

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE**  
**Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação**  
**Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente**



**PROPOSTA DE MATRIZ DE RISCO AMBIENTAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA  
CONTRIBUIÇÃO NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL TERRITORIAL**

**Juliana Borges Silivi**

**Araquari, 2022**

**Juliana Borges Silivi**

**PROPOSTA DE MATRIZ DE RISCO AMBIENTAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA  
CONTRIBUIÇÃO NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL TERRITORIAL.**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente do Instituto Federal Catarinense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de concentração: Ciências Ambientais).

**Orientadora:** Profa. Dra. Cristiane Vanessa Tagliari Corrêa

**Coorientadora:** Profa. Dra. Anelise Destefani

**Araquari, 2022**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática do ICMC/USP, cedido ao IFC e  
adaptado pela CTI - Araquari e pelas bibliotecas do Campus de Araquari e Concórdia.

SS583p Silivi, Juliana  
PROPOSTA DE MATRIZ DE RISCO AMBIENTAL DO USO E  
OCUPAÇÃO DO SOLO PARA CONTRIBUIÇÃO NO PROCESSO DE  
PLANEJAMENTO AMBIENTAL TERRITORIAL / Juliana Silivi;  
orientadora Cristiane Corrêa; coorientador Anelise  
Destefani. -- Araquari, 2022.  
55 p.

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal  
Catarinense, campus Araquari, , Araquari, 2022.

Inclui referências.

1. Matriz de risco. 2. Ordenamento territorial. 3.  
Indicadores ambientais. 4. Planejamento ambiental. I.  
Corrêa, Cristiane , II. Destefani, Anelise . III.  
Instituto Federal Catarinense. . IV. Título.

**Juliana Borges Silivi**

**PROPOSTA DE MATRIZ DE RISCO AMBIENTAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA  
CONTRIBUIÇÃO NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL TERRITORIAL.**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense.

**Data da Defesa: 18/11/2022**

**Banca examinadora:**

**Profa. Dra.** Cristiane Vanessa Tagliari Corrêa (Orientador)

**Doutora em** Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

**Instituição de vínculo** Instituto Federal Catarinense – *Campus* Araquari

**Profa. Dra.** Anelise Destefani

**Doutora em** Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade do Vale do Itajaí

**Instituição de vínculo** Instituto Federal Catarinense – *Campus* Araquari

**Prof. Dr.** André Búrigo Leite

**Doutor em** Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia

**Instituição de vínculo** Instituto Federal da Bahia

**Prof. Dr.** André Luis Fachini de Souza

**Doutor em** Ciências Bioquímica pela Universidade Federal do Paraná

**Instituição de vínculo** Instituto Federal Catarinense – *Campus* Araquari



---

*Emitido em 01/11/2022*

**DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI Nº 25/2022 - CCPGTA (11.01.02.31)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 14/04/2023 15:21 )*  
CRISTIANE VANESSA TAGLIARI CORREA  
*DIRETOR GERAL*  
*DG/ARA (11.01.02.02)*  
*Matrícula: ###515#0*

Visualize o documento original em <https://sig.ifc.edu.br/documentos/> informando seu número: **25**, ano: **2022**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI**, data de emissão: **13/04/2023** e o código de verificação: **914ff7409d**

**Dedico este trabalho a minha filha Laís, que ela possa compor um mundo melhor e ao meu  
marido André pela compreensão.**

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente ao Instituto Federal Catarinense, campus Araquari e a equipe PPGTA, por trazer para a nossa região um mestrado de grande importância para o nosso futuro.

À minha orientadora Dra. Cristiane Vanessa Tagliari Corrêa e minha coorientadora Dra. Anelise Destefani, por todo ensinamento, conhecimento, pelo tempo e por tantas palavras de sabedoria que me ajudaram a construir esta pesquisa.

Às orações dos meus pais Pedro e Jucélia, aos meus irmãos Aline, Jonas, Patricia e Vitória, pelo amor, pela paciência e principalmente pelos valores que hoje carrego comigo.

À família que Deus me presenteou, André e Laís, pela dedicação e por estarem comigo nesta jornada. Amo vocês!

