	Prefeitura Municipal de Campo Grande
Curva de nível	Curva de nível a cada 1,0 metro.	Arquivo vetorial (shapefile) -	Prefeitura Municipal de Campo Grande
Pontos de eventos de chuva extremas	Localização dos locais de ocorrência de alagamentos, inundações e enchentes.	Localização -Ponto	(COMPDEC, 2022; CPRM, 2019; MPMS, 2017)
Precipitação	Eventos de chuva em mm, com ocorrência em horas, dias, meses e anos.	Planilha	(CEMADEN, 2023; PLANURB, 2022)
Solos	Carta geotécnica de Campo Grande	Arquivo vetorial (shapefile)	(PLANURB, 2020)

Fonte: Autora (2024).

Esse é um estudo que se baseia na busca por fontes secundárias, obtidas através de busca por artigos, textos, dissertações, teses e livros, apresentadas nas referências citadas ao longo do texto.

Além disso, os documentos da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC, 2022) e as informações complementares da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul para 2017 e 2019, respectivamente (CPRM, 2019; MPMS, 2017), a fim de identificar pontos de desastres por eventos hidrológicos extremos (enxurradas, alagamentos, enchentes e inundações), na cidade de Campo Grande (MS).

Além dos arquivos vetoriais disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Campo Grande para identificar os EVUs públicos, bem como os dados de precipitação média (PMCG e PLANURB, 2022) e de evento de chuva extrema (CEMADEN, 2023), em Campo Grande (MS).

A obtenção de dados de várias fontes foi fundamental para melhor entender e avaliar os aspectos dos EVUs públicos, no controle de águas pluviais, nos dez bairros selecionais. Neste estudo, as fontes de dados brutos utilizados contêm imagens de sensoriamento remoto, informações de pontos de eventos hidrológicos extremos, e outros.

Já os dados populacionais utilizados, por bairros, foram obtidos pela divulgação dos resultados do Censo 2022 (IBGE, 2024), com as informações em arquivos vetoriais com atributos da população e domicílios.

### 3.7 Procedimentos de levantamentos de dados

Conforme já abordado no subcapítulo 3.5, o conhecimento e familiaridade com o problema de pesquisa, bem como para a fundamentação teórica, foram realizadas por meio de levantamento bibliométrico, seguida de uma estratégia de pesquisa que utiliza a revisão bibliográfica sistemática (Gil, 2017; Marconi, 2021).

Esta pesquisa realizou o levantamento bibliométrico, a partir de periódicos que compõem as bases de dados do periódico da Capes, vinculado ao “acesso CAFE” da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, tais como: *Scielo*, *Scopus (Elsevier)*, *Science Direct (Elsevier)* e *Web of Science (Clarivate Analytics)*.

Destaca-se que essa pesquisa é parte de um processo contínuo de levantamento bibliográfico, com o qual foi possível a elaboração, a submissão e a aprovação de quatro artigos para apresentação em eventos científicos, a citar: *Cidade Jardim e Cidade Verde: são abordagens conceituais que se interdisciplinam como o Desenvolvimento Urbano Sustentável?* (Justi e Jesus-Lopes, 2022a); *Indicadores para Espaços Verdes Urbanos, como ferramenta de monitoramento do planejamento urbano sustentável* (Justi e Jesus-Lopes, 2022b).

A esses foram somados *Public Policies for the management of urban green spaces: Brazilian’s experiences* (Justi et al., 2023) e *Avaliação de espaços verdes urbanos para controle de águas pluviais: Campo Grande (MS), como lócus da pesquisa aplicada* (Justi et al., 2024).

Para encontrar dos indicadores para avaliação dos serviços ecossistêmicos urbanos dos EVUs, foram realizadas buscas no *Web of Science*, com os termos: “Indicator” AND “urban green space” AND “run-off retention”; Indicator AND “urban green space” AND “ecosystem service”; Indicador AND “run-off retention” AND “ecosystem services”; “quantification” AND “urban green space” AND “run-off retention”; quantification AND “urban green space” AND “ecosystem service”. Em seguida, também foram realizadas pesquisas na literatura com a utilização da ferramenta *ConnectPaper* e nas NBR ISO 37.120:2019 e NBR ISO 37.123:2021.

Esta busca, entre o período de 2001 e 2023, resultou na seleção de 50 artigos, dos quais 25 apresentaram indicadores e/ou ferramentas para quantificar os benefícios dos EVUs no fornecimento de serviço ecossistêmico de regulação, denominados como: 1) Retenção de escoamento; 2) Redução do escoamento das águas pluviais; 3) Absorção/ infiltração de água pluviais; 5) interceptação de chuvas; 6) redução das velocidades de inundação; 7) armazenamento de água.

Diante desse contexto, foram criteriosamente selecionados outros indicadores relevantes para a análise proposta por esta pesquisa. Estes incluem, além do indicador de retenção de escoamento fornecida pelos EVUs, o índice de áreas verdes (IAV) ( $m^2/\text{Hab.}$ ) (Equação 7); o indicador proposto pela NBR ISO 37.120:2019 de áreas verdes (medido em hectares) por 100.000 habitantes (Equação 8); e o índice que avalia a proporção de áreas e espaços públicos permeáveis e pavimentos construídos com materiais porosos e drenantes como porcentual da área territorial da cidade da NBR ISO 37.123:2021 (Equação 9), para realizar as análises e comparação dos resultados.

Para a coleta de arquivos vetoriais (*shapefiles*) dos imóveis institucionais e dos EVUs públicos, bem como dos cursos hídricos, do perímetro urbano e a delimitação dos bairros, foram solicitados via ofício e complementados com as informações disponibilizadas em sites oficiais, como no SISGRAN (<https://sisgranmaps.campogrande.ms.gov.br/>) e SIMGEO (<https://simgeocidadao.campogrande.ms.gov.br/>).

Conforme abordado no subcapítulo anterior (3.6), os dados de precipitação média foram obtidos pelo Perfil Socioeconômico de Campo Grande (PMCG e PLANURB, 2022), utilizando os dados do período entre 2012 e 2021. Já o evento de chuva extrema foi obtido pelo site da CEMADEN (2023), no qual foi selecionado o evento pluviométrico registrado em 17 de janeiro de 2023 para Campo Grande (MS).

É importante salientar que o uso de dados que consideram as árvores e/ou arbustos não é adequado para este trabalho, uma vez que não há dados disponíveis. Os dados poderão ser disponibilizados, e utilizado em futuras pesquisas, após a elaboração do Plano Diretor de Arborização Urbana de Campo Grande.

Este instrumento será elaborado através do convênio celebrado entre a UFMS, Fundação de Apoio à Pesquisa, ao Ensino e à Cultura (FAPEC) e a Secretaria Municipal de Meio

Ambiente e Gestão Urbana (SEMADUR), que irá elaborar os estudos para subsidiar a revisão e monitoramento do Plano Diretor de Arborização Urbana de Campo Grande/MS.

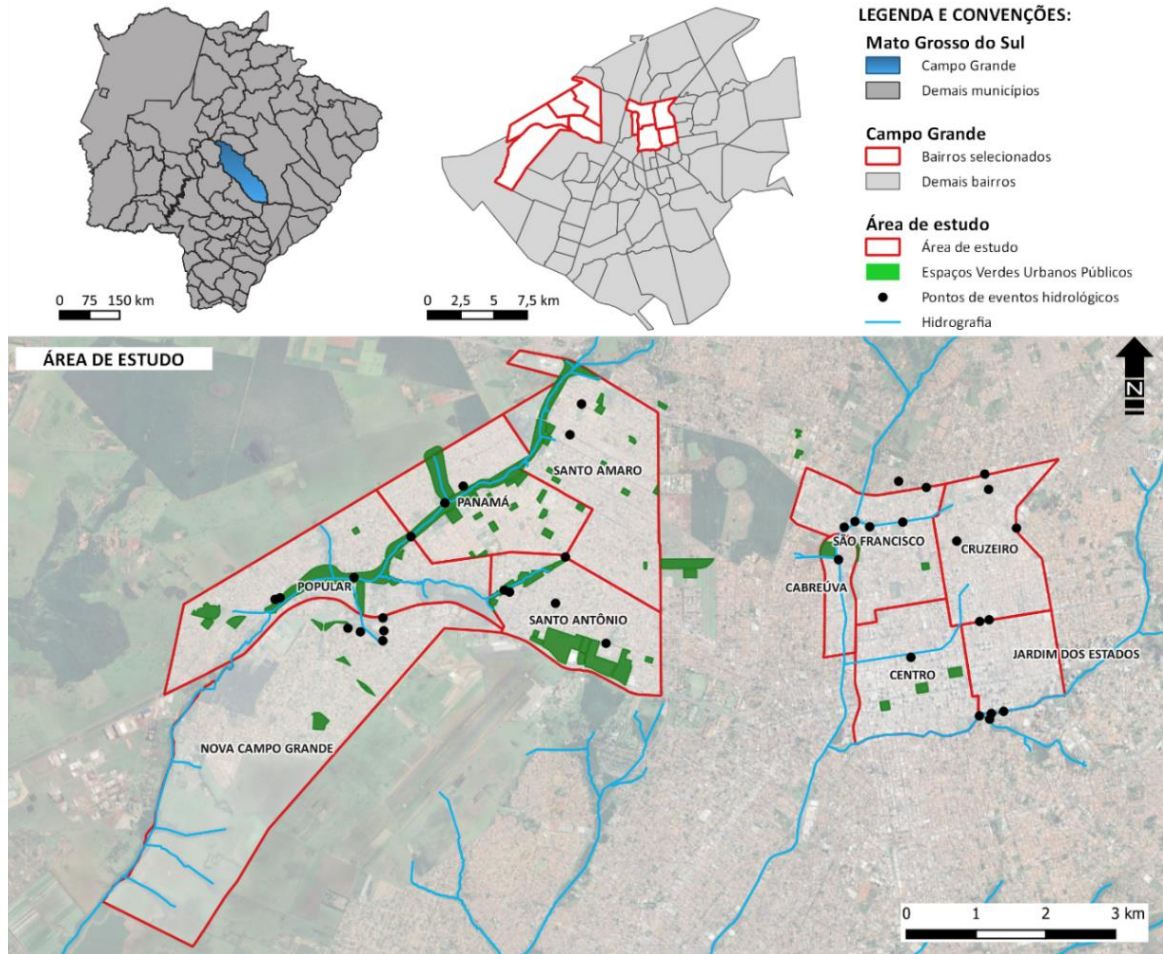
A presente pesquisa tem como base os 36 pontos de desastre causado por eventos de hidrológicos extremas (enxurradas, alagamentos, enchentes e inundações) identificados pela COMPDEC, além dos dados complementares fornecidos pela CPRM e MPMS. Isso corresponde a 90% dos dados registrados por estes órgãos, dos 40 pontos informados pelos SNIS para 2020 (SNIS, 2022).

A área de estudo foi definida com a delimitação das áreas de contribuição de chuva de cada ponto de evento hidrológico extremo selecionado, considerando os dados altimétricos obtidos junto à Prefeitura Municipal de Campo Grande (disponível no SISGRAN) com curvas equidistantes de 1,0 m.

A partir desses dados, delimitou a área de estudo em 10 bairros na cidade de Campo Grande. Ainda, foram consideradas somente os EVUs públicos, caracterizados como praças, parques, áreas de preservação permanentes (APP), parques lineares e áreas institucionais sem uso definido, com áreas maiores que 0,5 hectares.

Este arranjo metodológico locacional corresponde a 36 locais de investigação local. Isto resultou em uma área de estudo que compreende dez bairros da cidade *lócus*, a partir dos pontos de eventos hidrológicos extremos (Figura 9). São eles, os bairros: 1) Cabreúva; 2) Centro; 3) Cruzeiro; 4) Jardim dos Estados; 5) Nova Campo Grande; 6) Panamá; 7) Popular; 8) Santo Amaro; 9) Santo Antônio; e 10) São Francisco.

Figura 9 – Localização da área de estudo e os principais elementos, com destaque aos EVUs públicos



Fonte: Autora (2024), com o software QGis®.

As informações necessárias para a realização desta pesquisa são: a região de interesse e a delimitação dos espaços; os dados de precipitação mensal e o mapa de tipos de solos hidrológicos, conforme indicado no Quadro 5.

Quadro 5 – Lista de dados de entrada para realização do estudo

Camada	Descrição
Região de interesse e delimitação dos espaços	Regiões delimitadas por vetores correspondentes aos pontos de eventos hidrológicos. Os EVUs e os demais recortes foram incluídos para análise. Dados da COMPDEC (2022), bem como dados complementares dos pontos de desastres por eventos de chuvas extremas (enxurradas, alagamentos, enchentes e inundações) da CPRM e MPMS, para 2017 e 2019, além dos dados espaciais da Prefeitura Municipal de Campo Grande (MS).
Dados de precipitação mensal	Precipitação média da área de estudo. Arquivos '.CSV' com a precipitação diária e horária. Para o estudo, consideram-se eventos de precipitação extrema maior que 50 mm/dia. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET; Agência Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano - PLANURB; e Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais -CEMADEN.
Mapa de tipo de solos	Mapa de classificação dos solos para os grupos A, B, C ou D, segundo as condições de uso e cobertura do método Número de Curva (CN – Curve Number). Dados a partir de Tucci (1995) e da carta geotécnica de Campo Grande (PLANURB, 2020).

Fonte: Autora (2024).

Os dados referentes à tipologia dos EVUs públicos na área de estudo foram obtidos por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), e agrupados em quatro categorias (Quadro 6) para avaliar os serviços ecossistêmicos urbanos com base nos dados que mostram a distribuição espacial de diferentes tipos de EVUs. Os dados das tipologias de EVUs foram organizados em polígonos para cada elemento, conforme apresentado no Quadro 6.

**Quadro 6 – Descrição dos dados dos EVUs públicos**

Tipo de EVU	Descrição	Tipo	Observação
Áreas de Preservação/ Floresta	Árvores agrupadas, florestas urbanas, Áreas de Preservação Permanentes (APP); e Parques lineares.	Polígono	Atualização adicional efetuada durante o mapeamento da árvore.
Parques	Vegetação baixa, principalmente gramíneas, árvores agrupadas e poucas superfícies impermeabilizadas.	Polígono	Prefeitura Municipal de Campo Grande.
Praças	Praças compostos por uma mistura de vegetação e superfícies impermeabilizadas.	Polígono	Prefeitura Municipal de Campo Grande.
Áreas institucionais vazias	Área com vegetação baixa (gramíneas), com presença de árvores e/ou arbustos, sem edificações.	Polígono	Prefeitura Municipal de Campo Grande

Fonte: Autora (2024).

Como objeto deste estudo foram selecionados 70 EVUs públicos, com áreas superiores a 0,5 hectares e classificados em quatro tipologias: 29 praças; 22 áreas institucionais; 17 parques lineares/APP; e dois parques, localizados nos dez bairros da área de estudo para aplicação dos indicadores de serviços ecossistêmicos dos EVUs públicos, no controle de águas pluviais.

### 3.8 Técnicas de análise de dados

Quanto a técnica de análise de dados quantitativa, foram utilizados como referências os artigos de Derkzen, van Teeffelen e Verburg (2015); de Manuel *et al.* (2021); e Liu e Russo (2021), que apresentam e utilizam o mesmo conjunto de indicadores de serviço ecossistêmico regulação de EVUs, com a retenção de escoamento (*runoff retention*) para regular o fluxo de água pluvial e mitigar o escoamento superficial de águas pluviais.

Ainda, menciona-se que estes autores utilizaram os métodos apresentados por Tratalos *et al.* (2007) e Whitford *et al.* (2001), cujos estudos se baseiam no estudo Pandit e Gopalakrishnan (1996), que se baseou originalmente nos métodos desenvolvidos pela *Soil Conservation Service* (SCS) em 1972, através do método Número de Curva (*Curve Number*;

CN). E ainda, os indicadores propostos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR ISO 37.120:2019 e NBR ISO 37.123:2021, bem como o índice de áreas verdes (IAV).

### **Contribuição da área de drenagem e cenário de ocupação dos EVUs públicos**

Segundo Rosa (2016), a contribuição de uma área de drenagem é determinada para quantificar o escoamento e o volume de chuva. Assim, foram utilizadas as áreas dos EVUs públicos, bem como a tipologia de ocupação destes locais, tais como: a presença de calçadas, grupos de árvores, gramados, área impermeabilizadas com construção, por exemplo.

### **Intensidade de chuva e precipitação total**

Para calcular a intensidade de chuva, esta pesquisa utiliza a equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF), com os coeficientes  $a$ ,  $b$ ,  $n$  e  $m$  determinado para o local de estudo, que utilizada para a formulação de cenários, diagnóstico e prognóstico das inundações (Campo Grande, 2015) (Equação 1).

$$I = \frac{a \cdot T^n}{(t + b)^m} \quad \text{Equação 1}$$

Onde  $T$  é o tempo de retorno em anos;  $t$  é a duração em minutos; e  $I$  é a intensidade em mm/h. Sendo a precipitação total do evento utiliza a Equação 2, onde é calculado a precipitação total usando a intensidade de chuva ( $I$ ) em mm/h e a duração da chuva ( $t$ ) em horas.

$$P = I \cdot t \quad \text{Equação 2}$$

### **Escoamento superficial**

O escoamento superficial é calculado utilizando o método de *Soil Conservation Service* (SCS). Este método, que usa o coeficiente de escoamento superficial e a profundidade de escoamento (Li, Kuang e Sun, 2020), foi calculado através das equações apresentadas a seguir. Para determinar a lâmina superficial, o modelo utiliza a Equação 3.

$$Q = \frac{[(P - I_a)^2]}{(P + S + I_a)} \quad \text{Equação 3}$$

Onde Q é o escoamento direto ou precipitação efetiva (mm); P é a precipitação total acumulada (mm); Ia é a precipitação que não produz escoamento no início da chuva (mm); e S é o armazenamento no solo, retratado pelas condições de cobertura (mm).

O método adota, de acordo com Boldrin (2005), uma aproximação empírica, para bacias sem dados, em que as perdas iniciais representam em média 20% da capacidade de armazenamento do solo, ou seja, Ia igual a 0,2S. Com as alterações das variáveis da equação anterior, o método CN, de acordo com Tratalos *et al.* (2007), calcula o escoamento superficial (Pe) com a Equação 4.

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)}, P > 0,2S \quad \text{Equação 4}$$

Onde Pe é escoamento superficial; P é a precipitação; e S é o potencial máximo de retenção de chuva. A Equação 4 é válida para  $P > Ia$ , caso contrário Q será igual a 0,0 mm. O valor de S depende do tipo de solo e do tipo de ocupação do solo e pode ser determinado em função de tabelas próprias do método (PMCG e Consórcio RES, 2018a).

O potencial de retenção (S) é a quantidade máxima de água que o solo e a cobertura vegetal podem reter antes de começar a gerar escoamento. Esse é calculado utilizando a Equação 5, na qual utiliza-se como dado de entrada o coeficiente CN (*curve number*).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{Equação 5}$$

Onde CN é o número de curva calculado pela SCS para cada combinação de cobertura de terra e tipo de solo. O valor de CN é um parâmetro-chave do método, que reflete diretamente a condição do solo, e é determinado pela umidade do solo e tipo de solo (Li, Kuang e Sun, 2020).

Para o cálculo, é necessário determinar o parâmetro CN, *Curve Number*, que é o valor tabelado que descreve a combinação de tipos de solo, umidade antecedente e uso e cobertura da bacia. O valor de CN (adimensional) varia entre 0 e 100, no qual o valor 0 corresponde, hipoteticamente, a um solo com capacidade de infiltração infinita, ou seja, muito permeável até um solo completamente impermeabilizado com valor igual a 100 (Pezan, 2022, p. 30).

Como as áreas de estudo não apresentam características uniformes em termos de solo e cobertura vegetal, o valor representativo da bacia/EVU pode ser obtido ponderando cada valor presente na bacia pela proporção de área associada a este valor (Equação 6).

$$CN = \frac{\sum_{i=1}^n cn_i a_i}{A} \quad \text{Equação 6}$$

Onde CN é o número da curva; A é área do EVU (em metro quadrado);  $cn_i$  é o número de curva de uma parte do EVU;  $a_i$  é a área associada a um número de curva no EVU.

A ficha de cálculo modelo apresentada pelo USDA (1986), conforme apresentada no Anexo A, foi adaptada para formato de planilha com as informações em linha para cada EVUs públicos para realizar o cálculo para determinar o escoamento superficial de cada EVU público (Anexo B), de modo a avaliar o benefício nos serviços ecossistêmicos de regulação, no controle de águas pluviais com a retenção do escoamento superficial.

### Propriedade do solo

A determinação do tipo de solo e do grupo hidrológico é importante para definir a divisão de escoamento. Neste modelo, optou-se pelo método de número de curva, identificando o CN. O coeficiente é aplicado no método hidrológico do *Natural Resources Conservation Service/Soil Conservation Service* NRCS/SCS (USDA, 1986), para determinar o escoamento.

O método SCS-CN possui a classificação de quatro grupos hidrológicos de solos, em ordem crescente de potencial de geração de escoamento superficial (Pezan, 2022). A classificação apresentada pela USDA (1986) e Tucci (1995):

- **Grupo A:** solos que apresentam altas taxas de infiltração, mesmo quando totalmente úmidos. Alta taxa de transmissão de água e baixo potencial de escoamento. Os solos do Grupo A possuem tipicamente menos do que 10% de argila e mais de que 90% de areia. Apresentam textura de areia argilosa, argila arenosa, argilosa ou argila siltosa.
- **Grupo B:** solos com taxa de infiltração moderada quando totalmente molhados e consistem, principalmente, em solos moderadamente profundos a profundos, bem drenadas, moderadamente finos a moderadamente

grosseiros, como por exemplo franco arenosos. Estes solos apresentam taxas moderadas de transmissão de água. Os solos do Grupo B possuem, tipicamente, entre 10% e 20% de argila e 50% a 90% de areia. Apresentam textura argilosa, argila siltosa, siltosa.

- **Grupo C:** solos apresentam baixas taxas de infiltração quanto totalmente molhados. Tais solos possuem uma camada que impede o movimento descendente de água. Possuem textura moderadamente fina a fina, como por exemplo franco argilosos, franco arenoso raso e solos com baixo conteúdo orgânico. Apresentam uma lenta taxa de transmissão de água. Os solos do Grupo C possuem tipicamente entre 20% e 40% de argila e menos do que 50% de areia.
- **Grupo D:** solos com taxas de infiltração muito baixas quando estão completamente molhados. Estes solos são, principalmente, solos argilosos de alto potencial de expansão, solos comum lençol freático permanentemente alto, solos rasos sobre material quase impermeável. Apresentam uma taxa muito lenta de transmissão de água. Os solos do Grupo D possuem tipicamente mais do que 40% de argila e menos do que 50% de areia.

Após a classificação do solo de acordo com o grupo hidrológico, tal valor de CN pode ser obtido de acordo com a cobertura e ocupação da bacia, no caso deste estudo, dos EVUs públicos. A Tabela 1 apresenta os valores de CN, que variam conforme o grupo hidrológico, em função do tipo de cobertura (uso do solo) e das condições hidrológicas de solo (condição II de umidade). A condição de umidade II antecedente do solo é a situação média na época de cheias, na qual apresentam chuvas para os últimos cinco dias, totalizam de 15 a 40 mm.

**Tabela 1 – Valores de CN em função da cobertura e da condição hidrológica de solo (condição II de umidade)**

Tipo de uso do solo/ tratamento/ Condições hidrológicas		Grupo Hidrológico do solo			
		A	B	C	D
Uso residencial					
Tamanho médio do lote	% impermeável				
Até 500 m <sup>2</sup>	65	77	85	90	92
1000 m <sup>2</sup>	38	61	75	83	87
1500 m <sup>2</sup>	30	57	72	81	86
Estacionamentos pavimentados, telhados		98	98	98	98
Ruas e estradas					
Pavimentadas, com guias e drenagem.		98	98	98	98
Com cascalho		76	85	89	91
de terra		72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)		89	92	94	95
Distritos industriais (72% de impermeabilização)		81	88	91	93
Espaços abertos, parques, jardins.					
Boas condições, cobertura de grama > 75%		39	61	74	80
Condições médias, cobertura de grama > 50%		49	69	79	84
Campos	Condições boas	30	58	71	78
	Condições ruins	45	66	77	83
Florestas	Condições boas	36	60	73	79
	Condições médias	25	55	70	77

Fonte: Adaptado de Tucci (1995, p. 118) e USDA (1986).

A Tabela 2 permite que o valor de CN seja convertido para a condição I ou III de umidade, conforme a situação desejada.

**Tabela 2 – Conversão das curvas CN para as diferentes condições de umidade de solo**

	Condições de umidade (I, II e III)														
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
I	100	87	78	70	63	57	51	45	40	35	31	27	23	19	15
II	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
III	100	99	98	97	94	91	87	83	79	75	70	65	60	55	50

Fonte: A partir de Tucci (1995).

Assim, o Número de Curva (CN) é o indicador-chave nesse método, ao influenciar diretamente a quantidade de escoamento superficial gerada. Ou seja, quanto menor o CN, maior a capacidade de retenção e menor a quantidade de escoamento superficial de águas pluviais (Pezan, 2022).

### Outros indicadores

Ainda neste contexto sobre indicadores, foram criteriosamente selecionados outros indicadores relevantes para a análise proposta e comparação dos resultados, que incluem, além do indicador de retenção de escoamento superficial fornecida pelos EVUs, o índice de

áreas verdes (IAV) ( $m^2/\text{Hab.}$ ) (Equação 7); o indicador proposto pela NBR ISO 37.120:2019 de áreas verdes (medido em hectares) por 100.000 habitantes (Equação 8); e o indicador da NBR ISO 37.123:2021, que avalia a proporção de áreas e espaços públicos permeáveis e pavimentos construídos com materiais porosos e drenantes como porcentual da área territorial da cidade (Equação 9).

$$IAV = \frac{\text{áreas verdes (m}^2\text{)}}{\text{habitantes}} \quad \text{Equação 7}$$

$$Ind1 = \frac{\text{áreas verdes (ha)}}{\text{habitantes}} \times 100.000 \quad \text{Equação 8}$$

$$Ind2 = \frac{\text{área total de espaços públicos e pavimentos (permeáveis, materiais porosos e drenantes) (km}^2\text{)}}{\text{área territorial total da cidade (km}^2\text{)}} \times 100 \quad \text{Equação 9}$$

### **Análise de dados com Análise Fatorial por Componentes Principais (AFCP)**

Para a análise quantitativa dos indicadores selecionados, utilizou-se o método de análise exploratória de dados, com a utilização de Análise Fatorial por Componentes Principais (AFCP) ou *Principal Component Analysis (PCA)*, com uso do *software* R Studio v.2023.03 “Cherry Blossom” (RSTUDIO TEAM, 2020).

A AFCP trata de uma técnica exploratória, que possibilita extrair fatores não correlacionados resultantes da combinação linear das variáveis originais que se correlacionam (Fávero; Belfiore, 2017). Além disso, permite a elaboração de ranking por meio da criação de indicador de desempenho a partir dos fatores (Fávero; Belfiore, 2017), aplicado no estudo de Karunarathne e Piyatilake (2021).

Para a realização da análise com a utilização da ferramenta do *software* RStudio®, utilizando o algoritmo “cor” do pacote *psych*, primeiramente, foi realizada a matriz de coeficiente de correlação linear de Pearson ( $\rho$ ) para extração dos fatores. Para a adequada extração dos fatores, requer que a matriz de correlação  $\rho$  apresente valores relativamente altos e estatisticamente significantes.

Em seguida, foi feito o teste de esfericidade de Bartlett, que consiste em comparar a matriz de correlação  $\rho$  com uma matriz identidade  $I$  de mesmas dimensões. Se os valores fora da diagonal não forem diferentes de zero, a extração é inadequada. Para isso, utilizou-se o

algoritmo `cor.test.bartlett` do pacote `psych`. O teste avalia a significância geral de todas as correlações da matriz, no qual o resultado com nível de significância  $p\text{-value} < 0,05$  indica que o conjunto de dados é passível de fatoração (Mansano, Parré e Pereira, 2017).

Para verificar a correlação entre os indicadores selecionados, foi criada uma matriz de coeficiente de correlação a partir do conjunto de dados padronizados, que trata da padronização de todos os indicadores para uma mesma escala de medição. Foi utilizado o teste de esfericidade de Bartlett que permite verificar, para determinado número de grau de liberdade para 5% de nível de significância, se o valor de  $\chi^2_{\text{Bartlett}}$  é maior que o valor crítico da estatística, rejeitando a hipótese nula e podendo seguir com AFPC (Fávero e Belfiore, 2021).

A análise da AFPC envolveu o cálculo de matriz de correlação  $\rho$  (com dimensões de  $k \times k$ ) e autovalores  $\lambda^2$  ( $\lambda_1^2 \geq \lambda_2^2 \geq \dots \geq \lambda_k^2$ ). Os scores fatoriais podem ser obtidos com a solução da equação:  $\det(\rho - \lambda^2 \cdot I) = 0$ .

Para a realização da AFPC, com a utilização do algoritmo `prcomp()` do pacote `psych`, foi realizado a padronização pelo procedimento `Zscores`, que consiste no valor padronizado de cada variável para uma determinada observação. Em seguida, realizou os cálculos da AFPC, que permite a visualização dos pesos de cada uma das variáveis tem em cada componente principal.

Para execução acima, usando a matriz dados original (Equação 10), com dimensões expressas por  $X_{n \times m}$ , pode ser convertida em uma matriz padronizada  $Z_{n \times m}$ .

$$X_{n \times m} = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

$$Z_{ij} = \frac{(x_{ij} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sigma^2_{x_j}}}$$

Equação 10

Quando  $i = 1, 2, \dots, n$  e  $j = 1, 2, \dots, m$ . Onde  $x_{ij}$  é o valor para  $i$  de linha e  $j$  de colunas na matriz original,  $\bar{x}_j$  é a média do  $j$  de colunas e  $\sqrt{\sigma^2_{x_j}}$  é o desvio padrão da  $x_j$  de coluna ou variáveis. Resultando em uma matriz de dados normalizada. Em seguida, é calculada a matriz de coeficiente de correlação ( $\rho$ ), que reflete a informação correlacionada entre as variáveis selecionadas. O coeficiente de correlação entre  $j_n$  e  $k_n$  variáveis pode ser (Equação 11):

$$\phi = \frac{1}{(n-1)} Z^T Z$$

Equação 11

Os autovalores correspondentes podem ser calculados considerando a relação  $|\phi - \lambda| = 0$ . Então, todos os autovalores devem ser organizados em ordem decrescente. Sejam os autovalores,  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ . Cada autovalor tem seu autovetor correspondente.

Antes da determinação dos Componentes Principais (CP), são obtidos os autovalores, a contribuição da variância e a contribuição da variância acumulada correspondente a cada CP. O critério de escolha da quantidade de fatores, considera os fatores correspondentes a autovalores maiores que 1, denominado critério da raiz latente ou critério de Kaiser (Fávero e Belfiore, 2021) e variância total acumulada superior a 80% (Karunaratne e Piyatilake, 2021).

Para determinar o número de Componentes Principais, segue-se os seguintes critérios:

- A porcentagem cumulativa de variância da amostra superior a 80,00%;
- Autovalores que são maiores ou iguais a 1 (um);
- Usar o “*Scree Plot*”.

Após é realizado o “*Scree Plot*” para determinar o número máximo de possíveis fatores. A partir deste ponto é possível extrair a carga fatorial, que é a correlação de Pearson entre as variáveis originais e cada um dos fatores.

Com base do critério da raiz latente, que considera os fatores com autovalores maiores que 1, com cargas fatoriais elevadas em mais de um fator. Já o objetivo principal da análise de comunalidades é verificar se alguma variável acaba por não compartilhar um significativo percentual de variância com os fatores extraídos.

Para os componentes principais determinados são obtidas as cargas fatoriais. Além da porcentagem de variação explicadas por cada componente principal, usados como pesos. Esses componentes principais são ortogonais entre si e são organizados em ordem decrescentes com base na quantidade de variação explicada (Betancur *et al.*, 2020).

Em seguida, são obtidas as cargas fatoriais rotacionadas, por meio do método ortogonal Varimax, correspondentes aos CPs determinados. Posteriormente, são calculados os pesos dos CPs, com base nas pontuações fatoriais desses CPs e seus respectivos pesos, é possível estabelecer uma pontuação abrangente. As classificações dos 10 bairros são obtidas

pela pontuação, que pode ajudar no planejamento urbano e na elaboração de políticas públicas para manter e ampliar os EVUs públicos para o serviço ecossistêmico de regulação de águas pluviais.

Por fim, as correlações obtidas a partir da AFCP foram comparadas e, finalmente, definidas as variáveis com maior influência na determinação da eficiência dos EVUs públicos no controle de águas pluviais nos bairros analisados. Para isso, apresentou-se um ranking dos bairros que precisam de mais atenção dos gestores e planejadores na elaboração de políticas públicas.

### **Plano de Ação com FMEA**

Com o propósito prático desta pesquisa, o Plano de Ação é uma ferramenta de qualidade que pode auxiliar os gestores públicos a tomarem as escolhas mais adequadas para solucionar o problema e assegurar que sejam implementados de maneira efetiva (Gallegos, 2023).

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), em português, análise de modo e efeito de falha, é uma metodologia que busca de maneira estruturada evitar, por meio de análises nos modos de falhas e seus efeitos, a ocorrência de falhas potenciais que poderão ocorrer no projeto do produto, processo ou serviço ou no ciclo de vida de um sistema e, com isso, eliminar ou reduzir os riscos de ocorrência (Silva, 2020).

Sendo assim, o FMEA é uma técnica de engenharia utilizada para identificar as falhas ou problemas existentes ou potenciais em um projeto, processo ou estrutura de serviço de um sistema antes que eles ocorram. A gravidade e os tipos de falhas potenciais identificadas permitem que os tomadores de decisão tomem as medidas necessárias de redução de risco (Mutlu e Altuntas, 2019). Segundo Couto e Carvalho (2015), FMEA trata-se de uma ferramenta de prognóstico de problemas.

Primeiramente, define-se como modo de falha um evento que provoca diminuição parcial ou total da função do produto e de suas metas de desempenho. As causas são eventos que geram, provocam ou induzem o aparecimento do tipo (modo) de falha e, finalmente, os efeitos são formas como os modos de falha afetam o desempenho do sistema (Carvalho *et al.*, 2019).

Após identificar possíveis modos de falhas, o próximo passo consiste em identificar suas respectivas causas e efeitos. Posteriormente, uma das etapas importantes no processo de FMEA é a avaliação do risco que considera três índices: Ocorrência (O), Severidade (S) e Detecção (D) (Santos *et al.*, 2017).

A análise é direcionada através de perguntas como: 1) De que maneira um componente pode falhar? 2) Que tipos de falhas são observadas? 3) Que partes do sistema são afetadas? 4) Quais são os efeitos de falha sobre o sistema? 5) Qual a importância da falha? 6) Como prever a ocorrência das falhas? (Carvalho *et al.*, 2019)

Há três índices utilizados no FMEA que auxiliam na definição de prioridade de falhas. A Severidade (S) pode ser avaliada com base em determinado parâmetro em uma escala de 0 (sem efeito) a 10 (crítico/perigoso). Uma classificação de Ocorrência (O) de 1 (nenhuma ocorrência conhecida em produtos ou processo similares) a 10 (muito alta, a falha é quase inevitável) pode ser usada para quantificar a frequências com que ocorre um modo de falha. Detecção (D) refere-se ao grau de dificuldade na detecção de falhas, este parâmetro também pode ser classificado de 1 (a falha será detectada no teste) a 10 (a falha será repassada aos beneficiários sem ser detectada) (Almeida *et al.*, 2021).

Neste sentido, o Grau de Prioridade de Risco (GPR) é calculado para priorizar as ações de correção e melhoria do processo (Fogliatto, 2011), sendo que os mais elevados devem ter a maior prioridade para medidas corretivas (Almeida *et al.*, 2021). A fórmula geral empregada para avaliação do risco é a multiplicação simples desses três fatores (Equação 12) com resultado que varia entre 1 e 1000. À medida que o risco aumenta, os valores do ranking sobem (Arabian-Hoseynabadi, Oraee e Tavner, 2010).

$$GPR = O \times S \times D$$

Equação 12

O Quadro 7 apresenta o sistema de pontuação utilizado na determinação dos fatores de ocorrência, severidade e detecção. Para a realização do trabalho será utilizado estes valores.

**Quadro 7 – Critérios para seleção dos índices do FMEA**

Índice	Ocorrência	Taxa de falhas
1	Mínima	Falhas muito improvável – 0,01/1000
2 / 3	Baixa	Falhas raramente ocorrem – 0,5/1000 - 0,1/1000
4 / 5 / 6	Moderada	Falhas ocasionais – 5/1000 – 2/1000 – 1/1000
7 / 8	Alta	Falhas ocorrem com frequência – 20/1000 – 10/1000
9 / 10	Muito Alta	Falhas quase inevitáveis – 100/1000 – 50/1000
Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	Afeta minimamente o desempenho do sistema, e a maioria dos usuários talvez nem mesmo note sua ocorrência.
2 / 3	Baixa	Leve insatisfação, o usuário observa apenas uma leve deterioração ou queda no desempenho
4 / 5 / 6	Moderada	Alguma insatisfação, devido à queda de desempenho ou mau funcionamento ou mau funcionamento de partes do sistema
7 / 8	Alta	Alta insatisfação do usuário, sem compromete a segurança ou implicar infração
9 / 10	Muito Alta	Compromete a segurança da operação ou envolve infração a regulamentos governamentais
Índice	Detecção	Critério
1	Muito Alta	Certamente será detectado – FÁCIL PERCEPÇÃO
2 / 3	Alta	Grande probabilidade de ser detectado
4 / 5 / 6	Moderada	Provavelmente será detectado
7 / 8	Pequena	Provavelmente não será detectado
9 / 10	Muito Remota	Certamente não será detectado – DIFÍCIL PERCEPÇÃO

Fonte: Adaptado de Fogliatto (2011) e Couto e Carvalho (2015).

O resultado de análise é consolidado através de um formulário (Quadro 8), que consta de uma identificação inicial que especifica se a análise se refere a um produto, ou processo, e dados de registro particulares (Couto e Carvalho, 2015). A seguir são introduzidos o nome do item, componente ou etapa do processo. Posteriormente, é registrado o modo de falha, efeito, causa e a possível existência de alguma ação de controle para que a falha analisada não ocorra.

**Quadro 8 – Formulário para a elaboração do FMEA**

Modo de falha	Efeito	S	Causa	O	Controle	D	GPR	Ações recomendadas	Responsável e prazo

Fonte: A partir de Fogliatto (2011) e Couto e Carvalho (2015).

Uma das fases de análise FMEA está relacionada com a identificação dos possíveis problemas e os efeitos que acarretará, na qual podem ser utilizadas algumas ferramentas como *brainstorming* dos processos, diagramas de causa e efeitos, 5W2H (Santos *et al.*, 2017). Com relação a matriz 5W2H, Gallegos (2023) explica que é uma ferramenta que pode ser usada para monitorar e controlar cada uma das ações propostas no Plano de Ação. Além disso,

Fogliatto (2011) afirma que a tabela FMEA responde às questões 5W1H e relaciona as perguntas básicas da matriz 5W1H com os fatores do FMEA, conforme o Quadro 9.

**Quadro 9 – Significado 5W2H da matriz e a relação ao FMEA**

Questão	Significado	Descrição/ Representação	FMEA
What?	O que?	O que deve ser feito de forma detalhada para não gerar dúvidas (etapas).	Ação
Why?	Por quê?	Justificativa do item anterior, se não for bem justificada, o plano de ação tende a fracassar (justificativa).	Modo, efeito e causa de falha
Where?	Onde?	O local, bairro, região onde será feita alguma intervenção (local).	Processo, etapa e operação
When?	Quando?	Prazo, um bom plano de ação deve ter data de início e data de conclusão (tempo).	Responsável e data
Who?	Por quem?	Define qual a pessoa que executará o que foi proposto logo no início (responsabilidade).	
How?	Como?	Detalhar a metodologia usada ou as ações tomadas para executar o plano de ação (método).	Deve estar especificado em documentos suplementares que detalham a ação a ser feita.
How Much?	Quanto?	Define o valor de tudo que será feito (custo).	Não se aplica.

Fonte: A partir de Fogliatto (2011); Marques e Olivares, (2018); e Gallegos (2023).

Segundo Bastos (2021), a variável “*How much?/Quanto?*” possui uma complexidade para realizar aferição dos valores, devida à quantidade de variáveis que podem ser envolvidas. Assim, destaca-se que não será utilizado o segundo H neste estudo, uma vez que a mensuração dos custos de cada atividade não seria objeto de análise da pesquisa.






O Plano de Ação proposto contempla a estrutura do FMEA. Dessa forma, para a elaboração do Plano de Ação proposto, será utilizada a ferramenta adaptada denominada matriz 5W1H, que resultará num cronograma operacional, visando aumentar a clareza das atividades no processo de acompanhamento da execução (Paludo e Oliveira, 2021).

### 3.9 Matriz de Amarração

A Matriz de Amarração é um recurso metodológico para análise crítica, de modo a verificar se a teoria, o método, os resultados e as implicações da pesquisa estão bem concatenados, articulados e amarrados (Mazzon, 1981, 2018).

Sendo assim, o Quadro 10 apresenta a Matriz de Amarração Metodológica da pesquisa em questão, demonstrando a aderência e a compatibilidade entre o modelo, os objetivos e as técnicas de análise definidas.

Quadro 10 - Matriz de amarração metodológica da pesquisa

<b>Problemática de pesquisa científica:</b> Qual é a eficiência nos serviços ecossistêmicos de regulação, fornecidos pelos espaços verdes urbanos públicos, em Campo Grande, no controle de águas pluviais?				
Referencial teórico	Objetivos específicos	Procedências dos dados levantados	Instrumentos de coleta dos dados	Técnica de análise de dados
Ciclo de água em meio urbano Desenvolvimento Urbano Sustentável Soluções baseadas na natureza e seus serviços ecossistêmicos. Espaços Verdes Urbanos (EVUs) públicos. Indicadores de serviços ecossistêmicos dos EVUs.	Identificar o(s) indicador(es), que avaliem os serviços ecossistemas dos espaços verdes urbanos públicos, no controle de águas pluviais;	Secundário	Levantamento de conteúdos bibliográficos (Lucas et al., 2022; Shrestha et al., 2021; Whitford, Ennos e Handley, 2001).	Técnica qualitativa de análise de categoria de conteúdo (Bardin, 2016).
	Aplicar o(s) indicador(es) de serviços ecossistêmicos nos espaços verdes urbanos públicos, no controle de águas pluviais, na cidade de Campo Grande (MS);	Secundário	Utilização de software de geoprocessamento e dados geoespaciais (Câmara <i>et al.</i> , 2004) e análise estatística descritiva (Fávero e Belfiore, 2021).	Técnica quantitativa de análise (Creswell e Creswell, 2021)
	Avaliar, especialmente, o indicador aplicado nos espaços verdes urbanos públicos, na cidade de Campo Grande (MS);	Primário/ Secundário	Sistema de Informação Geográfica (SIG) para coletar, armazenar, analisar e visualizar dados espaciais (Almeida, 2012; Fávero e Belfiore, 2021). Método Número de Curva (USDA, 1986); Índice de Áreas Verdes (IAV) (Santos, Ferreira e Gomes, 2020) (ABNT, 2019) e indicador da NBR ISO 37.121:2021 (ABNT, 2021).	Técnica qualitativa de análise (Creswell e Creswell, 2021)
	Apresentar um Plano de Ação, que auxilie os gestores públicos na tomada de decisões, com uso de ferramentas de avaliação dos espaços verdes urbanos públicos, visando o controle de águas pluviais.	Secundário	Levantamento de conteúdos bibliográficos. Método FMEA (Couto e Carvalho, 2015; Fogliatto, 2011).	Técnica qualitativa de análise de categoria de conteúdo.
				
<b>Objetivo geral:</b> Avaliar a eficiência nos serviços ecossistêmicos de regulação, fornecidos pelos espaços verdes urbanos públicos, na cidade de Campo Grande (MS), no controle de águas pluviais.				

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da metodologia exposta anteriormente e discussões com outros estudos que utilizaram os indicadores para avaliação dos serviços ecossistêmicos dos EVUs públicos, principalmente, com a regulação das águas pluviais na ocorrência de eventos hidrológicos extremos.

Os próximos subcapítulos de 4.1 a 4.6 apresentam os dados e os resultados da aplicação do método CN como um indicador de eficiência dos EVUs públicos na retenção de águas pluviais para comparação como os demais indicadores propostos, expostos no subcapítulo 4.7.

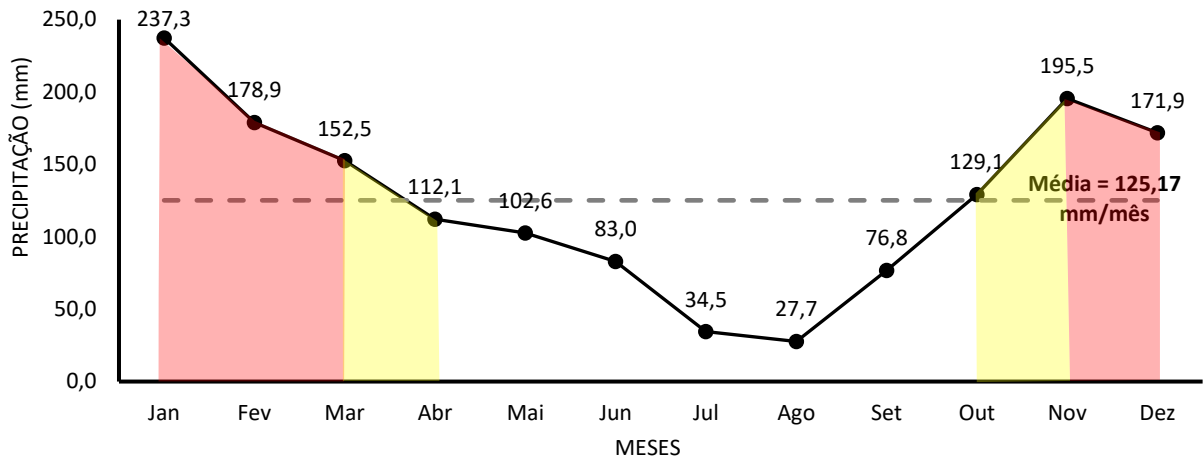
Para a aplicação do IAV e dos indicadores da NBR utilizou como referência populacional e área os bairros inseridos nas possíveis áreas de contribuição de chuva dos pontos dos eventos hidrológicos, sugerindo uma adaptação das equações. Para a comparação dos resultados, foi feito o mesmo com o indicador que utiliza o método CN.

A análise comparativa entre os indicadores selecionados foi realizada e com os resultados obtidos e discussões, elaborou um Plano de Ação com a utilização do Método FMEA no subcapítulo 4.10.

### **4.1 Dados climáticos de Campo Grande**

A precipitação mostra distribuição desiguais em relação ao tempo em Campo Grande (MS). As chuvas se concentram, principalmente, na estação de verão, nos meses entre novembro e março, representando 62,33% da precipitação anual. Os frequentes incidentes de chuvas no meio urbano nesta estação podem facilmente causar desastres por eventos hidrológicos. Para o período entre 2012 e 2022, a média de precipitação anual foi de 1.502,00 mm e a média mensal de 125,17 mm (PMCG e PLANURB, 2022) (Figura 10).

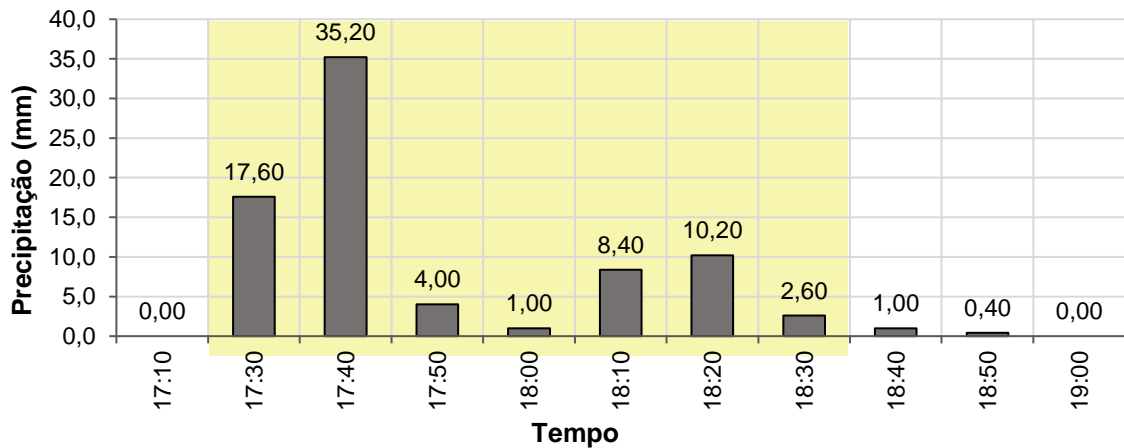
**Figura 10 – Precipitação média acumulada mensal (mm/mês) em Campo Grande (MS) para o período de análise de 2012 a 2022**



Fonte: A partir de PMCG e PLANURB (2022).

Segundo a NBR ISO 37.123:2021, os eventos hidrológicos extremos são eventos com precipitação acima de 50 mm por dia. Sendo assim, para este estudo foi selecionado um dos eventos pluviométricos registrado em 17/01/2023 em Campo Grande (MS), que resultou em 79 mm de precipitação em aproximadamente 60 minutos (Figura 11) (CEMADEN, 2023).

**Figura 11 – Eventos hidrológicos extremos em 17 de janeiro de 2023 com acumulado de 79 mm em 1 hora**

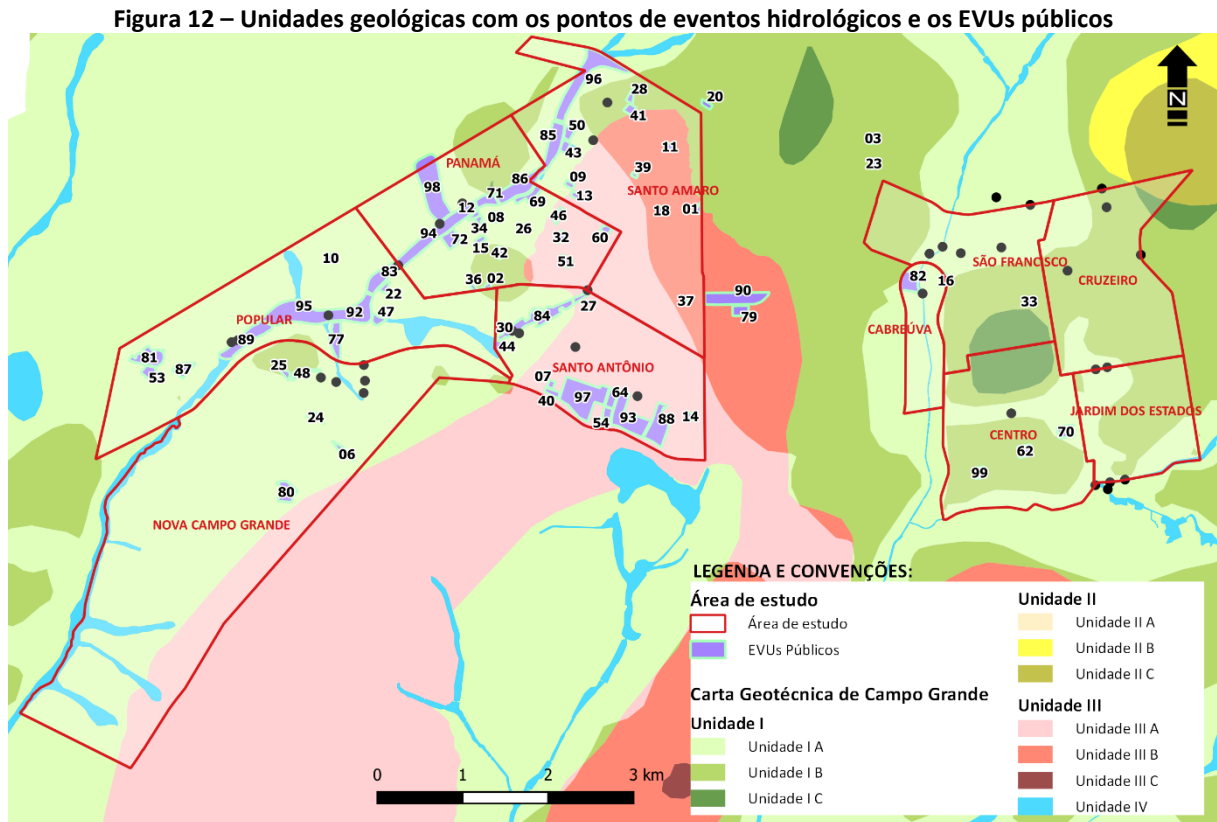


Fonte: CEMADEN (2023).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, dos dados analisados para o período entre janeiro de 2003 a novembro de 2023, o maior volume de chuva em uma hora foi registrado em 11 de março de 2022, com o registro de 75,4 mm às 22:00.

## 4.2 Grupo hidrológico do solo

Para determinar os grupos hidrológicos nos EVUs públicos e aplicação do método Número de Curva (Método CN), utilizou-se a Carta Geotécnica de Campo Grande (MS) (PLANURB, 2020), a qual apresenta as unidades geológicas representadas na Figura 12 para a área de estudo selecionada.



Fonte: A partir de PLANURB (2020), com o software QGIS®.

Conforme observado na figura, as áreas dos parques lineares e áreas de preservação permanentes correspondem a unidade geológica IV, com características pedológicas de Gleissolos Háplicos Distróficos e Neossolos Litólicos e Regolíticos, que corresponde ao Grupo hidrológico D.

O grupo hidrológico do solo D, em Campo Grande, está associado aos cursos hídricos e as planícies de inundação, com solo com característica de retenção de água, textura de areia ou areia fraca e presença de rochas, possuindo um coeficiente de infiltração de água no solo baixo.

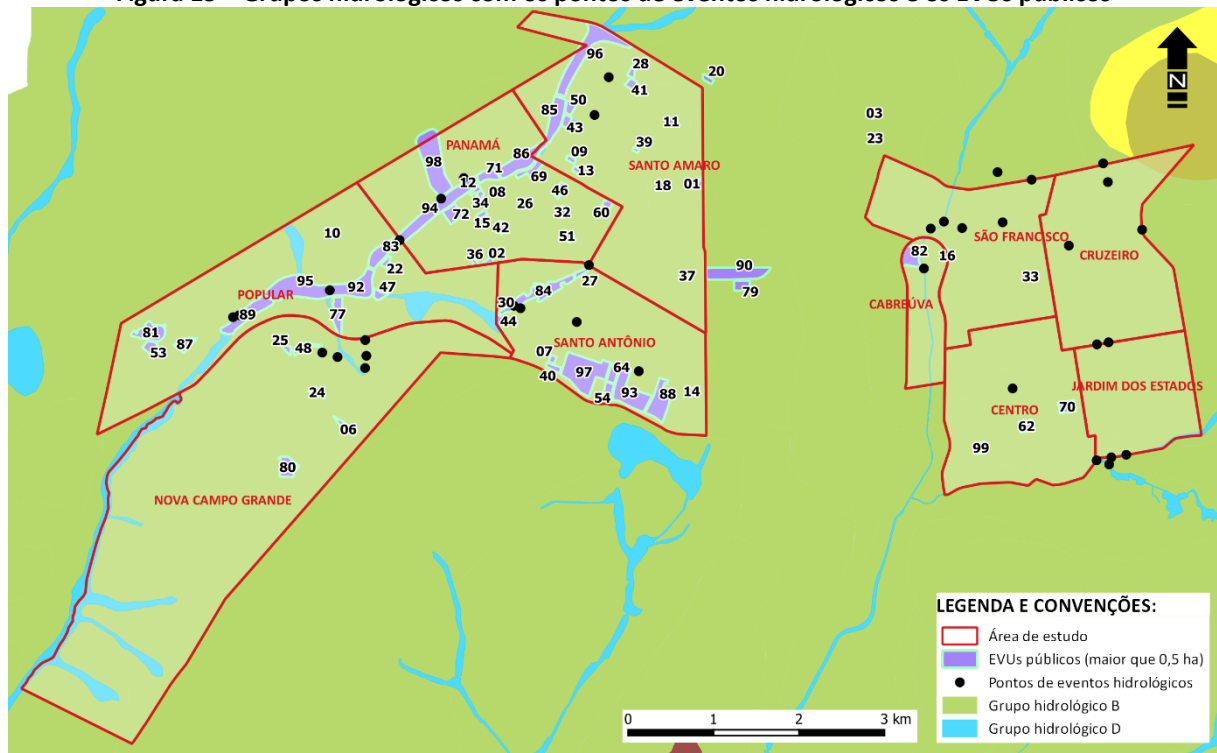
Assim, observa-se pelo Quadro 11 que os EVUs públicos selecionados estão localizados, principalmente, nas unidades I A e B; unidades III A e B; e unidade IV, que corresponde aos grupos hidrológicos do solo B e D.

Quadro 11 – Unidades geológicas conforme a pedologia para definição do grupo hidrológico		
Unidades homogêneas	Pedologia	Grupo Hidrológico
Unidade I A	Latosolos Vermelhos Distróficos; Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos; Nitossolos Vermelhos Distróficos:	GRUPO B (80%)
Unidade I B		
Unidade III A	Latosolos Vermelhos Distróficos; Latossolos Amarelos Distróficos; Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos; Neossolos Quartzarênicos Órticos; Neossolos Litólicos e Regolíticos; Gleissolos Háplicos Distróficos	
Unidade III B		
Unidade IV	Gleissolos Háplicos Distróficos; Neossolos Litólicos e Regolíticos	GRUPO D (20%)

Fonte: A partir de PLANURB (2020).

Com o intuito de simplificar a identificação dos grupos hidrológicos analisados neste estudo, elaborou-se a Figura 13. Nesta, é evidente que 80% dos EVUs públicos estão situados no grupo hidrológico B, enquanto os restantes 20% estão inseridos no grupo hidrológico D.

Figura 13 – Grupos hidrológicos com os pontos de eventos hidrológicos e os EVUs públicos



Fonte: Autora (2024), com o software QGis®.

O grupo hidrológico B possui permeabilidade variada de baixa a alta, alta suscetibilidade de erosão e nível de água muito próximo superfície a aflorante em período de

chuva. Enquanto o grupo D está associado aos cursos hídricos e planícies inundadas, com solo com características de retenção de água, com coeficiente de infiltração baixa, coincidindo com as áreas de proteção permanente e margens dos córregos, caracterizados pela presença de vegetação.

Na pesquisa conduzida por Valle Junior, Rodrigues e Oliveira (2019) na bacia do Guariroba, localizada no município de Campo Grande, optaram-se por empregar a classificação do solo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

Nessa análise, identificaram predominantemente o solo Neossolo Quartzarênico Ortopênico - NQo com textura arenosa (95,71%), Latossolo Vermelho Distrófico – LVd com textura franco-arenosa (0,52%) e Neossolo Quartzarênico Hidromórfico – RQg com textura arenosa (3,77%).

Os pesquisadores classificaram o solo LVd no grupo hidrológico B, enquanto os solos NQo e RQg foram categorizados no grupo hidrológicos A, devido às elevadas taxas de infiltração observadas. Essa distinção reflete a influência dessas características na dinâmica hidrológica da região estudada.

#### **4.3 Categorização e determinação do CN dos EVUs públicos**

Primeiro foram definidos quais os EVUs públicos selecionados como objetos de estudo. A delimitação desses espaços considerou as praças, parques, áreas de preservação permanentes (APP), parques lineares, áreas institucionais sem uso definido, que pode ser utilizado como EVUs, com área superior a 0,5 hectares.

Foram selecionados 70 EVUs públicos, sendo 29 praças, 22 áreas institucionais; 17 parques lineares e APP e 2 parques. Em área, as praças possuem 14,29%, 25,15% são áreas institucionais, 56,82% são parques lineares e APP; e 3,74% são parques. Para cada um desses espaços foram categorizados os tipos de áreas: gramado; impermeabilizado, e/ou massas arbóreas, conforme ilustrações abaixo (Figura 14).

**Figura 14 – Delimitações das áreas de contribuições de cada EVUs públicos, exemplo de duas praças**



Fonte: Autora (2024), com o software QGIS®.

Na área de estudo, os EVUs públicos levantados totalizaram 76.738,23 m<sup>2</sup> de áreas impermeáveis, 1.000.117,33 m<sup>2</sup> de área permeável e 1.634.656,14 m<sup>2</sup> de massas arbóreas. A utilização por massas arbóreas foi devido à inexistência do inventário de árvores em Campo Grande.

Usando as classificações SCS como base, os números das curvas (CN) de solo foram atribuídos aos vários tipos de cobertura, conforme apresentado na Tabela 3. Existe uma adaptação do método para os solos do estado de São Paulo, os quais são suficientemente abrangentes para ser aplicada aos solos de outros estados brasileiros (Tucci, 1995).

**Tabela 3 – Valores de CN escolhidos em função da cobertura e da condição hidrológica de solo (condição II de umidade)**

Tipo de uso do solo/ tratamento/ Condições hidrológicas		Grupo Hidrológico do solo	
		B	D
Grupos arbóreos em praças e parques	Condições médias	55	77
Campos (gramado) – área permeável	Condições boas	58	78
Parques lineares e Áreas de Proteção Permanente (APP) – Floresta	Condições boas	60	79
Florestas (vegetação arbórea em áreas institucionais)	Condições ruins	66	83
Calçadas pavimentadas		98	98

Fonte: Adaptado de Tucci (1995, p. 118) e USDA (1986).

Assim, foi possível calcular o valor médio de CN considerando todos EVUs públicos de 64,70, sendo o menor valor de CN médio de 55,77 e o maior de 79,41. Sendo o primeiro, trata-se de uma praça no Bairro Santo Amaro (ID 50) que não possui área impermeável, somente

área de gramado (permeável) e massas arbóreas, apresenta o melhor resultado para o CN médio (Figura 15).

**Figura 15 – Delimitações das áreas de contribuições de uma praça do Bairro Santo Amaro (ID 50)**



Fonte: Autora (2024), com o software QGIS®.

Já o maior valor de CN, trata-se de um parque linear localizado no Bairro Popular (ID 95). Esta apresenta áreas de massa arbórea, porém possui áreas impermeáveis de calçadas e vias para atividades na parte externa e encontra-se em área com solo caracterizado como do grupo hidrológico D, com baixa capacidade de infiltração de água (Figura 16). O resultado com todos os CN médios para cada EVU público estão no Anexo B.

**Figura 16 – Delimitações das áreas de contribuições de um trecho do parque linear no Bairro Popular (ID 95)**



Fonte: Autora (2024), com o software QGIS®.

#### 4.4 Intensidade de chuva e precipitação total

Para calcular a intensidade de chuva para a cidade de Campo Grande (MS), esta pesquisa utiliza a equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF), que deve ser utilizada para a formulação de cenários, diagnóstico e prognóstico das inundações (Campo Grande, 2015), com a Equação 13.

$$I = \frac{1973,15 \cdot T^{0,178}}{(t + 22)^{0,8577}} \quad \text{Equação 13}$$

Onde T é o tempo em anos; t é a duração em minutos; e I é a intensidade em mm/h. Sendo a precipitação total do evento para o método racional utiliza a Equação 2, onde I é a intensidade em mm/h; e tc é o tempo de concentração em horas.

Realizaram-se os cálculos considerando 2 tempos de retorno, de 10 e de 20 anos, com duração de chuva de 60 minutos. Sendo que, o período de retorno de 10 anos, foi o recomendado pelo Manual de Drenagem do Plano Diretor de Drenagem (PMCG e Consórcio RES, 2018a, p. 29), para aplicação em microdrenagem com características residenciais.

Para a duração de chuva, considerou-se a afirmação de USDA (1986), de que se for utilizada a frequência de 10 anos e precipitação de 24 horas, a hora mais intensa se aproximará do volume de precipitação de 10 anos e 1 hora. Isso é, as distribuições de chuvas foram projetadas para conter a intensidade de qualquer duração de chuva para a frequência de chuva do evento escolhido.

Sendo assim, para o tempo de retorno de 20 anos, a intensidade de chuva é de 76,783 mm/h e tempo de retorno de 2 anos, conforme o manual de drenagem do plano diretor de drenagem - para microdrenagem com características residenciais (PMCG e Consórcio RES, 2018b, p. 29), para a mesma duração, tem-se a intensidade de 50,964 mm/h. Ainda, considerou-se a precipitação máxima em 60 minutos identificada de 79 mm, conforme subcapítulo 4.1 (Tabela 4). Diante o exposto, esta pesquisa utiliza a média de precipitação total de 68,916 mm, considerando o tempo de duração da chuva de 60 minutos.

**Tabela 4 – Resultados dos valores de precipitação em Campo Grande (MS), em mm**

TR = 2 anos em 60 min.	TR = 20 anos em 60 min.	Máxima precipitação em 60 min.	Média
50,964	76,783	79,000	68,916

Fonte: Autora (2024).

#### 4.5 escoamento superficial

Utilizando a Equação 3 em conjunto com as informações da precipitação total média (subcapítulo 4.4) e o CN médio para cada EVU público (subcapítulo 4.2), foi possível realizar o cálculo do escoamento superficial. Esse cálculo permite avaliar a quantidade de águas pluvial escoada pela superfície, diferenciando-se conforme o tipo de cobertura do solo.

Consequentemente, quanto menor for o escoamento superficial, maior será a eficiência do EVU público no controle de águas pluviais na cidade de Campo Grande. Os resultados dessa análise estão detalhados no Anexo B e discutidos pormenorizadamente no subcapítulo 4.6.

#### 4.6 Aplicação do método CN

Considerando a precipitação total média de 68,916 mm/h, foi realizado o cálculo do escoamento superficial para os 70 EVUs públicos na área de estudo selecionada. Os resultados do CN médio e do escoamento superficial pode ser observado na Tabela 5, os demais parâmetros detalhados estão no Anexo B. A área total apresentada para os EVUs públicos, trata-se do somatório das áreas impermeáveis, áreas permeáveis (gramado) e áreas das massas arbóreas.

**Tabela 5 – Resultado da aplicação do método CN para cada EVUs públicos na área de estudo selecionada, em ordem crescente do escoamento superficial (Pe)**

Nota: ID – número de identificação; GH – Grupo Hidrológico do Solo; CN – Curva de Número; Pe – Escoamento Superficial

ID	Bairros	Tipo EVUs púb.	Área Total (m <sup>2</sup> )	GH	CN MÉDIO	Pe (mm)
50	Santo Amaro	Praça	13.831,88	B	55,77	3,56
12	Panamá	Praça	7.061,12	B	56,29	3,83
22	Popular	Praça	9.013,02	B	56,77	4,09
72	Panamá	Praça	29.917,41	B	56,87	4,14
14	Santo Antônio	Praça	8.467,06	B	57,25	4,35
80	Nova Campo Grande	Praça	42.104,92	B	57,27	4,36
15	Panamá	Praça	7.454,84	B	57,63	4,56
77	Popular	Parque	43.717,27	B	57,67	4,59
81	Popular	Parque	57.758,90	B	57,72	4,62
40	Santo Antônio	Praça	11.302,91	B	57,80	4,66
46	Panamá	Praça	11.954,66	B	57,81	4,67
3	Nasser	Área inst.	6.356,83	B	58,00	4,78
27	Santo Antônio	Parque linear/APP	8.903,74	B	58,00	4,78
87	Popular	Praça	25.411,27	B	58,00	4,78
64	Santo Antônio	Área inst.	22.180,99	B	58,07	4,82
54	Santo Antônio	Área inst.	16.232,56	B	58,11	4,84
90	Sobrinho	Área inst.	98.460,64	B	58,10	4,84
93	Santo Antônio	Área inst.	111.683,10	B	58,11	4,84
97	Santo Antônio	Área inst.	164.937,70	B	58,14	4,86

ID	Bairros	Tipo EVUs públ.	Área Total (m <sup>2</sup> )	GH	CN MÉDIO	Pe (mm)
23	Nasser	Área inst.	9.505,70	B	58,19	4,89
53	Popular	Praça	17.402,15	B	58,30	4,95
7	Santo Antônio	Área inst.	5.943,52	B	58,31	4,96
42	Panamá	Praça	11.521,62	B	58,32	4,97
28	Santo Amaro	Área inst.	10.202,80	B	58,34	4,98
88	Santo Antônio	Área inst.	79.887,44	B	58,54	5,10
51	Panamá	Praça	15.681,30	B	58,98	5,37
10	Popular	Praça	6.856,90	B	59,09	5,43
36	Panamá	Área Inst.	3.889,13	B	59,08	5,43
18	Santo Amaro	Praça	9.285,36	B	59,11	5,45
33	São Francisco	Praça	10.910,02	B	59,14	5,46
25	Nova Campo Grande	Área inst.	9.197,56	B	59,18	5,49
41	Santo Amaro	Praça	11.259,74	B	59,18	5,49
34	Panamá	Área inst.	6.302,68	B	59,73	5,84
43	Santo Amaro	Parque linear/APP	11.192,32	B	60,00	6,01
69	Panamá	Parque linear/APP	24.537,24	B	60,00	6,01
48	Nova Campo Grande	Área inst.	12.925,62	B	60,05	6,04
37	Santo Amaro	Área inst.	5.574,59	B	61,13	6,77
26	Panamá	Praça	8.927,39	B	61,70	7,16
79	Sobrinho	Área inst.	22.152,65	B	62,08	7,44
8	Panamá	Área inst.	6.672,24	B	62,45	7,70
9	Santo Amaro	Praça	7.714,93	B	62,62	7,83
39	Santo Amaro	Área inst.	3.140,61	B	63,32	8,36
11	Santo Amaro	Área inst.	5.806,43	B	63,34	8,37
20	José Abrão	Praça	9.156,17	B	64,21	9,05
1	Santo Amaro	Praça	6.619,63	B	65,46	10,07
2	Panamá	Praça	7.628,37	B	65,74	10,30
6	Nova Campo Grande	Praça	11.973,54	B	66,16	10,66
24	Nova Campo Grande	Praça	9.060,54	B	66,63	11,07
13	Santo Amaro	Praça	7.753,88	B	67,13	11,52
60	Panamá	Área inst.	10.227,43	B	67,86	12,18
99	Centro	Praça	14.519,99	B	67,86	12,18
16	Cabreúva	Praça	21.713,17	B	69,15	13,41
82	Cabreúva	Área inst.	61.012,07	B	71,98	16,31
62	Centro	Praça	21.990,21	B	72,09	16,43
32	Panamá	Área inst.	9.686,21	B	73,04	17,49
70	Centro	Praça	25.487,68	B	74,75	19,47
98	Panamá	Parque linear/APP	156.997,22	D	78,81	24,71
30	Santo Antônio	Parque linear/APP	9.205,50	D	79,00	24,98
44	Santo Antônio	Parque linear/APP	372.338,43	D	79,00	24,98
47	Popular	Parque linear/APP	12.716,41	D	79,00	24,98
71	Panamá	Parque linear/APP	26.939,84	D	79,00	24,98
83	Popular	Parque linear/APP	67.705,07	D	79,00	24,98
85	Santo Amaro	Parque linear/APP	57.986,90	D	79,00	24,98
86	Panamá	Parque linear/APP	87.250,54	D	79,00	24,98
89	Popular	Parque linear/APP	81.735,56	D	79,00	24,98
92	Popular	Parque linear/APP	97.166,67	D	79,00	24,98
94	Panamá	Parque linear/APP	139.921,96	D	79,00	24,98
96	Santo Amaro	Parque linear/APP	152.100,03	D	79,00	24,98
84	Santo Antônio	Parque linear/APP	81.629,29	D	79,06	25,06
95	Popular	Parque linear/APP	152.268,63	D	79,41	25,55

Fonte: Autora (2024).

Analisando a Tabela 5, o valor do escoamento superficial (Pe) varia entre 3,59 mm (ID 50 – Santo Amaro) e 25,55 mm (ID 95 – Popular), no qual os valores próximos de 0,0 representam menor escoamento superficial e melhor a eficiência dos EVUs públicos no controle de águas pluviais. A área de estudo compreende 10 bairros e 4 tipologias de EVUs públicos (praças; parques; parques lineares e APP; e áreas institucionais vazias).

Para finalidade de análise dos resultados com a utilização do método CN e comparação com os indicadores, foram considerados o cenário atual observado e dois cenários hipotéticos por bairros da área de estudo selecionada. Um dos cenários hipotéticos é considerando que todas as áreas dos EVUs públicos fossem arborizadas com condições de floresta média (CN = 55 para o Grupo B; CN = 79 para o Grupo D) (Cenário 1).

O outro cenário (Cenário 2) considera que as áreas permeáveis fossem completamente arborizadas, mantendo as condições semelhantes ao cenário atual nos valores do CN. Os resultados obtidos por bairros são expostos na Tabela 6, ponderando que a precipitação total adotada foi de 68,916 mm.

**Tabela 6 – Resultados obtidos com o método CN para cada cenário**

Bairros	Cenário atual		Cenário 1		Cenário 2	
	CN médio	Pe (mm)	CN médio	Pe1 (mm)	CN médio	Pe2 (mm)
Cabreúva	70,57	16,45	55,00	✓ 6,10	72,09	✗ 18,14
Centro	71,57	17,55	55,00	✓ 6,27	72,62	✗ 18,75
Cruzeiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jardim dos Estados	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nova Campo Grande	61,86	8,45	55,00	✓ 4,83	63,25	✗ 9,54
Panamá	65,07	11,08	60,33	✓ 8,33	65,62	✗ 11,57
Popular	67,54	13,36	65,91	✓ 12,36	66,18	✓ 12,08
Santo Amaro	64,11	10,26	58,69	✓ 7,18	65,13	✗ 11,13
Santo Antônio	63,28	9,57	61,00	✓ 8,30	66,96	✗ 12,80
São Francisco	59,14	6,49	55,00	✓ 4,48	57,78	✓ 5,61

Fonte: Autora (2024).

Ao analisar a Tabela 6 em relação aos resultados calculados para os CN médios dos EVUs públicos em cada bairro, nota-se que os bairros Cruzeiro e Jardim dos Estados registram um escoamento superficial de 0,0 mm. Isso ocorre devido à ausência de EVUs públicos com área superior a 0,5 hectares nesses bairros.

Na continuação da análise, observa-se na Tabela 6 que a modificação das condições dos EVUs públicos do cenário atual para o Cenário 2 resulta apenas em melhorias na redução do escoamento superficial para dois bairros na área de estudo: Popular e São Francisco.

Diante desse cenário, sugere-se a consideração de medidas voltadas para a implementação de mais árvores em áreas atualmente gramadas ou sem coberta nesses bairros, mantendo as áreas impermeáveis e sem alterações dos valores de CN da Tabela 3 (pág. 67).

O cenário 1 propõe alterações nas condições de vegetação, adotando valores de CN correspondentes a 55 para o Grupo B e 79 para o Grupo D. O primeiro grupo representa condições médias de massa arbóreas presentes em praças e parques, enquanto o segundo denota condições ideais (boas) de florestas localizadas em parques lineares e áreas de preservação permanente. Neste cenário, não se contemplam as áreas impermeáveis nem a substituição de calçadas pavimentadas por materiais drenantes.

Uma opção seria a substituição por material drenante, como o pavimento de concreto intertravado, conforme exposto no estudo de Lucas *et al.* (2022) realizado em Pato Branco (PR), que apresentou resultados dos valores de CN entre 52,2 e 60,1 em solo argiloso na utilização de tal material drenagem. Isto contribuiria para redução do escoamento superficial em EVUs públicos, melhorando a eficiência no controle de águas pluviais.

Outra opção para melhor a retenção de água e reduzir o escoamento superficial de águas pluviais, seria optar por pequenas cavidades no terreno, nas quais as águas se acumulam (exemplos de lagos e lagoas), que podem desempenham um papel importante na retenção natural da água (Halecki, Stachura e Fudała, 2022). Além de práticas de infiltração, de canal aberto com vegetação, lagoas de detenção, lagoas de retenção, pântanos e áreas com vegetação inclinada (Mosleh, Negahban-Azar e Pavao-Zuckerman, 2023).

No cenário 1 haveria a melhoria com a redução do escoamento superficial dos EVUs públicos, bem como resultaria na melhor eficiência dos EVUs públicos na retenção de águas pluviais e infiltração da água no solo. Isso ocorreria em todos os bairros avaliados, exceto os bairros Cruzeiro e Jardim dos Estados, que não apresentaram o quantitativo desses espaços. E uma redução mais significativa para os bairros Cabreúva e Centro.

Diante dessa consideração, corroborada pela análise de Halecki, Stachura e Fudała (2022), de que a urbanização acarreta uma diminuição na capacidade de infiltração do solo, especialmente em áreas onde os solos de baixa permeabilidade apresentam uma capacidade de retenção muito reduzida, intensificando, assim, o escoamento de águas pluviais. Essa

afirmação também se evidencia no contexto dos EVUs públicos, conforme a utilização desse indicador.

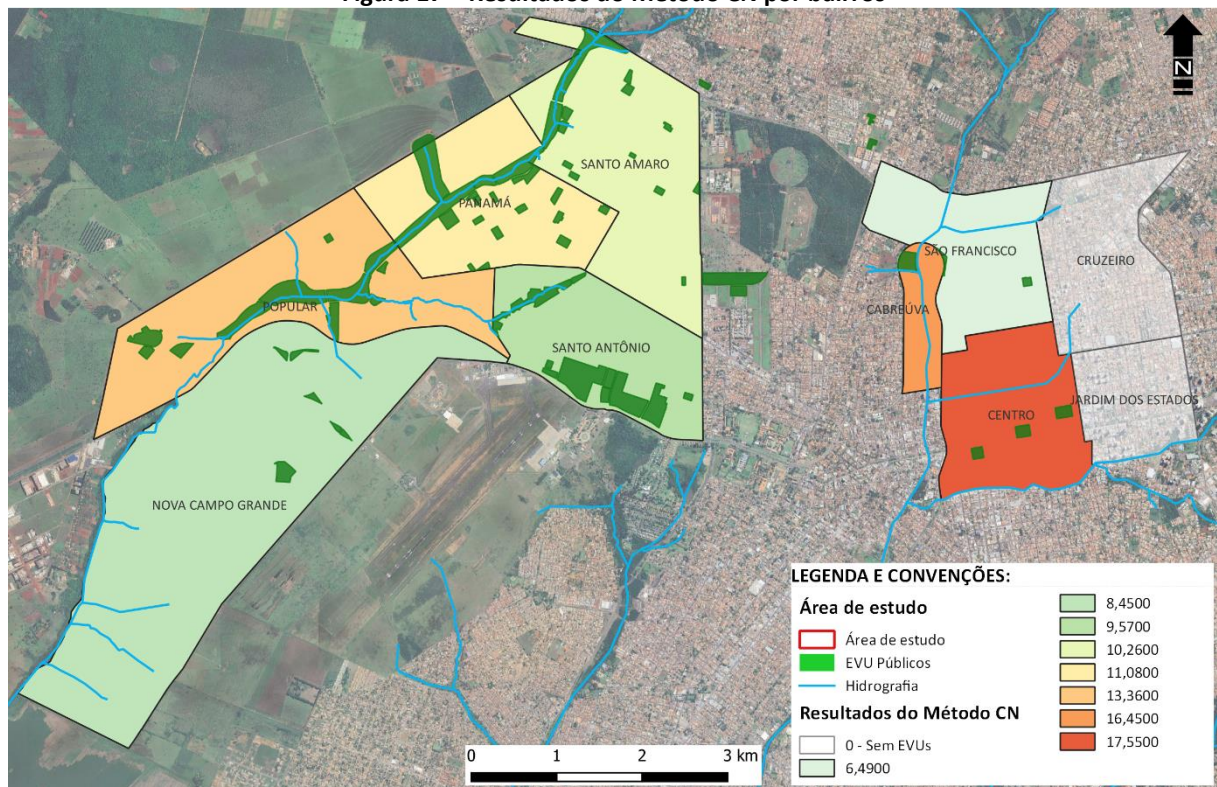
Para os resultados obtidos para cada bairro selecionado, observa-se que os bairros Cabreúva e Centro apresentando valores maiores que os demais bairros, o que permite identificar que são bairros com maior capacidade de escoamento superficial em seus EVUs públicos, conforme exposto na Tabela 7 e, por meio da análise espacial, com a Figura 17.

**Tabela 7 – Resultados obtidos para o indicador Método CN por bairros**

Bairros	Área (km <sup>2</sup> )	EVUs (km <sup>2</sup> )	Método CN Pe (mm)
Cabreúva	0,759	0,0554	16,45
Centro	2,908	0,0226	17,55
Cruzeiro	2,816	0,00	0,00
Jardim dos Estados	1,684	0,00	0,00
Nova Campo Grande	10,083	0,0776	8,45
Panamá	3,736	0,2759	11,08
Popular	5,074	0,1577	13,36
Santo Amaro	4,759	0,0711	10,26
Santo Antônio	3,301	0,436	9,57
São Francisco	2,74	0,0097	6,49

Fonte: Autora (2024).

**Figura 17 – Resultados do Método CN por bairros**



Fonte: Autora (2024), com a ferramenta QGIS®.

#### 4.7 Aplicação do IAV e indicador 1 - NBR ISO 37.120:2019

Assim como no estudo de Oliveira (2022), utilizou-se a avaliação da cobertura verde por habitante, a fim de avaliar a veracidade da aplicação de índice de áreas verdes (IAV) urbanas e adotando o parâmetro preconizado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana -SBAU, que recomenda que sejam destinados 15,0 m<sup>2</sup> de áreas verdes por habitante (SBAU, 1996).

Segundo Santos, Ferreira e Gomes (2020), não há uma descrição técnica ou recomendação metodológica associada ao valor de 15,0 m<sup>2</sup> por habitante, sobre como estabelecer este índice e quais as características que o sistema de áreas verdes da cidade deve apresentar para que este valor se constitua em um índice adequado à realidade das cidades brasileiras.

Observa-se na Tabela 8, nota-se que apenas os bairros Santo Antônio, Cabreúva e Panamá apresentam IAV maiores que 15,0 m<sup>2</sup>/Hab., 36,12; 27,88 e 15,16 m<sup>2</sup>/Hab., respectivamente. Já o Bairro São Francisco fica aquém com relação aos índices com apenas 0,83 m<sup>2</sup>/Hab., sendo necessário o planejamento urbano visando aumentar este índice. Este bairro possui somente um EVU público com área superior a 0,5 hectares, com 6,47% de área impermeável; 45,21% de área permeável e 48,31% de área de massa arbórea. Para este indicador melhor neste bairro, teria que aumentar a quantidade de EVUs públicos, assim como implantar estes espaços nos bairros Cruzeiro e Jardim dos Estados.

**Tabela 8 – Resultados do IAV e do Indicador 1 por bairros da área de estudo selecionada**

<b>BAIRROS</b>	<b>POP. (2022)</b>	<b>EVUs Púb. (ha)</b>	<b>EVUs Púb. (m<sup>2</sup>)</b>	<b>IAV (m<sup>2</sup>/Hab.)</b>	<b>Ind1 (ha/100 mil hab.)</b>
Cabreúva	1.985	5,5343	55.342,08	27,88	278,81
Centro	9.001	2,2543	22.543,64	2,50	25,04
Cruzeiro	10.220	0,00	0,00	0,00	0,00
Jardim dos Estados	4.299	0,00	0,00	0,00	0,00
Nova Campo Grande	20.950	7,7719	77.720,28	3,71	37,10
Panamá	18.196	27,5774	275.774,02	15,16	151,56
Popular	19.401	15,7785	157.784,78	8,13	81,33
Santo Amaro	21.699	7,1126	71.126,74	3,28	32,78
Santo Antônio	12.071	43,6047	436.046,62	36,12	361,24
São Francisco	11.607	0,9681	9.681,14	0,83	8,34

Fonte: Autora (2024).

Para comparação com os resultados obtidos, expõe o estudo de Lugão e Alvarez (2021) que utilizaram o mesmo indicador de áreas verdes por 100 mil habitantes para duas regiões

de Vitória (ES) e obtiveram os índices de 27,63 e 67,78 ha/Hab. Com relação a este estudo, os valores do Ind1 apresentam valores superiores de 282,36 ha/Hab.; porém, o menor índice ainda é pior que o de Vitória (ES) com resultado de 8,18 ha/Hab., desconsiderando os resultados igual a zero.

Já no estudo de Santos, Ferreira e Gomes (2020) apontaram que Aracaju (SE) possui o valor de apenas 3,4 m<sup>2</sup>/Hab., em uma situação muito aquém de uma situação ideal, apresentando um grande déficit de áreas verdes públicas. Neste caso, considerando o indicador IAV, 3 bairros da área de estudo selecionada apresentaram resultados ainda piores que o valor para Aracaju (SE).

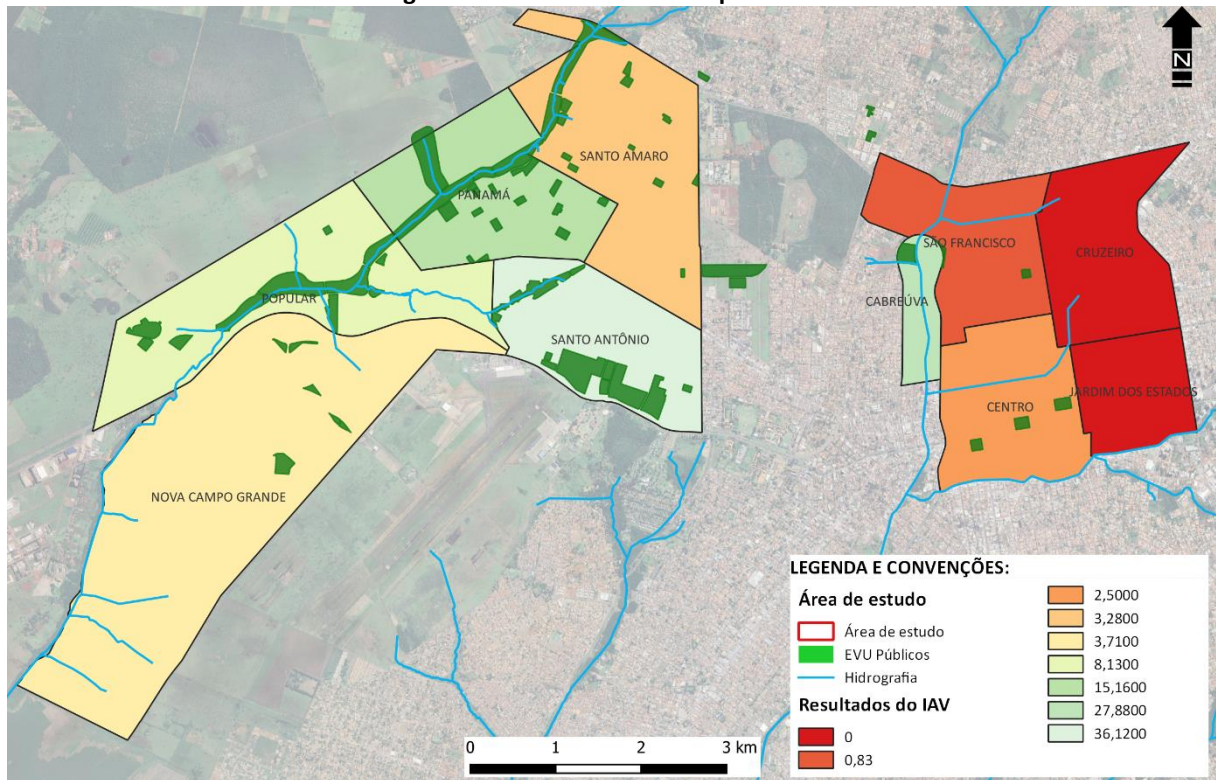
Além disso, ao considerar Goiânia como a cidade brasileira com a maior proporção de área verde por habitante, atingindo com 94 m<sup>2</sup>/hab., e ocupando o segundo lugar global, ficando atrás apenas de Edmonton, no Canadá, com 100 m<sup>2</sup>/hab. (Santos, 2021), torna-se evidente a destacada importância atribuídas aos EVUs.

Contudo, ao avaliar as áreas de estudo selecionadas, percebe-se que para alcançar esses valores, considerando os bairros, seria necessário reduzir a densidade populacional ou aumentar de maneira significativa a extensão dos EVUs públicos, em alguns casos, ultrapassando a própria área do bairro.

Sendo assim, para comparar o IAV com Goiânia e Edmonton, é crucial verificar a escala utilizada. Considerando os elevados valores, destaca-se que tal índice para comparação deve levar em conta a área total do município, não se restringido apenas à área urbanizada.

Este estudo realizou uma análise em menor escala para permitir identificar particularidades locais que complementam a avaliação e as soluções para as fragilidades urbanas. Ainda, se considerado o paralelo de parâmetros de 15,0 m<sup>2</sup>/hab. para 150,00 ha para 100 mil habitantes, expõe que o indicador para a área de estudo selecionada possui valores inferiores na maioria dos bairros analisados. Assim, a Figura 18 expõe os resultados obtidos com o indicador IAV por bairros, na qual observa-se que os bairros Cruzeiros e Jardins dos Estados apresentam os piores resultados.

Figura 18 – Resultados do IVA por bairros



Fonte: Autora (2024), com a ferramenta QGIS®.

#### 4.8 Aplicação do indicador 2 - NBR ISO 37.123:2021

O cálculo do Indicador 2 utilizou área total de cada bairro (em km<sup>2</sup>) e as áreas permeáveis dos EVUs públicos (km<sup>2</sup>) para obter o percentual da relação entre os dois dados, área do bairro e área permeável do EVU público, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultado do Indicador 2 por bairros da área de estudo selecionada

Bairros	Áreas dos bairros (km <sup>2</sup> )	Áreas Permeáveis dos EVUs Públicos (km <sup>2</sup> )	Ind2 (%)
Cabreúva	0,759	0,0554	7,30
Centro	2,908	0,0226	0,78
Cruzeiro	2,816	0,00	0,00
Jardim dos Estados	1,684	0,00	0,00
Nova Campo Grande	10,083	0,0776	0,77
Panamá	3,736	0,2759	7,38
Popular	5,074	0,1577	3,11
Santo Amaro	4,759	0,0711	1,49
Santo Antônio	3,301	0,436	13,21
São Francisco	2,74	0,0097	0,35

Fonte: Autora (2024).

Os resultados apresentados refletem a porcentagem de áreas e espaços públicos pavimentados como materiais porosos e drenantes em relação à área total da cidade, conforme

indicado por Sgarbi (2020). O presente estudo delimitou as áreas permeáveis considerando exclusivamente as superfícies permeáveis que abrangem vegetação (e.g. gramíneas e florestas) e solo descoberto.

Em outras palavras, não foram incluídas como áreas permeáveis, os pavimentos construídos com materiais porosos e drenantes, devido à falta de informações desses materiais nos EVUs públicos na cidade de Campo Grande (MS).

Conforme destacado por Sgarbi (2020), as cidades podem utilizar materiais porosos e drenantes na construção de espaços e pavimentos públicos para atenuar a gravidade e as consequências das inundações, possibilitando a infiltração da água da superfície urbana no solo, ou seja, armazenada abaixo da superfície.

O estudo de Sgarbi (2020) revelou um percentual de 5,97% dos espaços públicos com áreas permeáveis da subprefeitura do Butantã (SP). Além disso, ressalta que o planejamento urbano é essencial na construção de uma cidade resiliente, contribuindo para a compreensão da importância das áreas verdes na promoção da permeabilidade para enfrentar grandes precipitações pluviais. O estudo também destacou a relevância de obras voltadas para a redução de riscos.

Na área de estudo selecionada, os percentuais obtidos estão entre 0,35% e 13,21%. A utilização do indicador 2 apresenta resultados semelhantes ao indicador 1 com relação aos bairros com maiores valores. Neste caso, também apresenta os maiores valores os bairros Santo Antônio, Panamá e Cabreúva.

Para Buccheri Filho e Nucci (2006) afirmaram que, para criar as condições ideais de conservação da natureza e da paisagem, a cidade ideal deveria edificar ou pavimentar apenas dois terços da superfície do centro. Em outras palavras, 33% da área central da cidade deveriam ser permeáveis, não edificados, e apresentar ampla conexão entre a vegetação rural e a das zonas centrais, com a redução dos gradientes de solos entre essas duas áreas.

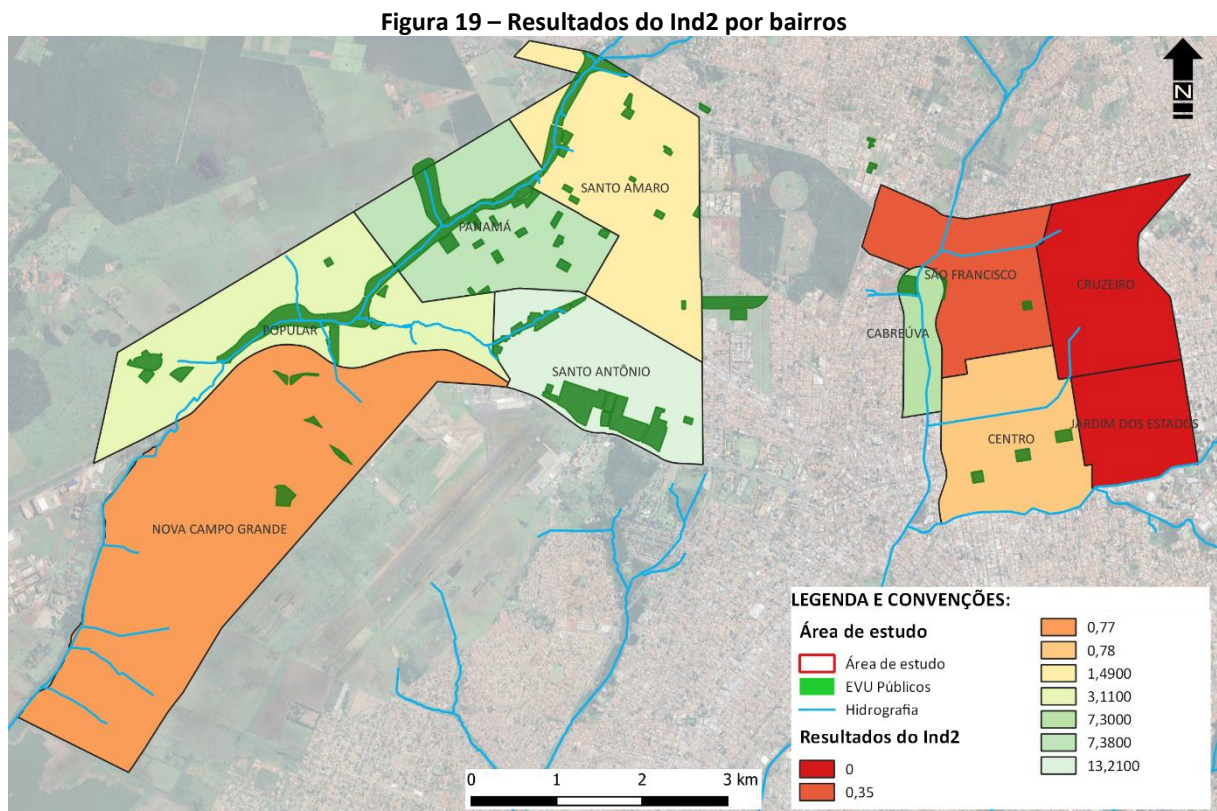
No presente estudo é evidente que a região central de Campo Grande (MS), especificamente o Bairro Centro, apresenta apenas 0,78% de áreas permeáveis, com um ponto de evento hidrológico. Para atingir o percentual considerado ideal para a cidade, conforme preconizado pelas condições ideais para a conservação da natureza e da paisagem (Buccheri Filho e Nucci, 2006), seria necessário ampliar a quantidade de EVUs públicos.

Essa expansão não apenas contribuiria para mitigar os problemas associados aos eventos hidrológicos extremos, mas também seria crucial, principalmente, nas proximidades das áreas de contribuição dos pontos desses eventos identificados.

É importante destacar que, assim como no estudo de Santos, Ferreira e Gomes (2020), observou-se a grande variação conceitual e metodológica quando ao cálculo de índices espaciais, o que pode acarretar sub ou superestimativas de análise quanto ao real potencial e necessidade de uma cidade.

Este aspecto dificulta as análises comparativas entre cidades, quando estas incluem remanescentes florestais na área urbana, que podem constituir de uma falsa impressão de que o município possui um bom índice de área verde e permeáveis (Santos, Ferreira e Gomes, 2020).

Os resultados da aplicação do indicador 2 por bairros, exposto na Figura 19, indicam que os bairros Cruzeiros e Jardim dos Estados precisam de atenção com relação a existência de áreas permeáveis.



Fonte: Autora (2024), com a ferramenta QGIS®.

#### 4.9 Análise Fatorial por Componentes Principais (AFCP)

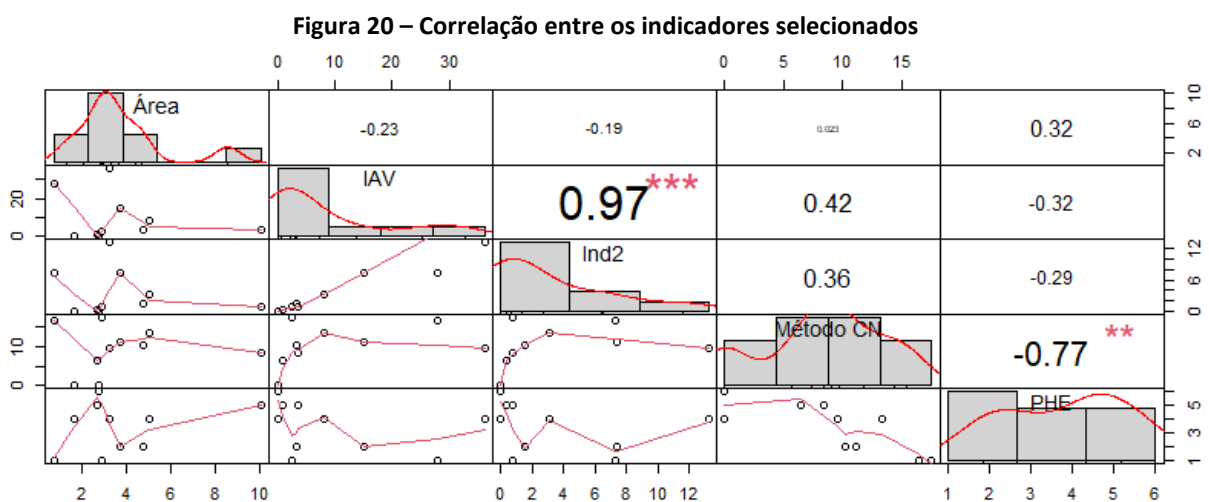
Para o desenvolvimento das etapas do percurso metodológico empreendido, apresenta-se a Tabela 10, com os resultados dos indicadores aplicados para cada bairro selecionado. É importante salientar que a apresentação foi realizada por bairro, uma vez que alguns indicadores requerem a utilização de dados populacionais.

**Tabela 10 – Resultados dos indicadores selecionados aplicados aos 10 bairros de Campo Grande (MS)**

Bairros	Área (km <sup>2</sup> )	Pop.	Indicadores selecionados				
			IAV (m <sup>2</sup> /hab.)	Ind1 (ha/100 mil hab.)	Ind2 (%)	Método CN Pe (mm)	PHE (unid.)
Cabreúva	0,759	1.985	27,88	278,81	7,3	16,45	1
Centro	2,908	9.001	2,50	25,04	0,78	17,55	1
Cruzeiro	2,816	10.220	0,00	0,00	0,00	0,00	6
Jardim dos Estados	1,684	4.299	0,00	0,00	0,00	0,00	4
Nova Campo Grande	10,083	20.950	3,71	37,10	0,77	8,45	5
Panamá	3,736	18.196	15,16	151,56	7,38	11,08	2
Popular	5,074	19.401	8,13	81,33	3,11	13,36	4
Santo Amaro	4,759	21.699	3,28	32,78	1,49	10,26	2
Santo Antônio	3,301	12.071	36,12	361,24	13,21	9,57	4
São Francisco	2,74	11.607	0,83	8,34	0,35	6,49	5

Nota: Pop. – População por bairro em 2022; IAV – Índice de Áreas Verdes; Ind1 – Indicador 1: NBR ISO 37.120:2019; Ind2 – Indicador 2: NBR ISO 37.123:2021; Método CN (Número de Curva); PHE – Pontos de eventos hidrológicos extremos.  
Fonte: Autora (2024).

Como os indicadores selecionados para cada bairro estavam em diferentes escalas de medição, o conjunto de dado foi padronizado usando a Equação 10. Em seguida, a matriz de coeficiente de correlação é calculada usando a Equação 11 e apresentada na Figura 20.



Fonte: Autora, com a ferramenta R Studio®.

Para aplicação da AFCP, devido à alta correlação e similaridade do indicador 1 (Ind1) com os indicadores IAV e Indicador 2 (Ind2), o indicador 1 foi retirado da análise. Nas próximas etapas, com a aplicação do teste de esfericidade de Bartlett obteve-se o grau de liberdade igual a 10, e com nível de significância de 5% apresentou valor crítico igual a 18,307.

Assim, com o valor de  $\chi^2_{\text{Bartlett}}$  (427,019) maior que o valor crítico, determina que a correlação de Pearson entre os pares de variáveis é estatisticamente diferente de zero, portanto podem extrair os fatores a partir das variáveis originais. Ou seja, o resultado rejeitou a hipótese nula e permite dar continuidade à análise fatorial.

A Tabela 11 apresenta os componentes principais (CPs) com destaque para os três primeiros CPs, com variância de 53,04%; 23,55% e 20,00%, respectivamente, da variância explicada de modo cumulativamente os fatores explicam 96,60%. Apesar de fornecer uma variância cumulativa superior a 80%, mesmo após o segundo componente principal, os demais não selecionados apresentam valores de autovalores inferiores a 1.

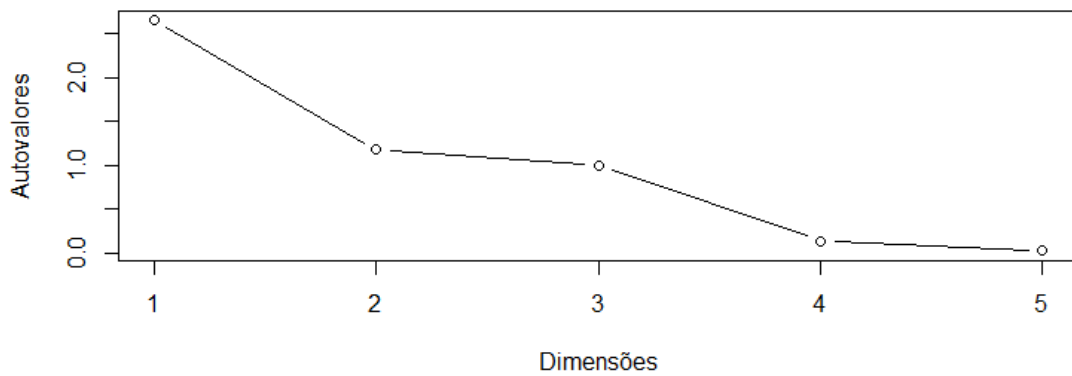
Tabela 11 – Variância total explicada

Componentes	Autovalores	Desvio Padrão	Variância compartilhada	Variância cumulativa
1	2,6523289	1,6286	0,53047	0,53047
2	<b>1,1775378</b>	<b>1,0851</b>	<b>0,23551</b>	0,76597
3	<b>1,0002736</b>	<b>1,0001</b>	<b>0,20005</b>	0,96603
4	0,1430719	0,37825	0,02861	0,99464
5	0,0267879	0,16367	0,00536	1,00000

Fonte: Autora, com a ferramenta R Studio®.

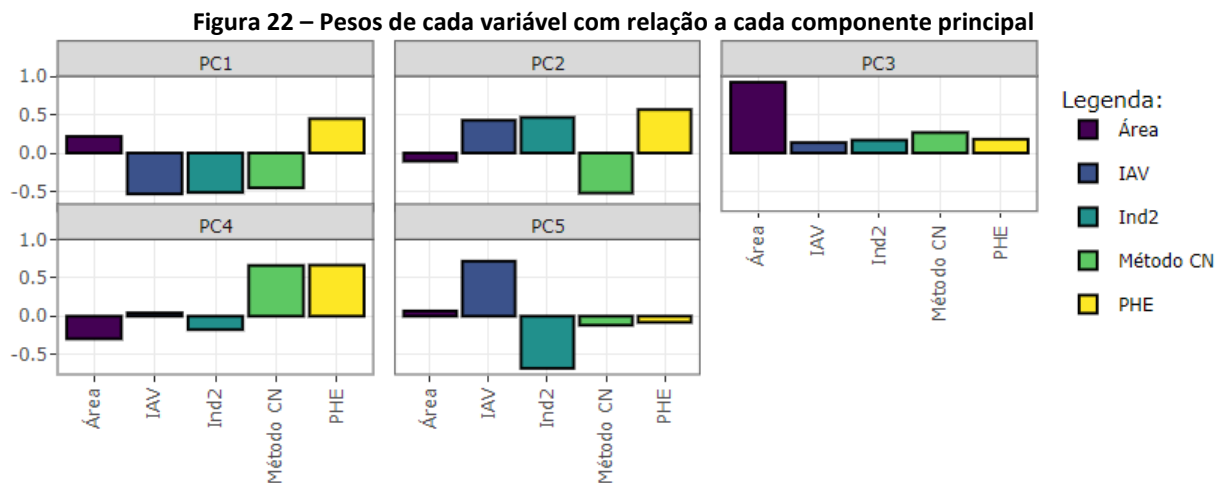
Além disso, o “*Scree Plot*” da Figura 21 também serve para garantir o número de componentes principais necessários. O “*Scree Plot*” teve uma queda acentuada do componente 3 para o 4. A partir do quarto componente, a linha é quase plana, o que significa que cada sucessão de componentes principais está contabilizando uma quantidade menor de componentes principais da variância total. Diante de todo o exposto, foram selecionados três componentes principais.

Figura 21 – “Scree Plot” dos autovalores



Fonte: Autora, com a ferramenta R Studio®.

A Figura 22 expõe os componentes principais resultantes da análise dos indicadores relacionados os EVUs públicos, controle de águas pluviais. As barras mostram as cargas de cada variável nos cinco componentes principais (PC) obtida pela PCA.



Fonte: Autora, com a ferramenta R Studio®.

Assim, considerando o critério da raiz latente (critério de Kaiser) para determinar a quantidade de fatores, foi considerado os fatores correspondentes a autovalores maiores que 1 e que possui as cargas fatoriais correspondentes e comunalidade dos três componentes principais, com variância cumulativa superior a 80,0%, são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 – Cargas fatoriais e comunalidades

Variáveis	F1	F2	F3	Comunalidade
Área	0,3518672	-0,1158798	0,9220266	0,9873716
IAV	-0,8679367	0,4629018	0,1355447	0,9859646
Ind2	-0,8380408	0,5026864	0,1679569	0,9832155
Método CN	-0,7385753	-0,5661190	0,2666085	0,9370643
PHE	0,7262220	0,6137159	0,1802184	0,9365242

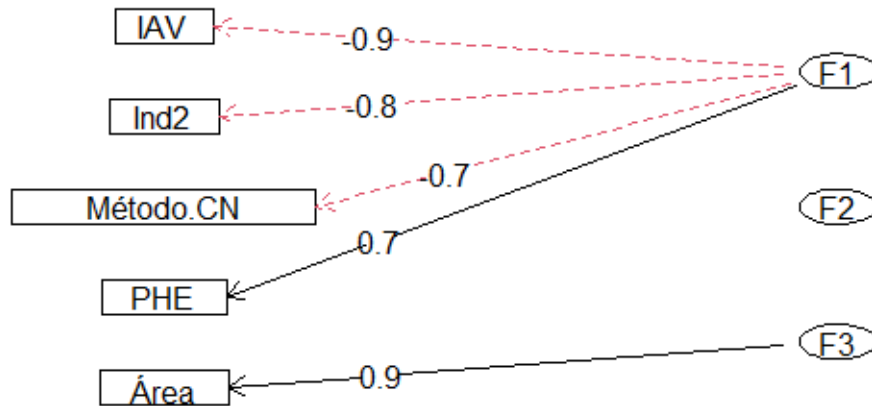
Fonte: Autora, com a ferramenta R Studio®.

Da matriz de correlação entre os componentes principais e as variáveis analisadas (Tabela 12), observa-se que o fator de componente principal (F1) apresenta maior correlação com todos os indicadores e pontos de eventos hidrológicos extremos (PHE), exceto com a variável área. Isso representa as modificações urbanas devido às atividades humanas do processo de urbanização que impactam na eficiência dos EVUs públicos, no controle de águas pluviais.

Já o fator do componente principal 3 (F3) possui correlação com os aspectos relacionados a área dos EVUs públicos, porém demanda de mais informações e variáveis para avaliar qual é sua característica relacionada com outras variáveis.

Diante do exposto, foi elaborado a Figura 23, que contém um diagrama apresentando as correlações entre os fatores e as variáveis. Este diagrama permite uma visualização clara das cargas fatoriais. Observa-se que não há correlação entre os fatores, e as setas entre os fatores e as variáveis indicam as cargas fatoriais. As cargas fatoriais negativas estão destacadas em vermelho, enquanto as cargas fatoriais positivas estão em preto.

**Figura 23– Diagrama das cargas fatoriais dos fatores dos componentes principais**



Fonte: Autora, com a ferramenta R Studio®.

Assim, a Tabela 13 apresenta os escores fatoriais de cada variável analisada, que consiste em uma média ponderada das variáveis observadas em cada uma das unidades amostrais, nos quais os pesos são dados pelas cargas fatoriais. Após a extração dos fatores e do cálculo dos escores fatoriais, estes podem ser substituídos das variáveis originais nas análises.

Tabela 13 – Escores fatoriais dos componentes principais 1, 2 e 3

Variáveis	CP1	CP2	CP3
Área	0,1326635	-0,0984086	0,9217743
IAV	-0,3272357	0,3931099	0,1355077
Ind2	-0,3159641	0,4268962	0,1679109
Método CN	-0,2784629	-0,4807651	0,2665356
PHE	0,2738054	0,5211857	0,1801691

Fonte: Autora, com a ferramenta R Studio®.

A Tabela 14 apresenta o resultado da pontuação utilizando a AFCP, no qual expõe que o Bairro Cruzeiro precisa de atenção no planejamento urbano e na elaboração de políticas públicas relacionadas aos EVUs públicos, no controle de águas pluviais.

Este bairro, juntamente com o Bairro Jardim dos Estados (3º colocado), não apresentaram valores para os indicadores dos EVUs, a única variável apresentada foi a relação entre os pontos de eventos hidrológicos extremos pela área. Já o Bairro Nova Campo Grande apresenta expansão área e baixa disponibilidade de EVUs público maiores que 0,5 ha, além de 5 pontos de eventos hidrológicos extremos.

Tabela 14 – Scores fatorial do componente principal e a pontuação da classificação dos bairros

Bairros	Variáveis utilizadas					CP	Pontuação	
	Área	IAV	Ind2	Método CN	PHE			
Cruzeiro	2,816	0,00	0,00	0,00	6	-1,2807	-0,6794	<b>1</b>
Nova Campo Grande	10,083	3,71	0,77	8,45	5	-0,9595	-0,5090	<b>2</b>
Jardim dos Estados	1,684	0,00	0,00	0,00	4	-0,9137	-0,4847	<b>3</b>
São Francisco	2,740	0,83	0,35	6,49	5	-0,7740	-0,4106	<b>4</b>
Santo Amaro	4,759	3,28	1,49	10,26	2	-0,0964	-0,0511	<b>5</b>
Popular	5,074	8,13	3,11	13,36	4	-0,0365	-0,0193	<b>6</b>
Centro	2,908	2,50	0,78	17,55	1	0,4228	0,2243	<b>7</b>
Panamá	3,736	15,16	7,38	11,08	2	0,7198	0,3819	<b>8</b>
Santo Antônio	3,301	36,12	13,21	9,57	4	1,3181	0,6992	<b>9</b>
Cabreúva	0,759	27,88	7,30	16,45	1	1,6001	0,8488	<b>10</b>

Fonte: Autores (2024).

Após a pontuação da classificação dos bairros, elaborou-se a Figura 24 para a visualização espacial dos bairros com a utilização dos escores fatoriais relacionados com os EVUs públicos. Observa-se que os bairros Jardim dos Estados, Cruzeiros, São Francisco, bem como o Bairro Centro, são os bairros mais urbanizados e possuem poucos EVUs públicos maiores que 0,5 hectares.

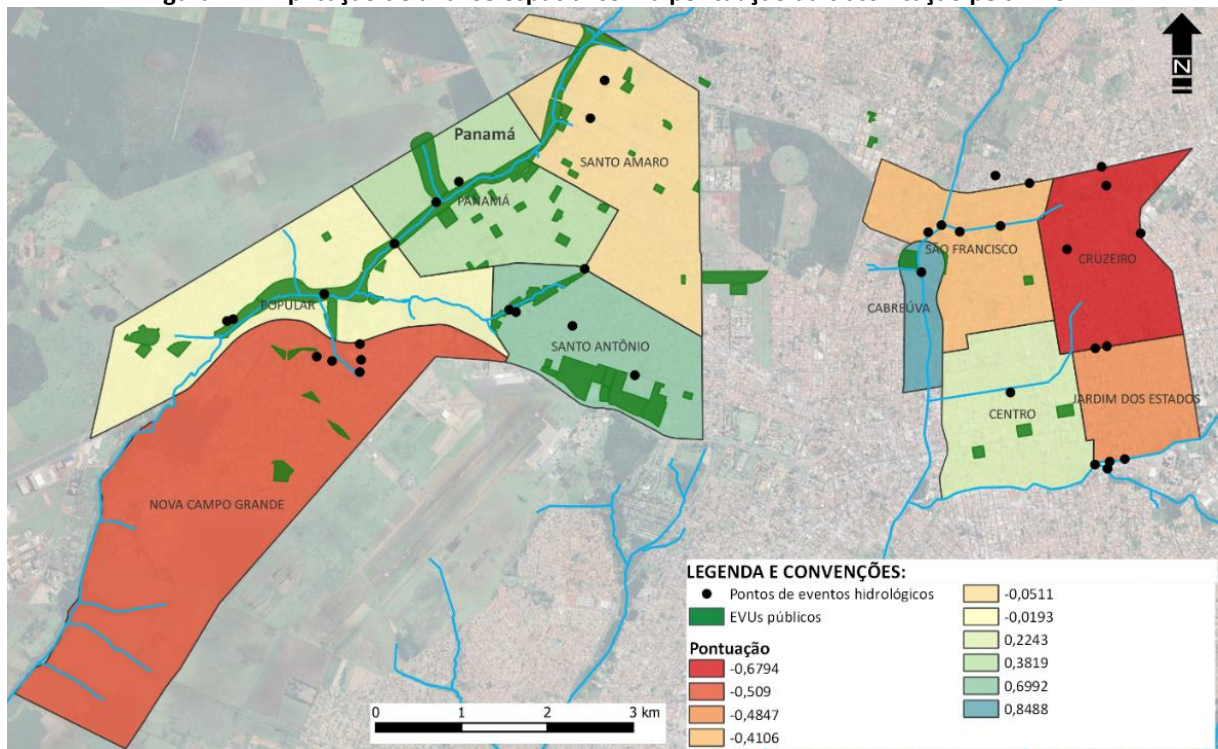
Além disso, nota-se que os EVUs públicos existentes não aplicam o conceito de infraestrutura verde urbana com a integração dos espaços verdes para fornecer serviços ecossistêmicos, controle de enchentes e adaptação climático, sugerido por Ferreira *et al.*

(2021) e Velde (2021), principalmente, com relação a presença de EVUs próximos aos córregos.

A ausência de EVUs públicos maiores que 0,5 hectares dificulta o planejamento urbano com relação a implementação de medidas adaptativas, como reservatórios de contenção de cheias (piscinões) (Siva *et al.*, 2023).

Adotar medidas adaptativas, como a implantação de infraestruturas verdes, podem ajudar a reduzir os riscos de inundações, fornecendo locais para o armazenamento e infiltração de água durante as severas tempestades (Liu *et al.*, 2021; Velde, 2021). Segundo Souza e Lugon Junior (2023), os problemas de drenagem podem ser mitigados com a adoção de medidas compensatórias que retenham parte do escoamento superficial.

**Figura 24 – Aplicação de análise espacial com a pontuação da classificação pela AFCP**



Fonte: Autora (2024), com a ferramenta QGIS®.

Assim, a incorporação de ambientes verdes na cidade é fundamental para reduzir os efeitos das mudanças climáticas e minimizar os riscos de eventos de hidrológicos (Balikçi, Giezen e Arundel, 2022).

A utilização de ferramenta de técnica multivariada com indicadores auxilia na tomada de decisão de estratégias e locais prioritários de políticas públicas, visando considerar a

natureza e a infraestrutura urbana integradamente para lidar com os desafios do escoamento urbano superficial (Dias e Lima, 2021; Velde, 2021), que garantam a proteção contra inundações e a preservação dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela natureza (Yu, Zhao e Fu, 2019).

Neste estudo utilizou de um conjunto de indicadores para avaliar os EVUs públicos. Segundo Lopes e Silva (2022), a literatura coloca que os conjuntos de indicadores apresentam lacunas para medir os impactos das cidades sobre a biodiversidade.

Assim, para preenchê-las seus gestores públicos juntamente com as demais partes interessadas, precisarão de desenvolver um conjunto de indicadores para monitorar o progresso em diferentes bairros, a observar suas particularidades, vulnerabilidades e resistências (Mansur *et al.*, 2022).

Além disso, o uso da técnica multivariada de AFCP serve de ferramenta para priorizar e direcionar as ações propostas e planejamento para bairros que precisam de mais atenção. E apontou no presente estudo que os bairros Cruzeiro e Nova Campo Grande, no controle de águas pluviais, precisam de atenção dos gestores públicos e planejadores urbanos e atores interessados.

Observa-se que no Bairro Cruzeiro inexistente EVUs públicos com área maior que 0,5 hectares e possui a maior quantidade de pontos de eventos hidrológicos extremos, o que corrobora com os resultados da necessidade de planejamento e políticas públicas no controle de águas pluviais.

Apesar de o Bairro Nova Campo Grande possuir 0,77% de EVUs públicos, ainda é insuficiente no controle de águas pluviais, visto que apresenta 5 pontos de eventos hidrológicos extremos. Este valor é igual ao apresentado para o Bairro São Francisco, que se diferem, principalmente, pela área do bairro (km<sup>2</sup>).

Ainda é perceptível que os bairros Santo Amaro, Popular e Panamá possuem um sistema de espaços verdes com características mais próximas do conceito de infraestrutura verde, que pode ser aprimorado para o controle de águas pluviais, incluindo bacias de detenção e/ou retenção, combinadas com os córregos e lagoas existentes.

Nota-se que os EVUs públicos no Bairro Centro da cidade são fragmentados, sem conexão, pequenas dimensões, e indicador 2 com 0,78%. Enquanto Buccheri Filho e Nucci

(2006) afirmam que, para criar as condições ideais de conservação da natureza e da paisagem, a cidade ideal deveria edificar ou pavimentar apenas dois terços da superfície do centro. Diante disso, pode-se observar que o Bairro Centro está longe de atingir o índice para a condição ideal de conservação da natureza e da paisagem em Campo Grande (MS).

Com base no que foi apresentado, expõe o estudo de Bacchin (2015), que utilizou indicadores e análise estatística multinível, e considerou como atributos estruturais fundamentais para o desenvolvimento de um sistema de águas pluviais superficiais, incluindo a disponibilidade de espaços abertos, o tamanho desses espaços e a densidade de distribuição na paisagem.

Adicionalmente, analisou a rede de drenagem subterrânea existente, para os quais sugere o *retrofit* com medidas de infraestrutura verde/azul, mostrando que a paisagem urbana consegue gerenciar o escoamento superficial para cada um dos quatro tipos de eventos de chuvas/ domínio da resiliência hídrica.

Quanto o Método CN é aplicado utilizando os dados totais de um bairro, permite-se realizar comparações com outros indicadores. O valor apresentado reflete que, quanto menor o resultado, menor é o escoamento superficial, indicando uma maior eficiência dos EVUs públicos na capacidade de retenção de água no solo, proporcionando um controle mais efetivo das águas pluviais. O bairro Centro teve o pior resultado, com um valor de  $P_e$  igual a 17,55 mm, seguido pelo bairro Cabreúva, que registrou 16,45 mm.

No caso do bairro Cabreúva, apesar de apresentar o segundo maior resultado no Índice de Área Verde (IAV) e no Indicador 2 (Ind2), possui baixa eficiência na retenção de águas pluviais, conforme indicado pelo menor valor de  $P_e$  em comparação com o bairro São Francisco (6,49 mm).

Por outro lado, mesmo com uma eficiência superior na retenção de águas pluviais pelo método CN, o bairro São Francisco exibe baixos índice de IAV e o menor resultado no Ind2 em relação aos demais bairros analisados, com a segunda maior quantidade de pontos de eventos hidrológicos extremos.

Assim, conclui que, para ser utilizado no planejamento urbano, é crucial empregar ferramentas que auxiliem na tomada de decisão, considerando a utilização e avaliação

conjunta de todos os indicadores propostos. Além da quantidade suficiente de EVUs públicos, é fundamental avaliar sua eficiência para potencializar seus benefícios para a população.

Conforme Halecki, Stachura e Fudała (2022) afirmam, seu estudo inclui observações que indicam a capacidade de retenção como um fator relevante a ser considerado no processo de ordenamento do território.

Nos estudos de Santos, Ferreira e Gomes (2020), a tomada de decisão é destacada como a etapa que encerra a fase de um ciclo dentro do planejamento, envolvendo a seleção das melhores alternativas levantadas. Essa seleção inclui avaliação técnica, jurídica, administrativa e financeira, bem como a hierarquização das alternativas e definição dos modelos de organização territorial para a execução do planejamento estabelecido.

Diante disso, este plano de ação tem como objetivo de melhorar a planejamento urbano e auxiliar na tomada de decisão, visando a mitigação dos impactos das águas pluviais e o aumento da qualidade de vida na área de estudo selecionada, que inclui os 10 bairros em Campo Grande (MS). Os indicadores apresentados no estudo sugerem algumas fragilidade e oportunidades de melhoria no sistema de EVUs públicos e na capacidade de controle de águas pluviais na região.

De maneira similar ao estudo de Halecki, Stachura e Fudała (2022), o presente estudo também fornece resultados que possibilitam a tomada de decisão quanto à cobertura do solo, reduzindo o risco de perturbações no escoamento de águas pluviais que poderiam levar a inundações em áreas urbanas.

O texto fornecido contém informações detalhadas sobre a aplicação do método CN (Curva Número) para avaliar o escoamento superficial em 70 EVUs (espaços verdes urbanos) públicos em uma área de estudo selecionada em Campo Grande (MS).

O estudo inclui análises do CN médio, escoamento superficial ( $P_e$ ), e outros parâmetros para cada EVU público em diferentes bairros. Além disso, são apresentados cenários hipotéticos e propostas de melhorias, como a arborização de áreas permeáveis.

A pesquisa também incorpora a aplicação do Índice de Áreas Verdes (IAV) e do Indicador NBR ISO 37.123:2021, relacionados à cobertura verde por habitante, indicando a necessidade de aumento das áreas verdes em alguns bairros para atender a recomendações da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. A dissertação analisa a eficácia dos EVUs

públicos na gestão de águas pluviais e propõe medidas, como a introdução de mais árvores e a substituição de pavimentos por materiais drenantes.

Os resultados são apresentados por bairros, utilizando indicadores como Pe, IAV, Indicador 1 (Ind1), Indicador 2 (Ind2) e a quantidade de pontos de eventos hidrológicos extremos. A conclusão destaca a importância da análise conjunta desses indicadores no planejamento urbano e ressalta a necessidade de considerar a eficiência dos EVUs públicos na retenção de águas pluviais.

Para obter uma resposta mais específica sobre o resultado da pesquisa, seria necessário avaliar os valores específicos dos indicadores e a análise multivariada proposta para categorizar o desempenho dos EVUs públicos em diferentes bairros.

#### **4.10 Plano de Ação para apoio na tomada de decisão com relação aos EVUs públicos, no controle de águas pluviais**

O Plano de Ação é uma ferramenta de qualidade que pode auxiliar, principalmente, os gestores públicos a tomarem as escolhas mais adequadas para solucionar o problema e assegurar que sejam implementados de maneira efetiva (Gallegos, 2023). Mas também pode auxiliar os planejadores e demais interessados no desenvolvimento urbano sustentável de Campo Grande (MS).

Neste caso, a metodologia utilizada para apresentação deste plano de ação é o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), em português – Análise de Modo e Efeito de Falha, que busca de maneira estruturada evitar a ocorrência de falhas potenciais que podem ocorrer no projeto, processo ou serviço. Com isso, eliminar ou reduzir os riscos de ocorrência.

Nos estudos de Santos, Ferreira e Gomes (2020), a tomada de decisão é destacada como a etapa que encerra a fase de um ciclo dentro do planejamento, envolvendo a seleção das melhores alternativas levantadas. Essa seleção inclui avaliação técnica, jurídica, administrativa e financeira, bem como a hierarquização das alternativas e definição dos modelos de organização territorial para a execução do planejamento estabelecido.

Diante disso, este plano de ação tem como objetivo de melhorar a planejamento urbano e auxiliar na tomada de decisão, visando a mitigação dos impactos das águas pluviais e o aumento da qualidade de vida na área de estudo selecionada, que inclui os 10 bairros em

Campo Grande (MS). Os indicadores apresentados no estudo sugerem algumas fragilidade e oportunidades de melhoria no sistema de EVUs públicos e na capacidade de controle de águas pluviais na região.

#### **4.10.1 Objetivo do Plano de Ação**

Este Plano de Ação tem como objetivo principal auxiliar os gestores públicos, planejadores e interessados no processo de tomada de decisão no planejamento urbano com relação aos EVUs públicos, para o controle de águas pluviais, na cidade de Campo Grande (MS), focando do desenvolvimento sustentável e alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

#### **4.10.2 Justificativa do Plano de Ação**

Os 10 bairros selecionados enfrentam desafios significativos relacionados ao manejo de águas pluviais, evidenciados por valores expressivos de escoamento superficial (Pe) e baixos índices de áreas verdes (IAV) por habitante. A eficiência reduzida na capacidade de infiltração do solo pelos Espaços Verdes Urbanos (EVUs) públicos contribui para inundações e alagamentos, destacando a necessidade de melhorias.

A análise do IAV revela índices abaixo do recomendado, sugerindo uma insuficiência de áreas verdes em relação à população, impactando a qualidade de vida. Além disso, disparidades nos resultados dos indicadores 1 (Ind1) e 2 (Ind2) indicam variações na relação entre a área de EVUs e a porcentagem de áreas permeáveis, apontando a necessidade de uma abordagem diferenciada em cada bairro.

A comparação com outras cidades, como Goiânia, reforça a busca por padrões ideais de áreas verdes e permeabilidade, enquanto a análise do impacto da urbanização na infiltração do solo destaca a urgência de medidas para mitigar esse efeito negativo e aprimorar a gestão das águas pluviais.

#### **4.10.3 Ações recomendadas**

Considerando a metodologia do FMEA, que apresenta na sua estrutura as respostas para as questões do 5W1H, as ações recomendadas são apresentadas no Quadro 13, com as

justificativas de sua implementação apresentadas no modo, efeito e causa da falha identificada. A pontuação do Grau de Prioridade de Risco (GPR) auxilia qual a ações tem prioridade de execução frente as demais, para organização e apresentação as ações foram organizadas em ranking da maior importância para menor.

As responsabilidades foram direcionadas para a estrutura administrativa conforme as atribuições dos órgãos administrativos da Prefeitura Municipal de Campo Grande, por meio da Lei Municipal n.º 5.793, de 3 de janeiro de 2017 e suas alterações posteriores.

Há três fatores utilizados no FMEA que auxiliam na definição de prioridade de falhas. A Severidade (S) pode ser avaliada com base em determinado parâmetro em uma escala de 0 (sem efeito) a 10 (crítico/perigoso). Uma classificação de Ocorrência (O) de 1 (nenhuma ocorrência conhecida em produtos ou processo similares) a 10 (muito alta, a falha é quase inevitável) pode ser usada para quantificar a frequências com que ocorre um modo de falha.

Detecção (D) refere-se ao grau de dificuldade na detecção de falhas, este parâmetro também pode ser classificado de 1 (a falha será detectada no teste) a 10 (a falha será repassada aos beneficiários sem ser detectada) (Almeida *et al.*, 2021). O Quadro 12 apresenta os valores de pontuação para cada índice para as classificações como mínima, baixa, moderada, alta e muito alta.

**Quadro 12 – Índice de Ocorrência, Severidade e Detecção para o FMEA utilizado no plano de ação**

Índice	Ocorrência	Índice	Severidade	Índice	Detecção
1	Mínima	1	Mínima	1	Muito Alta
2 / 3	Baixa	2 / 3	Baixa	2 / 3	Alta
4 / 5 / 6	Moderada	4 / 5 / 6	Moderada	4 / 5 / 6	Moderada
7 / 8	Alta	7 / 8	Alta	7 / 8	Pequena
9 / 10	Muito Alta	9 / 10	Muito Alta	9 / 10	Muito Remota

Fonte: Adaptado de Fogliatto (2011) e Couto e Carvalho (2015).

Ao utilizar os indicadores ao método FMEA, permite criar um plano de ação mais focado e direcionado para abordar as causas subjacentes aos problemas urbanos, promovendo a sustentabilidade e a qualidade de vida.

Ao implementar as ações propostas, sugere-se monitorar regularmente aos indicadores e realizando os ajustes das ações conforme necessário. Isso garante uma abordagem contínua para melhorar a resiliência urbana em relação aos desafios identificados

Ressalta-se que é importante a realização de revisões periódicas do plano de ação com base nos resultados do monitoramento e acompanhamento, por meio dos indicadores. Além disso, o plano de ação pode ser adaptado às necessidades específicas de cada bairro e levar em consideração aspectos sociais, ambientais e econômicos. Ainda, é crucial envolver a comunidade local, autoridades municipais e outros atores interessados no processo de planejamento e implementação das ações propostas.

Quadro 13 - Formulário para a elaboração do FMEA deste plano de ação

ID	MODO DE FALHA	EFEITO	S	CAUSA	O	CONTROLE	D	GPS	AÇÕES RECOMENDADAS
1	Não considerando no indicador a quantidade de árvores existentes	Subestimou-se os efeitos das árvores no controle das águas pluviais	2	Não existência do inventário de árvores urbanas.	6	Método CN	1	12	Realizar o inventário das árvores urbanas nos EVUs públicos
2	Baixa quantidade de área de EVUs públicos no Bairro Centro	Baixa disponibilidade de EVUs públicos para retenção de água pluviais.	8	Urbanização, poucas áreas institucionais para implantação de EVUs públicos, e alto índice de impermeabilização do solo.	8	Ind2	2	128	Aumentar quantidade de EVUs públicos na área central e atingir os 33% de área permeável pela área total do bairro para alcançar o índice para cidade ideal.
3	Impacto no sistema viário	Alagamentos de vias de acesso importantes para o tráfego.	9	Impermeabilização do solo e baixa existência de EVUs públicos	9	Método CN	6	486	Expandir EVUs com vegetação e avaliar a retenção de águas pluviais.
4	Baixa retenção de águas nos EVUs.	Aumento do escoamento e novos pontos de inundações	7	Massa arbórea ou arbustiva escassas em EVUs públicos.	5	Método CN	10	350	Arborização eficiente em retenção pluvial. Plantio de árvores e arbustos para a melhoria na eficiência na retenção de águas pluviais nos bairros Cruzeiro, Nova Campo Grande e Jardim dos Estados.
5	Baixa quantidade de área de EVUs públicos nos bairros Cruzeiro e Nova Campo Grande.	Baixa disponibilidade de EVUs públicos para retenção de água pluviais.	7	Impermeabilização do solo e baixa existência de EVUs públicos	7	Ind2	5	245	Aumentar a quantidade de EVUs públicos com presença de massas arbórea e arbustiva, e se necessário, avaliar a necessidade de implementar estrutura complementar de retenção de águas pluviais.
6	Ausências de EVUs públicos com área superior a 0,5 ha.	Ausência de locais para retenção de águas pluviais e para implantar estruturas, exemplo bacias de detenção ou retenção.	8	Urbanização dos bairros e ocupação dos EVUs públicos caracterizados como áreas institucionais por edificações.	8	Ind2	2	128	Ampliar os EVUs públicos com áreas superiores a 0,5 ha, que permita implantar também estruturas de drenagem para retenção de águas pluviais, principalmente nos bairros Cruzeiro e Jardim dos Estados.
7	Alto Escoamento Superficial (Pe)	Redução do escoamento superficial com a melhoria na capacidade de retenção do solo, prevenindo inundação.	7	Insuficiente permeabilidade do solo, falta de áreas verdes adequadas.	8	Método CN	7	392	Avaliação e implementação de técnicas de infraestrutura verde, como pavimentos permeáveis e jardins de chuva.

ID	MODO DE FALHA	EFEITO	S	CAUSA	O	CONTROLE	D	GRS	AÇÕES RECOMENDADAS
8	Baixo Índice de Área Verde (IAV) por Habitante	Ausência de espaços verdes para beneficiar a qualidade de vida e bem-estar da população no ambiente urbano.	6	Crescimento populacional descontrolado, planejamento inadequado e urbano	9	IAV	5	270	Ampliar os EVUs públicos com áreas superiores a 0,5 ha, que permita implantar também estruturas de drenagem. E parcerias público-privadas para desenvolver e manter espaços verdes.
9	Resultados do Indicador 1 (Ind1)	Falta de equidade na distribuição dos EVUs públicos.	8	Distribuição desigual de espaços verdes.	10	Ind1 IAV	5	400	Política pública para manter e ampliar dos EVUs públicos, com as áreas permeáveis, para o controle de águas pluviais.
10	Diferenças nos Resultados do Indicador 2 (Ind2)	Falta de uniformização na eficiência de EVUs públicos.	6	Má gestão de áreas permeáveis, falta de manutenção.	9	Ind2 Método CN	10	540	Educação social sobre a importância de áreas permeáveis para o controle de águas pluviais, nos EVUs públicos, bem como prever a ampliação desses espaços com alta eficiência no controle de águas pluviais.
11	Impacto da Urbanização na Infiltração do Solo	Mitigação do impacto da urbanização com a redução do impacto negativo da urbanização na capacidade de infiltração do solo.	8	Expansão urbana descontrolada, impermeabilização do solo.	10	IAV Ind1 Ind2 Método CN	2	160	Desenvolvimento de políticas de controle do uso do solo para limitar a impermeabilização, principalmente, dos EVUs públicos, bem como da ampliação destes.

Nota: ID – Identificador; S – Severidade; O – Ocorrência; D – Detecção; GRS – Grau de Prioridade de Risco;

Fonte: Autora, 2024.

A análise das falhas identificadas em relação aos Espaços Verdes Urbanos (EVUs) públicos, no controle de águas pluviais, revela que a ausência de um inventário de árvores urbanas representa uma falha. Esta falha subestima o impacto das árvores no controle de águas pluviais, um fator essencial para a precisão dos indicadores de eficiência dos EVUs.

Embora a severidade dessa falha seja considerada baixa (valor igual a 2) e tenha uma pontuação reduzida no plano de ação, sua presença indica uma lacuna na avaliação completa do papel das árvores na retenção de água. A falta de dados sobre a quantidade e distribuição das árvores compromete a eficácia das estratégias de gestão e planejamento urbano, pois não reflete adequadamente a contribuição das árvores para a infiltração e retenção de águas pluviais.

Para mitigar esta falha, recomenda-se a adoção do Método CN (Número de Curvas), que se baseia em dados sobre a cobertura vegetal, incluindo árvores. A implementação de um inventário detalhado de árvores urbanas permitirá uma análise mais precisa e a integração dos dados sobre a vegetação existente, aprimorando a eficácia do planejamento urbano e a gestão das águas pluviais.

Esta falha é de fácil detecção, razão pela qual recebeu uma pontuação igual 1. Este ajuste garantirá que os indicadores reflitam de maneira mais fiel o papel das árvores no controle de escoamento e na melhoria da sustentabilidade dos EVUs públicos.

A segunda falha identificada diz respeito à baixa quantidade de área de EVUs públicos no Bairro Centro. O efeito dessa falha resulta em uma baixa disponibilidade de desses espaços para retenção de águas pluviais, o que tem uma severidade alta, com nota 8. As principais causas dessa falha incluem a urbanização intensa, a escassez de áreas institucionais adequadas para implantação de EVUs públicos e elevado índice de impermeabilização do solo.

Dado que a falha é de ocorrência e impacto, foi pontuado com 8, sendo de fácil detecção, especialmente com a utilização do indicador 2, que avalia o percentual de áreas permeáveis dos EVUs públicos em relação à área total do bairro.

Para abordar essa falha, recomenda-se a expansão significativa da quantidade de EVUs públicos na área central, com o objetivo de atingir 33% de área permeável em relação à área total do bairro, conforme a recomendação de Buccheri Filho e Nucci (2006).

Essa ação ajudará a melhorar a retenção de águas pluviais e a sustentabilidade urbana. A implementação de mais áreas verdes permitirá um controle mais eficaz do escoamento superficial e contribuirá para a qualidade ambiental do Bairro Centro.

A falha com maior grau de prioridade de risco é a Falha 10, que apresenta um Grau de Prioridade de Risco (GPR) igual a 540 e se refere às discrepâncias nos resultados do Indicador 2 (Ind2). Esta falha resulta de má gestão e falta de manutenção dos Espaços Verdes Urbanos (EVUs) públicos, o que leva a diferenças significativas na eficiência desses espaços para o controle de águas pluviais.

A alta ocorrência desta falha foi pontuada com 9, e o efeito dela é a falta de uniformização na eficiência dos EVUs, com uma severidade avaliada em 6. Devido à sua difícil detecção, a falha recebeu a pontuação máxima de 10.

Para mitigar essa falha, recomenda-se o uso do Indicador 2 (Ind2) juntamente com o Método CN, para uma análise mais precisa e abrangente da eficiência dos EVUs. Adicionalmente, é essencial promover a educação social sobre a importância das áreas permeáveis no controle de águas pluviais e planejar a ampliação desses espaços com características de alta eficiência. Estas ações ajudarão a melhorar a uniformidade na eficácia dos EVUs públicos e a sustentabilidade ambiental da cidade.

A falha que impacta o sistema viário devido à impermeabilização do solo tem a segunda maior pontuação de Grau de Prioridade de Risco (GPR), com 486. Esta falha é causada pela alta impermeabilização do solo e pela baixa existência de Espaços Verdes Urbanos (EVUs) públicos.

A ocorrência desta falha é alta, com uma pontuação de 9, e a severidade da falha também é alta, avaliada com nota 9. A falha tem uma detecção média, pontuada com 6. Os efeitos desta falha incluem o alagamento de vias de acesso importantes para o tráfego, comprometendo a mobilidade urbana e a segurança viária.

Para mitigar essa falha, recomenda-se a expansão dos EVUs com vegetação, visando aumentar a área permeável e melhorar a retenção de águas pluviais. Além disso, é fundamental avaliar a eficiência dessas áreas na gestão das águas pluviais para garantir que as soluções implementadas sejam eficazes. Estas ações contribuirão para a redução do alagamento das vias, melhorando a infraestrutura urbana e a qualidade de vida na cidade.

A pesquisa realizada apresentou uma abordagem abrangente na avaliação da eficiência dos Espaços Verdes Urbanos (EVUs) públicos, no controle de águas pluviais, em Campo Grande (MS). Utilizando como indicadores de controle deste plano de ação o Método CN, Índice de Área Verde (IAV) e indicadores específicos, os resultados revelaram variações significativas entre os bairros analisados.

Os bairros Cabreúva, Santo Antônio e Panamá destacaram-se com maiores índices de eficiência, enquanto o Bairro Cruzeiro apresentou desempenho inferior, seguido do Bairro Nova Campo Grande. A combinação desses indicadores fornece *insights* valiosos para o planejamento urbano, destacando a importância não apenas da quantidade, mas da eficiência dos EVUs públicos na mitigação de eventos hidrológicos extremos, subsidiando decisões para o ordenamento territorial sustentável.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por conta da aplicabilidade dos procedimentos metodológicos delineados para o presente estudo, considera-se que o objetivo geral foi alcançado. Esses procedimentos permitem identificar e analisar indicadores que permitem avaliar a eficiência dos serviços ecossistêmicos, fornecidos pelos espaços verdes urbanos (EVUs) públicos na cidade de Campo Grande (MS), no controle das águas pluviais.

Assim, foram identificados 4 indicadores relacionados com o objeto de estudo, os EVUs públicos. Dentre os indicadores, 2 são com base nas normas técnicas brasileiras, até então recentemente publicadas: NBR ISO 37.120:2019 e NBR ISO 37.123:2021. O terceiro indicador é o índice de áreas verdes (IAV), considerado o indicador mais utilizado no planejamento de áreas verdes no Brasil (Santos, Ferreira e Gomes, 2020).

Os indicadores supramencionados auxiliam no planejamento dos EVUs públicos, na avaliação da quantidade necessárias desses espaços, para uma determinada população ou área, bem como avaliar sua relação quanto ao controle de águas pluviais.

O outro indicador considerado é o método de Número de Curvas (*Curve Number - CN*), que pode auxiliar na avaliação da capacidade de retenção de águas pluviais e escoamento superficial, o que permite verificar a eficiência dos espaços, no controle de águas pluviais, visando o serviço ecossistêmico de regulação.

A análise aprofundada dos indicadores urbanos revela uma complexa interação entre o desenvolvimento urbano, a gestão de espaços verdes e os impactos nas condições de drenagem. Valores significativos de escoamento superficial foram constatados em vários bairros, destacando a necessidade urgente de reavaliar as estratégias de infraestrutura e planejamento urbano. Já a baixa proporção de área verde por habitante e as disparidades nos indicadores entre os bairros ressaltam a importância de um enfoque equitativo na distribuição de espaços verdes.

Em comparação com outras cidades, especialmente aquelas que demonstram melhores práticas em áreas verdes e permeabilidade, destaca oportunidades de aprendizado e ponto de referência para aprimorar as políticas urbanas. Além disso, a variabilidade nos

resultados dos indicadores indica que abordagens diferenciadas podem ser mais eficazes em diferentes contextos, exigindo uma abordagem personalizada para cada bairro.

A presente pesquisa sugere que a urbanização desempenha um papel crucial na capacidade de infiltração do solo, destacando a necessidade de estratégias inovadoras e sustentáveis. E expõe a importância de se manter e ampliar os EVUs públicos para o serviço ecossistêmico de regulação de controle de águas pluviais, na cidade de Campo Grande (MS), com o monitoramento e acompanhamento por meio de indicadores.

De forma complementar, foi empreendido a proposição de um Plano de Ação fundamentado no método FMEA, com indicadores para auxiliar no controle e acompanhamento das ações, priorizando medidas para mitigar as causas subjacentes aos problemas identificados, promovendo não apenas a resiliência urbana, mas também a melhoria da qualidade de vida e bem-estar da população.

Conclui-se que uma abordagem integrada, considerando os indicadores como diretrizes, é essencial para moldar o futuro desenvolvimento urbano. O presente estudo contribui não apenas para o entendimento aprofundado dos desafios atuais, mas também oferece um caminho claro para intervenções práticas e sustentáveis que visam transformar os espaços urbanos em ambientes mais resilientes e harmoniosos.

Ainda, acredita-se que a metodologia aplicada foi eficiente e de baixa complexidade, podendo ser replicada nos demais bairros de Campo Grande/MS, bem como em qualquer outro município, respeitando suas particularidades e especificidades no planejamento urbano relacionado aos EVUs públicos, no controle de águas pluviais.

Para futuras pesquisas, seria interessante a continuidade das discussões entre a relação das cidades e as soluções baseadas na natureza, incluindo os espaços verdes urbanos para a mitigação dos efeitos dos eventos hidrológicos extremos que causam enchentes, inundações e alagamentos. Essas são preocupações válidas para o enfrentamento dos desafios com relação às mudanças climáticas.

Além disso, pesquisas futuras poderiam estender a lista de indicadores/variáveis como renda média familiar, densidade demográfica, extensão de rede de drenagem, volume de amortecimento de bacias de detenção/retenção. Ainda, a inclusão de extensão de vias

pavimentadas, com sarjetas, bem como da contagem de boca de lobo pode facilmente enriquecer a análise multivariada dos bairros, com os sistemas de drenagem desatualizados.

Outros estudos também podem explorar a inclusão de variáveis relacionadas às necessidades de criação de políticas públicas complementares direcionadas à população em desenvolvimento, em áreas emergentes.

Tal empreendimento público pode considerar indicadores que não concentrem ações e planejamento apenas em áreas urbanizadas com maior poder econômico, mas também em comunidades que concentram pessoas mais vulneráveis, que requerem atenção especial do Estado. Ao ampliar o leque de indicadores, também, é possível obter uma compressão mais abrangente das demandas e desafios enfrentados em diferentes contextos socioeconômico.

Sugere-se ainda, estudos contínuos possam relacionar os indicadores com outras questões relacionadas as mudanças climáticas e EVUs, tendo como *lócus* os países em desenvolvimento, a exemplo do Brasil, no que se refere aos eventos extremos de calor, seca, e poluições atmosféricas.

Acredita-se que a combinação e complementaridade advinda destes estudos possam visar a melhoria da qualidade de vida da população que reside e que visita as áreas urbanas e de forma complementar deixas as cidades mais habitáveis e uma cidade amiga e alinhada com as dimensões da sustentabilidade e mais preparada para enfrentar os efeitos adversos derivados das mudanças climáticas, a exemplo das enchentes e inundações.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6023:2023**. Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 37120:2019**. Cidade - Indicadores de desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 37123:2021**. Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para cidades inteligentes. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- ALMEIDA, Juscidalva Rodrigues de. Planejamento urbano. **Paisagem e Ambiente**, no 41, p. 187-210, jul, 2018. DOI 10.11606/issn.2359-5361.v0i41p187-210. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/131751>.
- ALMEIDA, Eduardo. **Econometria espacial aplicada**, vol. 1, Campinas: Alínea, 2012.
- ALMEIDA, Maria Do Céu; CARRIÇO, Nelson; SANTOS, João; ESLAMIAN, Saeid. Risk Analysis of Water Harvesting Systems. **Handbook of Water Harvesting and Conservation**. Wiley, 2021. <https://doi.org/10.1002/9781119478911.ch12>.
- ALMEIDA, Wanda Maira Muniz; FERNANDES, Ronaldo Oliveira; GUARALDO, Eliane. Acesso às Áreas Verdes Urbanas e Equidade Verde: um estudo em Campo Grande, MS. **Interações (Campo Grande)**, p. 281–297, maio, 2023. <https://doi.org/10.20435/inter.v24i1.3858>.
- ANGULURI, Ramesh; NARAYANAN, Priya. Role of green space in urban planning: Outlook towards smart cities. **Urban Forestry & Urban Greening**, vol. 25, p. 58–65, jul, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.04.007>.
- ARABIAN-HOSEYNABADI, H.; ORAEE, H.; TAVNER, P.J. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for wind turbines. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, vol. 32, no 7, p. 817–824, set, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2010.01.019>.
- BACCHIN, Taneha Kuzniecowa. **Performato Nature: Urban landscape infrastructure desing in water sensitive cities**. 2015. Doctorates – Delft University of Technology, 2015.
- BALIKÇI, Stella; GIEZEN, Mendel; ARUNDEL, Rowan. The paradox of planning the compact and green city: analyzing land-use change in Amsterdam and Brussels. **Journal of Environmental Planning and Management**, vol. 65, no 13, p. 2387–2411, nov, 2022. <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1971069>.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BASTOS, Bruno Gouvêa. **A indústria de base florestal, à luz da bioeconomia sustentável: o vetor estratégico do desenvolvimento do Estado do Mato Grosso do Sul**. 2021. Mestrado – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2021.
- BETANCUR, Sebastián Balbín; GASTMANS, Didier; VÁSQUEZ, Katherine Vásquez; SANTAROSA, Lucas Vituri; SANTOS, Vinícius dos; KIRCHHEIM, Roberto Eduardo. Hydrological responses in equatorial watersheds indicated by Principal Components Analysis (PCA) –

study case in Atrato River Basin (Colombia). **RBRH**, vol. 25, 2020.  
<https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190165>.

BOLDRIN, Rodrigo Süzes. **Avaliação de cenários de inundações urbanas a partir de medidas não-estruturais de controle: Trecho da bacia do Córrego do Gregórios, São Carlos - SP**. 2005. Mestrado – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BONZI, Ramón Stock. EMERALD NECKLACE – INFRAESTRUTURA URBANA PROJETADA COMO PAISAGEM. **Revista LABVERDE**, vol. 9, n. 9, p. 106, jan, 2015.  
<https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i9p106-127>.

BOTELHO, Louise Lira Roedel; DE ALMEIDA CUNHA, Cristiano Castro; MACEDO, Marcelo. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, vol. 5, no 11, p. 121, set, 2011. DOI 10.21171/ges.v5i11.1220. Disponível em:  
<https://www.gestoesociedade.org/gestoesociedade/article/view/1220>.

BOTTON, Gabriella Zanoto; PINHEIRO, Lara Kamila Silva; OLIVEIRA, Mario Cesar Junqueira; VASCONCELOS, Alexandre Meira; JESUS-LOPES, Jose Carlos de. As construções das abordagens conceituais de cidades sustentáveis e inteligentes para superar os desafios dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. **Desafio Online**, vol. 9, n. 3, jul, 2021. DOI 10.55028/don.v9i3.13072. Disponível em:  
<https://desafioonline.ufms.br/index.php/deson/article/view/13072>.

BOUSKELA, Maurício; CASSEB, Márcia; BASSI, Silvia; LUCA, Cristina De; FACCHINA, Marcelo. **Caminho para as smart cities: da gestão tradicional para a cidade inteligente**. Monografia do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), p. 1–148, 2016.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. Brasília, Congresso Nacional, 1988.

BRASIL. **Lei Federal n. 6.938/1981**, de 31 de agosto, Presidência da República. Brasília, Casa Civil, 1981.

BRASIL. **Lei n. 10.257**, de 10 de julho de 2001 - Estatuto da Cidade. 2001. Disponível em:  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm).

BRASIL. **Lei n. 11.445/2007**, de 5 de janeiro, alterada pela Lei n. 14.026/2020, Presidência da República. Brasília, Casa Civil, 2007. Disponível em:  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm).

BRASIL. **Lei Federal n. 12.651/2012**, de 25 de maio, Presidência da República. Brasília, Casa Civil, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm).

BRASIL. **Portaria n. 504/2020**, de 21 de setembro, de Ministério do Meio Ambiente. Programa Cidade + Verde. [S. l.: s. n.], 2020.

BUCCHERI FILHO, Alexandre Theobaldo; NUCCI, João Carlo. Espaços verdes, áreas verdes e cobertura vegetal no Bairro Alto da XV, Curitiba/PR. **Geography Department, University of São Paulo**, vol. 18, p. 48–59, 2006.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; DRUCK, Suzana; CARVALHO, Marília Sá. Análise Espacial e Geoprocessamento. **Análise Espacial de Dados Geográficos**, vol. 1, EMBRAPA, Brasília, 2004.

CAMPO GRANDE. **Decreto n. 12.680**, de 9 de julho de 2015. Aprova o Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Campo Grande - MS. DIOGRANDE. Campo Grande (MS), 2015.

CARVALHO, Alessandra Lopes; ANDRADE, Luciano; MENDES, Henrique Tadeu Castro; ALVES, Matheus Albiani; PINHEIRO, Pedro Vettorello. Análise de modos e efeitos de falhas: abordagem extensionista aplicada a uma pequena empresa. **Revista Interdisciplinar de Extensão**, vol. 3, n. 5, 2019.

CEMADEN, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Mapa Interativo da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden**. 2023. <http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/>.

CEMIL, Bayram; GKYER, Ercan. Urban Green Space System Planning. **Landscape Planning**, p. 107–122, jun, 2012. <https://doi.org/10.5772/45877>.

CHANG, Ni-Bin; LU, Jia-Wei; CHUI, Ting Fong May; HARTSHORN, Nicholas. Global policy analysis of low impact development for stormwater management in urban regions. **Land Use Policy**, vol. 70, p. 368–383, set, 2018. DOI 10.1016/j.landusepol.2017.11.024.

CHEN, Qiang; ZHONG, Cuiping; JING, Changfeng; LI, Yuanyuan; CAO, Beilei; CHENG, Qianhao. Rapid mapping and annual dynamic evaluation of quality of urban green spaces on google earth engine. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, vol. 10, n. 10, 2021. DOI 10.3390/ijgi10100670.

COBIAC, L. J. Selection of indicator for sustainable management of an urban stormwater system. **Water Intelligence Online - 2nd IWA Leading-Edge on Sustainability in Water-Limited Environments**, vol. 4, p. 50–56, dez, 2015. DOI 10.2166/9781780402871. Disponível em: <https://iwaponline.com/ebooks/book/137/>.

CODE OF CONDUCT AND BEST PRACTICE GUIDELINES FOR JOURNAL EDITORS (COPE). **Code of Conduct and Best Practice for Journal Editor**. 2011. Disponível em: [https://publicationethics.org/files/Code\\_of\\_conduct\\_for\\_journal\\_editors\\_Mar11.pdf](https://publicationethics.org/files/Code_of_conduct_for_journal_editors_Mar11.pdf).

COORDENADORIA MUNICIPAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DE CAMPO GRANDE (COMPDEC). **Dados gerais sobre os pontos de alagamentos, enchentes e inundações na sede urbana de Campo Grande/MS**. Campo Grande, 2022.

COUTO, Mariana Praes Praes; CARVALHO, Alessandra Lopes. Utilização do FMEA para análise de processos administrativos em uma instituição de ensino superior. **POLÍTICAS PÚBLICAS: DESAFIO DO MILÊNIO**, vol. 5, n. 10, p. 445–472, 2015.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Relatório da Setorização de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações: Campo Grande, Mato Grosso do Sul**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19545>.

CRESWELL, John W; CRESWELL, J David. **Projeto de pesquisa: métodos quantitativos e mistos**. Porto Alegre: Penso, 2021.

CSOMÓS, György; FARKAS, Zsolt Jenő; KOLCSÁR, Ronald A; SZILASSI, Péter; KOVÁCS, Zoltán. Measuring socio-economic disparities in green space availability in post-socialist cities. **Habitat International**, vol. 117, p. 102434, set, 2021. DOI 10.1016/j.habitatint.2021.102434.

DAL MORO, Leila; SOARES, João Filipe Torres; CASAGRANDA, Yasmin; GUADAGNIN, Alana; MORES, Giana de Vargas. Strategic plan to achieve the SDGs in South Brazil: evidence from the Regional Development Council articulated with the 2030 Agenda. **Ciência e Natura**, vol. 44, p. e42, ago, 2022. <https://doi.org/10.5902/2179460X70586>.

DAVIS, McKenna; NAUMANN, Sandra. **Making the Case for Sustainable Urban Drainage Systems as a Nature-Based Solution to Urban Flooding**. p. 123–137, 2017. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_8).

DE MANUEL, B. Fernández; MÉNDEZ-FERNÁNDEZ, L.; PEÑA, L.; AMETZAGA-ARREGI, I. A new indicator of the effectiveness of urban green infrastructure based on ecosystem services assessment. **Basic and Applied Ecology**, vol. 53, p. 12–25, jun, 2021. DOI 10.1016/j.baae.2021.02.012.

DERKZEN, Marthe L.; TEEFFELEN, Astrid J. A. van; VERBURG, Peter H. REVIEW: Quantifying urban ecosystem services based on high-resolution data of urban green space: an assessment for Rotterdam, the Netherlands. **Journal of Applied Ecology**, vol. 52, n. 4, p. 1020–1032, ago, 2015. DOI 10.1111/1365-2664.12469.

DIAS, Bruna Luz; LIMA, Márcia Azevedo de. Esponja Urbana: o caso de extravasamento em São Leopoldo/RS. *In: Anais ... IV Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificação e Comunidades Sustentáveis (IV EURO ELECS)*, 2021.

DODMAN, David; HAYWARD, Bronwyn; PELLING, Mark. Cities, Settlements and Key Infrastructure. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Sixth. Cambridge, UK and New York, NY, USA: IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.

DUIVENVOORDEN, Eva; HARTMANN, Thomas; BRINKHUIJSEN, Marlies; HESSELMANS, Ton. Managing public space – A blind spot of urban planning and design. **Cities**, vol. 109, p. 103032, fev, 2021. DOI 10.1016/j.cities.2020.103032.

DUARTE, Kamila de Aguiar. **Avaliação da configuração da Estrutura Ciclovária de Campo Grande (MS)**. 2023. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande - MS, 2023.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities, Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities**. Brussels: Publications Office of the European Union, 2015.

ECHENDU, Adaku Jane. The impact of flooding on Nigeria's sustainable development goals (SDGs). **Ecosystem Health and Sustainability**, vol. 6, n. 1, p. 1791735, dez, 2020. <https://doi.org/10.1080/20964129.2020.1791735>.

EISENBERG, Bernd; POLCHER, Vera. Nature Based Solutions -Technical Handbook. **Institute of Landscape Planning and Ecology**, 2019.

ELKINGTON, John. **Canibais com garfo e faca**. Rio de Janeiro: Makron Books, 2001.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia. **Manual de análise de dados**. vol. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

- FERGUSON, M; ROBERTS, H E; MCEACHAN, R R C; DALLIMER, M. Contrasting distributions of urban green infrastructure across social and ethno-racial groups. **Landscape and Urban Planning**, vol. 175, p. 136–148, apr., 2018. DOI 10.1016/j.landurbplan.2018.03.020.
- FERREIRA, Carla Sofia Santos; POTOČKI, Kristina; KAPOVIĆ-SOLOMUN, Marijana; KALANTARI, Zahra. **Nature-Based Solutions for Flood Mitigation and Resilience in Urban Areas**. Switzerland: Springer Cham, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-75875-8>.
- FOGLIATTO, Flávio Sanson. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Elsevier, Rio de Janeiro, 2011.
- GALLEGOS, Raphael Augusto Parreiras. **Ferramentas de gestão voltadas para melhoria da qualidade nas empresas**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. E-book, 2023.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GONÇALVES, Paula; VIERIKKO, Kati; ELANDS, Birgit; HAASE, Dagmar; LUZ, Ana Catarina; SANTOS-REIS, Margarida. Biocultural diversity in an urban context: An indicator-based decision support tool to guide the planning and management of green infrastructure. **Environmental and Sustainability Indicators**, vol. 11, p. 100131, 2021. DOI 10.1016/j.indic.2021.100131.
- GREGOLETTO, Débora; RIBEIRO, Bárbara Maria Giacom; SCHÖFFEL, Débora Grandó; FRIEDRICH, Bianca da Silva; KIEFER, Bruna Rodrigues; FARIAS, Eduarda Perini. A methodology for urban and regional planning: application in Cachoeira do Sul, Brazil. **Ciência e Natura**, vol. 45, no esp. 1, p. e84072, out, 2023. <https://doi.org/10.5902/2179460X84072>.
- HALECKI, Wiktor; STACHURA, Tomasz; FUDAŁA, Wioletta. Capacity of River Valleys to Retain Nutrients from Surface Runoff in Urban and Rural Areas (Southern Poland). **Water**, vol. 14, n. 20, p. 3259, 15 out, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14203259>.
- HIJIOKA, Akemi; et al. Espaços livres e espacialidades da esfera de vida pública: uma proposição conceitual para o estudo de sistemas de espaços livres urbanos no país. **Paisagem e Ambiente**, n. 23, p. 116, 25 jun. 2007. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i23p116-123>.
- HOLT, Alison R.; MEARS, Meghann; MALTBY, Lorraine; WARREN, Philip. Understanding spatial patterns in the production of multiple urban ecosystem services. **Ecosystem Services**, vol. 16, p. 33–46, dez, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.08.007>.
- HOWARD, Ebenezer. Garden cities of to-morrow. **Garden cities of to-morrow: A Peaceful Path to Reform**, 1898.
- HUANG, Yijing; TIAN, Zhan; KE, Qian; LIU, Junguo; IRANNEZHAD, Masoud; FAN, Dongli; HOU, Meifang; SUN, Laixiang. Nature-based solutions for urban pluvial flood risk management. **WIREs Water**, vol. 7, n. 3, maio, 2020. <https://doi.org/10.1002/wat2.1421>.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **Nature-based solutions to address global societal challenges**. Switzerland: IUCN International Union for Conservation of Nature, 2016. DOI <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2022**: informações de população e domicílios por setores censitários. 2024. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=39499&t=resultados>. Acessado em: 2 abr. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malha Municipal Digital**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IRAEGUI, Edorta; AUGUSTO, Gabriela; CABRAL, Pedro. Assessing equity in the accessibility to urban green spaces according to different functional levels. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, vol. 9, n. 5, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijgi9050308>.

JAHRL, Ingrid; MOSCHITZ, Heidrun; CAVIN, Joëlle Salomon. The role of food gardening in addressing urban sustainability – A new framework for analysing policy approaches. **Land Use Policy**, vol. 108, p. 105564, set, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105564>.

JESUS-LOPES, José Carlos de; MACIEL, Wilson Ravelli Elizeu; CASAGRANDA, Yasmin Gomes. Check-list dos elementos constituintes dos delineamentos das pesquisas científicas. **Desafio Online**, vol. 10, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/deson/article/view/14846>.

JIAN, Zhang; HAO, Shen. Geo-spatial analysis and optimization strategy of park green space landscape pattern of Garden City– A case study of the central district of Mianyang City Sichuan Province. **European Journal of Remote Sensing**, vol. 53, n. 1, p. 309–315, set, 2020. DOI 10.1080/22797254.2020.1725788.

JUSTI, Priscilla Azambuja; JESUS-LOPES, José Carlos de. Cidade Jardim e Cidades Verdes: são abordagens conceituais que se interdisciplinam com o Desenvolvimento Urbano Sustentável. *In: Anais ... XLVI Encontro da ANPAD - EnANPAD 2022, 2022a*. Disponível em: <http://anpad.com.br/uploads/articles/120/approved/012d9fe15b2493f21902cd55603382ec.pdf>.

JUSTI, Priscilla Azambuja; JESUS-LOPES, José Carlos de. Indicadores para os Espaços Verdes Urbanos, como ferramenta de monitoramento do planejamento urbano sustentável. *In: Anais ... XXIV ENGEMA, 2022b*. Disponível em: <https://engemausp.submissao.com.br/24/arquivos/77.pdf>.

JUSTI, Priscilla Azambuja; MENDO, Carolina; QUEIROZ, Adriane Angelica Faria Santos Lopes de; JESUS-LOPES, José Carlos de. Public policies for the management of urban green spaces: Brazilian's experiences. *In: Anais ... The 6th International EcoSummit Congress, 2023, Austrália*.

JUSTI, Priscilla Azambuja; VASCONCELOS, Alexandre Meira de; JANZEN, Johannes Gérson; JESUS-LOPES, José Carlos de. Avaliação de espaços verdes urbanos para controle de águas pluviais: Campo Grande (MS), como lócus da pesquisa aplicada. *In: Anais ... XLVII Encontro da ANPAD - EnANPAD 2024, 2024*.

KABISCH, Nadja; KORN, Horst; STADLER, Jutta; BONN, Aletta (Orgs.). **Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas**. Cham: Springer International Publishing, 2017a. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5>.

KABISCH, Nadja; KORN, Horst; STADLER, Jutta; BONN, Aletta. **Urban Green Spaces and the Potential for Health Improvement and Environmental Justice in a Changing Climate.** Switzerland: Springer, Cham, 2017b. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_1).

KADAVRUGU, Ashok; NAGESHWAR RAO, Ch; VISWANADH, G. K. Quantification of flood mitigation services by urban green spaces using InVEST model: a case study of Hyderabad city, India. **Modeling Earth Systems and Environment**, vol. 7, n. 1, p. 589–602, mar, 2021. DOI 10.1007/s40808-020-00937-0.

KARUNARATHNE, A.W.S.P; PIYATILAKE, I.T.S. Determining Flood Risk Vulnerability Using Factor Analysis Approach. 2021. **6th International Conference on Information Technology Research (ICITR)**. IEEE, p. 1-6, dez, 2021. <https://doi.org/10.1109/ICITR54349.2021.9657354>.

KNEODLER, Thais da Silva; SILVA, Ester Souza da; HABERLAND, Débora Fernanda; SILVA, Thiago Augusto Soares Monteiro da; OLIVEIRA, Alexandre Barbosa de. Tecnologias sociais para ações de gestão de risco em desastres: uma revisão de escopo. **Saúde em Debate**, vol. 46, no spe8, p. 187–200, dez. 2022. <https://doi.org/10.1590/0103-11042022e814>.

KONGJIAN, Yu; DONG, Zhang. Life Cells, Landscape Pattern and Innovation Network: Zhongguancun Life Science Park Planning. **Urban Planning**, n. 5, p. 76–80, 2001.

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. **Administração de Marketing**. 15. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

KRELLENBERG, Kerstin; ARTMANN, Martina; STANLEY, Celina; HECHT, Robert. What to do in, and what to expect from, urban green spaces – Indicator-based approach to assess cultural ecosystem services. **Urban Forestry and Urban Greening**, vol. 59, jan, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.126986>.

LAAN, Corine M.; PIERSMA, Nanda. Accessibility of green areas for local residents. **Environmental and Sustainability Indicators**, vol. 10, p. 100114, 2021, oct, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100114>.

LI, Xiaoyong; KUANG, Wenhui; SUN, Fengyun. Identifying Urban Flood Regulation Priority Areas in Beijing Based on an Ecosystem Services Approach. **Sustainability**, vol. 12, n. 6, p. 2297, mar, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12062297>.

LIMA, Andressa; VERÓL, Aline; MIGUEZ, Marcelo. Matriz de estudo de viabilidade da requalificação fluvial urbana. *In: Anais ... IV Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificação e Comunidades Sustentáveis (IV EURO ELECS)*, p. 421–443, 2021.

LIU, Fan; LIU, Xiaoding; XU, Tao; YANG, Guang; ZHAO, Yaolong. Driving Factors and Risk Assessment of Rainstorm Waterlogging in Urban Agglomeration Areas: A Case Study of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, China. **Water**, vol. 13, n. 6, p. 770, mar, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13060770>.

LIU, On Yi; RUSSO, Alessio. Assessing the contribution of urban green spaces in green infrastructure strategy planning for urban ecosystem conditions and services. **Sustainable Cities and Society**, vol. 68, p. 102772, maio, 2021. DOI 10.1016/j.scs.2021.102772. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210670721000640>.

LOPES, José Carlos de Jesus; SILVA, Giovanna Lourenço Luges da. Fronteiras conceituais dos termos cidades sustentáveis, cidades inteligentes e bioeconomia: O que as pesquisas

científicas, encontradas na literatura, tem a dizer? **Ciência e Natura**, vol. 44, p. e23, jul, 2022. <https://doi.org/10.5902/2179460X67612>.

LUCAS, Murilo Cesar; JODAS, Gustavo Bonfim; BERTOTTO, Luis Eduardo; OLIVEIRA, Paulo Tarso Sanches de; BAIL, Alessandro. Curve number for runoff estimating in interlocking concrete pavement. **RBRH**, vol. 27, 2022. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.272220220035>.

LUGÃO, Layra Ramos; DE ALVAREZ, Cristina Engel. Indicadores de sustentabilidade urbana versus espaços públicos verdes e recreativos. *In: Anais ... IV Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificação e Comunidades Sustentáveis (IV EURO ELECS)*, p. 138, 2021.

MANSANO, Fernanda Helen; PARRÉ, José Luiz; PEREIRA, Marcelo Farid. Análise Fatorial aplicadas para a classificação das incubadoras de empresas de base tecnológica do Paraná. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (RBERU)**, vol. 11, no 2, p. 133–151, 2017.

MANSUR, Andressa V; MCDONALD, Robert I; GÜNERALP, Burak; KIM, HyeJin; DE OLIVEIRA, Jose A Puppim; CALLAGHAN, Corey T; HAMEL, Perrine; KUIPER, Jan J; WOLFF, Manuel; LIEBELT, Veronika; MARTINS, Inês S; ELMQVIST, Thomas; PEREIRA, Henrique M. Nature futures for the urban century: Integrating multiple values into urban management. **Environmental Science & Policy**, vol. 131, p. 46–56, set. 2022. DOI 10.1016/j.envsci.2022.01.013.

MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis, metodologia jurídica**. São Paulo: Atlas, 2022.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnica de Pesquisa**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MARQUES, Lidiane da Silva; OLIVARES, Gustavo Lopes. Desenvolvimento de um sistema de informação na gestão e fiscalização de contratos do HFX utilizando a ferramenta 5W1H. **Gestão pela Qualidade**, vol. 3. Belo Horizonte: Poisson, 2018.

MARTINS, Julia Costa; RAMOS, Larrissa Letícia Andara; JESUS, Luciana Aparecida Netto. Áreas verdes urbanas: análise da distribuição espacial com ênfase na sintaxe espacial. *In: Anais ... IV Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificação e Comunidades Sustentáveis (IV EURO ELECS)*, p. 192–204, 2021.

MAZZON, José Afonso. **Análise do programa de alimentação do trabalhador sob o conceito de marketing social**. 1981. Tese – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

MAZZON, José Afonso. Using the Methodological Association Matrix in Marketing Studies. **Revista Brasileira de Marketing**, vol. 17, n. 5, p. 747–770, set, 2018. <https://doi.org/10.5585/bjm.v17i5.4175>.

MCHARG, Ian L. **Design with nature**. New York: American Museum of Natural History, 1969.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis**. Washington, DC: World Resources Institute, 2005.

MORAES, Wesley Reghini de; ZACHARIAS, Andréa Aparecida; RODRIGUES, Giovani Bino. Métodos de Análise Espacial para Cálculos de Espaços Livres, Áreas Verdes e Espaços de Lazer em Áreas Urbanas. **Revista Latino-americana de Ambiente Construído & Sustentabilidade**, vol. 1, n. 2, 2020.

MOSLEH, Leila; NEGAHBAN-AZAR, Masoud; PAVAO-ZUCKERMAN, Mitchell. Stormwater Green Infrastructure Resilience Assessment: A Social-Ecological Framework for Urban Stormwater Management. **Water**, vol. 15, n. 9, p. 1786, maio, 2023. DOI 10.3390/w15091786. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/9/1786>.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL (MPMS). **Ação Civil Pública no 0908129-97-2016.120001**. MPMS, Campo Grande, 2017.

MUTLU, Nazlı Gülüm; ALTUNTAS, Serkan. Risk analysis for occupational safety and health in the textile industry: Integration of FMEA, FTA, and BIFPET methods. **International Journal of Industrial Ergonomics**, vol. 72, p. 222–240, jul, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.05.013>.

NAPAWAN, N Claire; SIMPSON, Sheryl-Ann; SNYDER, Brett. Engaging Youth in Climate Resilience Planning with Social Media: Lessons from #OurChangingClimate. **Urban Planning**, vol. 2, no 4, p. 51–63, set, 2017. DOI 10.17645/up.v2i4.1010.

NASCIMENTO NEIVA, Kalil; NOGUEIRA GONÇALVES, Ana Carolina; GOUVÊA BASTOS, Bruno; DE MEIRA VASCONCELOS, Alexandre; JESUS LOPES, José Carlos. Bioeconomy: A Theoretical Essay on the dimensions of stakeholder’s conceptual approaches. **Ciência e Natura**, vol. 44, p. e16, jul, 2022. <https://doi.org/10.5902/2179460X67555>.

NOBREGA, Gabriel Dutra Ponte; ANDRADE, Liza Maria Souza de; LEMOS, Natália da Silva. A pedagogia do ciclo da água urbano: formas de abordagem para promover cidades sensíveis à água. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 23, p. 112–126, jul, 2019. <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.10>.

NOWAK, David J. Improving city florests throught assessment, modelling and monitoring. **Unasyva**, vol. 69, p. 30–36, 2018.

OLIVEIRA, Aline da Nóbrega. **As áreas verdes nos padrões de ocupação do solo urbano no Distrito Federal e seu papel na provisão de serviços ecossistêmicos hídricos**. 2022. Mestrado – Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

OLIVEIRA, Mário César Junqueira de. **Avaliação de atributos que integram o planejamento de Cidades Sustentáveis e Inteligentes: Aplicação em Campo Grande (MS)**. 2021. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande - MS, 2021.

OLIVEIRA, Mário César Junqueira de; JESUS-LOPES, Jose Carlos de; ALMEIDA GARCIA, Juliene Gonçalves de; FURLAN, Matheus Barros; ARAMAQUI, Jullyana Neves. Indicadores de Uso Misto do Solo e Distribuição de Áreas Verdes Urbanas no Planejamento de Cidades Sustentáveis e Inteligentes em Países em Desenvolvimento. *In: Anais ... XXII ENGEMA: Universidade de São Paulo (USP)*, 2020.

OLIVEIRA, Mário Cesar Junqueira; JESUS-LOPES, José Carlos de; GONÇALVES, Juliene; GARCIA, de Almeida; RODRIGUES, Dulce Buchala Bicca; ARAMAQUI, Jullyana Neves; DALTO;

- JUNQUEIRA, Paulo Gabriel. Atributos de cidades sustentáveis e inteligentes: ciclovias e transporte públicos. *In: Anais ... IV Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificação e Comunidades Sustentáveis (IV EURO ELECS)*, p. 1126–1139, 2021.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. **PNUD**, p. 32–33, 2015.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). ONU-HABITAT. **Nova Agenda Urbana**. Washington, 2017.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). UN-HABITANT. **Nova Agenda Urbana**. 2018. Disponível em: <https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Portuguese-Brazil.pdf>.
- OTTO, Henrique Rossi; JESUS-LOPES, José Carlos de. Mitigation of CH4 emissions in sanitary landfills: An efficient technological arrangement to reduce Greenhouse gas emission. **Ciência e Natura**, vol. 43, p. e90, set, 2021. <https://doi.org/10.5902/2179460X66221>.
- PALUDO, Augustinho V.; OLIVEIRA, Antonio G. **Governança Organizacional Pública e Planejamento Estratégico**: Para órgãos e entidades públicas. Indaiatuba: Foco. E-book, 2021.
- PANG, Bo; ZHAO, Jingyuan; ZHANG, Jianxin; YANG, Li. How to plan urban green space in cold regions of China to achieve the best cooling efficiency. **Urban Ecosystems**, n. 0123456789, 2022. DOI 10.1007/s11252-022-01202-1.
- PARK, Kiyong; OH, Hoo; JEON, Won-Sik; LEE, Eui Hoon. An Analysis of Flood Damage Influence by Urban Spatial Factors. **Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society**, vol. 21, n. 9, p. 238–250, 2020.
- PEZAN, Victor Faria. **Determinação do SCS-Curve Number usando dados hidrológicos observados de bacias hidrológicas brasileiras**. 2022. Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2022.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE (PMCG). Agência Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano. (PLANURB). **Carta Geotécnica de Campo Grande**. Campo Grande, 2020.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE (PMCG). Agência Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano. (PLANURB). **Perfil Socioeconômico de Campo Grande**. 29. ed. Campo Grande: PLANURB, 2022. Disponível em: <https://prefcg-repositorio.campogrande.ms.gov.br/wp-cdn/uploads/sites/76/2022/03/perfil2022-prefcg-1661868320.pdf>.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE (PMCG). Agência Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano. (PLANURB). **Perfil Socioeconômico de Campo Grande**. PLANURB, vol. 29, 2022. Disponível em: <https://prefcg-repositorio.campogrande.ms.gov.br/wp-cdn/uploads/sites/18/2022/08/perfil2022-completo-prefcg-1662147257.pdf>.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE (PMCG). CONSÓRCIO RES, Planejamento em Drenagem Urbana. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande - R2**: Formulação de cenários, diagnósticos e prognóstico das inundações, vol. 2, 2018a.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE (PMCG). CONSÓRCIO RES. Planejamento em Drenagem Urbana. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande - R10: Manual de Drenagem Urbana**, vol. 10, 2018b.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE (PMCG). Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos (SISEP). **Editais SISEP n. 01, de 30 de abril - Prefeitura Municipal de Campo Grande/MS: Drenagem Urbana em Campo Grande 1960/2020**. Diário Oficial de Campo Grande, Ano XXII, n. 5.563. Campo Grande: 2019.

POCHODYŁA, Ewelina; GLIŃSKA-LEWCZUK, Katarzyna; JASZCZAK, Agnieszka. Blue-green infrastructure as a new trend and an effective tool for water management in urban areas. **Landscape Online**, vol. 92, p. 1–20, set, 2021. <https://doi.org/10.3097/LO.202192>.

POUR, Sahar Hadi; WAHAB, Ahmad Khairi Abd; SHAHID, Shamsuddin; ASADUZZAMAN, Md; DEWAN, Ashraf. Low impact development techniques to mitigate the impacts of climate-change-induced urban floods: Current trends, issues and challenges. **Sustainable Cities and Society**, vol. 62, p. 102373, nov, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102373>.

PRESCOTT, Susan L.; *et al.* Project Earthrise: Proceedings of the Ninth Annual Conference of inVIVO Planetary Health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, vol. 18, n. 20, p. 10654, out, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph182010654>.

RAYMOND, Christopher M.; BERRY, P M; BREIL, Margaretha; RAZVAN NITA, Mihai. **An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solutions projects BESAFE: Biodiversity and Ecosystem Services: Arguments for our future Environment View project** ESMEALDA-Enhancing ecosystem services mapping for policy a. Wallingford, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/313870834>.

RAYMOND, Christopher M.; *et al.* **An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-based Solutions Projects**. Wallingford: 2017.

RIBEIRO, Priscilla Bortolotto. **Planejamento estratégico na gestão pública municipal**. São Paulo: Contentus, 2020.

RING, Zita; DAMYANOVIC, Doris; REINWALD, Florian. Green and open space factor Vienna: A steering and evaluation tool for urban green infrastructure. **Urban Forestry and Urban Greening**, vol. 62, p. 127131, 2021. DOI 10.1016/j.ufug.2021.127131.

ROSA, Altair. **Bioretention for diffuse pollution control in SUDS using experimental-adaptive approaches of ecohydrology**. 2016. Doutorado – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

RSTUDIO TEAM. **RStudio: Integrated Development for R**. Boston, 2020.

RUANGPAN, Laddaporn; *et al.* Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, vol. 20, n. 1, p. 243–270, 20 jan. 2020. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-243-2020>.

RUEDIGER, Marco Aurélio; JANNUZZI, Paulo de Martino; MEIRELLES, Beatriz; PIMENTEL, Joyce. **Políticas públicas para o desenvolvimento sustentável: dos mínimos sociais dos objetivos de desenvolvimento do milênio à agenda multissetorial e integrada de desenvolvimento sustentável**. FGV DAPP, 2018. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/20528>.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamod, 2002.

SANTOS, Carla Zoaid Alves dos; FERREIRA, Robério Anastacio; GOMES, Laura Jane. **Gestão de áreas verdes públicas municipais: perspectivas e desafios**. Políticas públicas para a gestão das cidades. São Cristóvão: UFS, 2020.

SANTOS, Jeovalter Correia. **Análise dos pilares da sustentabilidade corporativa nas organizações públicas municipais e o seu impacto no desempenho**: um estudo de caso de Goiânia. 2021. Dissertação de Mestrado – Universidade Autónoma de Lisboa, Lisboa, 2021.

SANTOS JUNIOR, Edimilson Rodrigues dos. **Análise dos efeitos da mudança de cobertura da terra sobre a oferta de serviços ecossistêmicos em áreas úmidas periurbanas no estado de São Paulo**. 2023. Mestrado – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

SANTOS, Layara de Paula Sousa. **Indicadores socioambientais para avaliação de sistema de drenagem urbana**. 2022. Doutorado – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.

SANTOS, Lucas Oliveira; *et al.* Análise dos modos de falhas e seus efeitos (FMEA): uma avaliação das publicações em periódicos nacionais e internacionais. *In: Anais ... IX Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe*, 2017.

SANTOS, Paula da Silva. **Sistemas produtivos intensivos da pecuária de corte de Mato Grosso do Sul**: conjunto de indicadores de avaliação da sustentabilidade. 2022. Doutorado – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2022.

SANTOS, Paula da Silva; AZEVEDO, Denise Barros de; MALAFAIA, Guilherme Cunha. Reflexões sobre o alcance da governança colaborativa, a partir dos diálogos entre os stakeholders, no âmbito dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. **Desafio Online**, vol. 10, n. 3, 2022.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA (SBAU). **Carta a Londrina e Iporã**. vol. 3, n. 5, 1996.

SGARBI, Allyne Caroline. **Redução de Risco de Desastres**: uma análise da subprefeitura do Butantã-SP pela perspectiva da ISO 37123 - Desenvolvimento sustentável de comunidade - Indicadores de cidades resilientes. 2020. Mestre em Ciências – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

SHRESTHA, Sabita; CUI, Shenghui; XU, Lilai; WANG, Lihong; MANANDHAR, Bikram; DING, Shengping. Impact of Land Use Change Due to Urbanisation on Surface Runoff Using GIS-Based SCS–CN Method: A Case Study of Xiamen City, China. **Land**, vol. 10, n. 8, p. 839, ago, 2021. <https://doi.org/10.3390/land10080839>.

SILVA, Rosinda Angela da. **Custos, riscos e indicadores da qualidade**. Curitiba: Contentus, 2020.

SIVA, L. A.; *et al.* Impacts of an urban flood control infrastructure on the limnology and ichthyofauna of a basaltic Cuesta stream (southeast Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, vol. 83, 2023. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.276585>.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico Anual dos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas 2021**. 2022.

SOTTO, Debora; RIBEIRO, Djonathan Gomes; ABIKO, Alex Kenya; SAMPAIO, Carlos Alberto Cioce; NAVAS, Carlos Arturo; MARINS, Karin Regina de Castro; SOBRAL, Maria do Carmo Martins; PHILIPPI JR., Arlindo; BUCKERIDGE, Marcos Silveira. Sustentabilidade urbana: dimensões conceituais e instrumentos legais de implementação. **Estudos Avançados**, vol. 33, n. 97, p. 61–80, dez, 2019. DOI 10.1590/s0103-4014.2019.3397.004.

SOUZA, Laise Novellino Nunes de; LUGON JUNIOR, Jader. Study of the hydrological impact of the growth of a residential neighborhood on urban drainage – A case study at the city of Macaé, Rio de Janeiro, Brazil. **Ciência e Natura**, vol. 45, p. e16, out, 2023. <https://doi.org/10.5902/2179460X68751>.

STANGE, Erik E.; BARTON, David N.; ANDERSSON, Erik; HAASE, Dagmar. Comparing the implicit valuation of ecosystem services from nature-based solutions in performance-based green area indicators across three European cities. **Landscape and Urban Planning**, vol. 219, p. 104310, mar, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104310>.

STEFANAKIS, Alexandros. The Role of Constructed Wetlands as Green Infrastructure for Sustainable Urban Water Management. **Sustainability**, vol. 11, n. 24, p. 6981, dez, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11246981>.

TRATALOS, Jamie; FULLER, Richard A.; WARREN, Philip H.; DAVIES, Richard G.; GASTON, Kevin J. Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. **Landscape and Urban Planning**, vol. 83, n. 4, p. 308–317, dez, 2007. DOI 10.1016/j.landurbplan.2007.05.003.

TUCCI, Carlos E. M. **Drenagem Urbana**, vol. 5. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**, vol. 1. Brasília: Unesco, 2005.

UNISDR, UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNISDR). **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction: 2015–2030**. Geneva: 2015.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**. New York: UN, 2019. DOI 10.18356/b9e995fe-en. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Urban Hydrology for Small Watersheds - TR-55**. 1986.

VALLE JUNIOR, Luiz Claudio Galvão do; RODRIGUES, Dulce Buchala Bicca; OLIVEIRA, Paulo Tarso Sanches de. Initial abstraction ratio and Curve Number estimation using rainfall and runoff data from a tropical watershed. **RBRH**, vol. 24, 2019. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.241920170199>.

VARGAS, Felipe; ARANDA, Yara Paulina Cerpa; RADOMSKY, Guilherme F. W. Desenvolvimento Sustentável: introdução histórica e perspectivas teóricas. *In*: SEAD/UFRGS (org.). **Introdução às teorias do desenvolvimento**. Porto Alegre: Editora da, 2016.

VEERKAMP, Clara J.; SCHIPPER, Aafke M.; HEDLUND, Katarina; LAZAROVA, Tanya; NORDIN, Amanda; HANSON, Helena I. A review of studies assessing ecosystem services provided by urban green and blue infrastructure. **Ecosystem Services**, vol. 52, p. 101367, dez, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101367>.

VELDE, Yvette van der. Green Infrastructure and Flood Resilience in Fatih, Istanbul. **Delft University of Technology**, 2021. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:f1f35bf1-e8e4-4102-88f7-9dd9b5012f6b>.

VIDA, Emanuelle; JESUS-LOPES, José Carlos de. Cidades Inteligentes e Sustentáveis: uma análise sistemática da produção sistemática da produção científica recente. **Revista Científica E-Locução**, vol. 1, n. 17, p. 21, 2020. <https://doi.org/10.57209/e-locucao.v1i17.241>

VIDA, Emanuelle Teixeira. **Cidades Sustentáveis e Inteligentes: um olhar sobre a condição da cidade de Campo Grande (MS)**. 2020. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Sustentabilidade e Eficiência Energética) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande - MS, 2020.

WHITFORD, V; ENNOS, A.R.; HANDLEY, J.F. “City form and natural process” - indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. **Landscape and Urban Planning**, vol. 57, n. 2, p. 91–103, nov, 2001. DOI 10.1016/S0169-2046(01)00192-X.

WIKANTIYOSO, R; TUTUKO, P. Planning review: Green city design approach for global warming anticipatory: Surabaya’s development plan. **International Review for Spatial Planning and Sustainable Development**, vol. 1, n. 3, p. 4–18, 2013. DOI 10.14246/irspsd.1.3\_4.

WOLCH, Jennifer R; BYRNE, Jason; NEWELL, Joshua P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities ‘just green enough’. **Landscape and Urban Planning**, vol. 125, p. 234–244, set, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>.

YU; ZHAO; FU. Optimization of Impervious Surface Space Layout for Prevention of Urban Rainstorm Waterlogging: A Case Study of Guangzhou, China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, vol. 16, n. 19, p. 3613, set, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193613>.

ZHAO, Zi-Tong; *et al.* SCC-UEFAS, an urban-ecological-feature based assessment system for sponge city construction. **Environmental Science and Ecotechnology**, vol. 12, p. 100188, out, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.es.2022.100188>.

**ANEXOS**

Anexo A – Ficha para a aplicação do método *Curve Number (CN)*, a partir (USDA, 1986).

Nº ficha:

Coordenadas:

--	--

Nome local:

Bairro:

**1. Número da curva de escoamento**

Nome do solo e grupo hidrológico	Descrição	CN			Área	Produto de CN e Área
		Tabela 2-2	Figura 2-3	Figura 2-4	m <sup>2</sup>	
<b>Totais</b>						

$$CN = \frac{\sum \text{Produto CN} \times \text{área}}{\sum \text{Área}}$$

\_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ = CN =

**2. Escoamento superficial**

	Chuva 1	Chuva 2	Chuva 3
Frequência (ano)			
Precipitação (24 horas), P (mm)			
Escoamento superficial, Pe (mm)			

**Anexo B – Eficiência dos EVUs públicos, no controle de águas pluviais, com a aplicação do método Número de Curva (*Curve Number* - CN) que determina o escoamento superficial (Pe), para a precipitação média 74,551 mm, organizado em ordem crescente de Pe. Nota: GH – Grupo Hidrológico do Solo**

ID	Bairros	Tipos de EVUs púb.	Área impermeável (m <sup>2</sup> )	Área permeável (m <sup>2</sup> )	Área Grupo árvores (m <sup>2</sup> )	GH	CN para área impermeável	CN para área permeável	CN para grupo árvore	Produto de CN e Área	CN MÉDIO	Pe (mm)
50	Santo Amaro	Praça	0,00	3.542,23	10.289,65	B	98	58	55	771.380,00	55,77	3,56
12	Panamá	Praça	0,00	3.043,69	4.017,42	B	98	58	55	397.492,48	56,29	3,83
22	Popular	Praça	0,00	5.308,73	3.704,30	B	98	58	55	511.642,52	56,77	4,09
72	Panamá	Praça	195,76	15.814,18	13.907,47	B	98	58	55	1.701.317,98	56,87	4,14
14	Santo Antônio	Praça	0,00	6.359,94	2.107,12	B	98	58	55	484.768,00	57,25	4,35
80	Nova Campo Grande	Praça	0,00	31.881,40	10.223,52	B	98	58	55	2.411.414,86	57,27	4,36
15	Panamá	Praça	0,00	6.529,69	925,15	B	98	58	55	429.605,35	57,63	4,56
77	Popular	Parque	0,00	38.845,47	4.871,80	B	98	58	55	2.520.986,38	57,67	4,59
81	Popular	Parque	0,00	52.357,77	5.401,13	B	98	58	55	3.333.812,69	57,72	4,62
40	Santo Antônio	Praça	0,00	10.547,24	755,67	B	98	58	55	653.301,60	57,80	4,66
46	Panamá	Praça	0,00	11.206,91	747,75	B	98	58	55	691.126,86	57,81	4,67
3	Nasser	Área inst.	0,00	6.356,83	0,00	B	98	58	66	368.696,13	58,00	4,78
27	Santo Antônio	Parque linear/APP	0,00	8.903,74	0,00	B	98	58	60	516.416,75	58,00	4,78
87	Popular	Praça	0,00	25.411,27	0,00	B	98	58	55	1.473.853,88	58,00	4,78
64	Santo Antônio	Área inst.	0,00	21.986,63	194,36	B	98	58	66	1.288.052,33	58,07	4,82
54	Santo Antônio	Área inst.	0,00	16.018,10	214,46	B	98	58	66	943.203,87	58,11	4,84
90	Sobrinho	Área inst.	0,00	97.214,50	1.246,14	B	98	58	66	5.720.686,19	58,10	4,84
93	Santo Antônio	Área inst.	0,00	110.187,59	1.495,51	B	98	58	66	6.489.583,56	58,11	4,84
97	Santo Antônio	Área inst.	0,00	162.089,67	2.848,03	B	98	58	66	9.589.170,84	58,14	4,86
23	Nasser	Área inst.	0,00	9.278,50	227,19	B	98	58	66	553.147,89	58,19	4,89
53	Popular	Praça	390,77	13.537,11	3.474,27	B	98	58	55	1.014.532,82	58,30	4,95
7	Santo Antônio	Área inst.	0,00	5.713,88	229,64	B	98	58	66	346.561,07	58,31	4,96
42	Panamá	Praça	569,95	4.586,79	6.364,88	B	98	58	55	671.957,62	58,32	4,97
28	Santo Amaro	Área inst.	0,00	9.766,26	436,54	B	98	58	66	595.254,55	58,34	4,98
88	Santo Antônio	Área inst.	762,41	77.577,04	1.547,99	B	98	58	66	4.676.351,58	58,54	5,10
51	Panamá	Praça	951,59	7.167,95	7.561,75	B	98	58	55	924.893,87	58,98	5,37
10	Popular	Praça	249,63	5.777,82	829,46	B	98	58	55	405.196,83	59,09	5,43
36	Panamá	Área Inst.	0,00	3.362,97	526,17	B	98	58	66	229.779,15	59,08	5,43
18	Santo Amaro	Praça	436,45	6.465,34	2.383,57	B	98	58	55	548.858,02	59,11	5,45
33	São Francisco	Praça	706,20	4.932,89	5.270,93	B	98	58	55	645.216,18	59,14	5,46
25	Nova Campo Grande	Área inst.	0,00	7.840,90	1.356,67	B	98	58	66	544.311,89	59,18	5,49
41	Santo Amaro	Praça	473,28	8.923,57	1.862,90	B	98	58	55	666.407,46	59,18	5,49
34	Panamá	Área inst.	0,00	4.936,20	1.366,49	B	98	58	66	376.487,60	59,73	5,84
43	Santo Amaro	Parque linear/APP	0,00	0,00	11.192,32	B	98	58	60	671.539,08	60,00	6,01

ID	Bairros	Tipos de EVUs púb.	Área impermeável (m²)	Área permeável (m²)	Área Grupo árvores (m²)	GH	CN para área impermeável	CN para área permeável	CN para grupo árvore	Produto de CN e Área	CN MÉDIO	Pe (mm)
69	Panamá	Parque linear/APP	0,00	0,00	24.537,24	B	98	58	60	1.472.234,22	60,00	6,01
48	Nova Campo Grande	Área inst.	0,00	9.615,46	3.310,16	B	98	58	66	776.167,24	60,05	6,04
37	Santo Amaro	Área inst.	0,00	3.390,66	2.183,92	B	98	58	66	340.797,45	61,13	6,77
26	Panamá	Praça	1.126,90	3.785,34	4.015,15	B	98	58	55	550.819,12	61,70	7,16
79	Sobrinho	Área inst.	2.199,74	19.647,77	305,14	B	98	58	66	1.375.284,69	62,08	7,44
8	Panamá	Área inst.	0,00	2.961,12	3.711,13	B	98	58	66	416.679,03	62,45	7,70
9	Santo Amaro	Praça	890,19	6.824,74	0,00	B	98	58	55	483.073,61	62,62	7,83
39	Santo Amaro	Área inst.	370,64	2.535,39	234,58	B	98	58	66	198.857,35	63,32	8,36
11	Santo Amaro	Área inst.	535,43	4.072,94	1.198,05	B	98	58	66	367.774,71	63,34	8,37
20	José Abrão	Praça	1.662,67	4.290,41	3.203,09	B	98	58	55	587.955,48	64,21	9,05
1	Santo Amaro	Praça	1.441,84	2.410,76	2.767,02	B	98	58	55	433.310,98	65,46	10,07
2	Panamá	Praça	1.656,76	3.553,82	2.417,78	B	98	58	55	501.462,59	65,74	10,30
6	Nova Campo Grande	Praça	2.535,75	8.204,45	1.233,34	B	98	58	55	792.195,56	66,16	10,66
24	Nova Campo Grande	Praça	2.135,19	4.519,01	2.406,35	B	98	58	55	603.700,12	66,63	11,07
13	Santo Amaro	Praça	1.769,30	5.984,58	0,00	B	98	58	55	520.497,33	67,13	11,52
60	Panamá	Área inst.	1.402,93	3.229,95	5.594,56	B	98	58	66	694.064,40	67,86	12,18
99	Centro	Praça	5.639,65	3.314,58	10.680,54	B	98	58	55	1.332.361,04	67,86	12,18
16	Cabreúva	Praça	6.052,37	15.660,81	0,00	B	98	58	55	1.501.458,56	69,15	13,41
82	Cabreúva	Área inst.	21.330,79	39.681,27	0,00	B	98	58	66	4.391.931,53	71,98	16,31
62	Centro	Praça	8.318,75	6.018,85	7.652,61	B	98	58	55	1.585.224,38	72,09	16,43
32	Panamá	Área inst.	3.318,90	4.746,96	1.620,36	B	98	58	66	707.519,08	73,04	17,49
70	Centro	Praça	11.245,52	6.626,02	7.616,14	B	98	58	55	1.905.257,63	74,75	19,47
98	Panamá	Parque linear/APP	0,00	29.898,16	127.099,07	D	98	78	79	12.372.882,53	78,81	24,71
30	Santo Antônio	Parque linear/APP	0,00	0,00	9.205,50	D	98	78	79	727.234,58	79,00	24,98
44	Santo Antônio	Parque linear/APP	0,00	0,00	372.338,43	D	98	78	79	29.414.736,05	79,00	24,98
47	Popular	Parque linear/APP	0,00	0,00	12.716,41	D	98	78	79	1.004.596,47	79,00	24,98
71	Panamá	Parque linear/APP	0,00	0,00	26.939,84	D	98	78	79	2.128.247,04	79,00	24,98
83	Popular	Parque linear/APP	0,00	0,00	67.705,07	D	98	78	79	5.348.700,45	79,00	24,98
85	Santo Amaro	Parque linear/APP	0,00	0,00	57.986,90	D	98	78	79	4.580.965,34	79,00	24,98
86	Panamá	Parque linear/APP	0,00	0,00	87.250,54	D	98	78	79	6.892.792,50	79,00	24,98

ID	Bairros	Tipos de EVUs púb.	Área impermeável (m <sup>2</sup> )	Área permeável (m <sup>2</sup> )	Área Grupo árvores (m <sup>2</sup> )	GH	CN para área impermeável	CN para área permeável	CN para grupo árvore	Produto de CN e Área	CN MÉDIO	Pe (mm)
89	Popular	Parque linear/APP	0,00	0,00	81.735,56	D	98	78	79	6.457.109,56	79,00	24,98
92	Popular	Parque linear/APP	0,00	0,00	97.166,67	D	98	78	79	7.676.166,61	79,00	24,98
94	Panamá	Parque linear/APP	0,00	0,00	139.921,96	D	98	78	79	11.053.834,92	79,00	24,98
96	Santo Amaro	Parque linear/APP	0,00	0,00	152.100,03	D	98	78	79	12.015.902,37	79,00	24,98
84	Santo Antônio	Parque linear/APP	713,93	8.986,05	71.929,32	D	98	78	79	6.453.292,67	79,06	25,06
95	Popular	Parque linear/APP	3.294,59	0,00	148.974,04	D	98	78	79	12.091.819,03	79,41	25,55

Fonte: Autora, 2024