Muito obrigada!

*“Não é a mais forte nem a mais inteligente das espécies que sobrevive, mas a que melhor se adapta e responde às mudanças”. Charles Darwin*



## Resumo

SILIVI, Juliana Borges. **Proposta de matriz de risco ambiental do uso e ocupação do solo para contribuição no processo de planejamento ambiental territorial.** 2022. número de folhas "f". Dissertação (Mestrado em Ciências) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2022.

As fragilidades vinculadas ao inadequado uso e ocupação do solo, assim como a ausência de planejamento territorial tem resultado em áreas com fragilidades ambientais nos municípios brasileiros. Essa problemática torna-se ainda maior quando as áreas urbanizadas são expostas a elevados e rápidos crescimentos populacionais, demandados pelo desenvolvimento econômico e que trazem em consequência um resultado de ocupações em áreas de grande vulnerabilidade ambiental. Por outro lado, temos o setor público que necessita demandar ações para minimizar os danos relacionados ao não planejamento territorial ambiental. O presente estudo teve como objetivo desenvolver uma matriz de risco ambiental do uso e ocupação do solo para um município de até 50 mil habitantes. O processo metodológico para elaboração da matriz de risco, estabeleceu 15 indicadores ambientais em dois eixos: serviços ecossistêmicos e serviços de infraestrutura. Os indicadores foram definidos com validação da legislação vigente e relacionados com as metas estabelecidas nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e no Programa Cidades Sustentáveis (PCS). Para cada indicador ambiental foram estabelecidos critérios de intensidade pontuados de 1 a 4 em função de diferentes referências e foram somados com os atributos magnitude e a importância definidos na ferramenta de avaliação de impactos ambientais da matriz de Leopold, propondo uma pontuação de risco ambiental. Para validação da matriz de risco foi realizada uma simulação de um município de até 50 mil habitantes. Os resultados demonstraram a necessidade de ajustes de alguns indicadores em função da falta de dados primários e sua padronização (unidade de medida fornecida por fontes oficiais). A validação realizada no município de até 50 mil habitantes, apresentou maior pontuação para os indicadores classificados no eixo infraestrutura, sendo considerado de maior risco de dano ambiental, necessitando de maior atenção por parte do poder público. Com este resultado foi possível concluir que a matriz indicou que a associação dos indicadores com a magnitude, importância e intensidade torna a ferramenta menos subjetiva e que potencializa definir áreas de prioridade para o planejamento municipal, além de ser possível a sua utilização em diversos municípios pois o custo da sua implantação é baixo e promove a melhoria do processo de gestão ambiental urbana e das políticas públicas voltadas à infraestrutura local.

**Palavras-chave:** Matriz de risco, ordenamento territorial, indicadores ambientais, planejamento ambiental e dano ambiental.

## Abstract

SILIVI, Juliana Borges. **Proposal of an environmental risk matrix for land use and occupation to contribute to the territorial environmental planning process.** 2022. número de folhas "f". Dissertation (Master degree in Science) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2022.

The shortcomings linked to inadequate land use and occupation as well as the absence of territorial planning has caused areas with environmental weaknesses in Brazilian municipalities. This problem becomes even greater when urbanized areas are exposed to high and rapid population growth, demanded by economic development and which bring, as a result, occupations in areas of great environmental vulnerability. On the other hand, we have the public sector that needs to demand actions to minimize damages related to non-territorial environmental planning. The present study aimed to develop an environmental risk matrix of land use and occupation for a municipality with up to 50 thousand inhabitants. The methodological process for preparing the risk matrix established 15 environmental indicators in two axes: ecosystem services and infrastructure services. The indicators were defined with validation of current legislation and related to the goals established in the Sustainable Development Goals (SDGs) and in the Sustainable Cities Program (SCP). For each environmental indicator, intensity criteria scored from 1 to 4 were established according to different references and were added to the magnitude and importance attributes defined in the environmental impact assessment tool of the Leopold matrix, proposing an environmental risk score. In order to validate the risk matrix, a simulation of a municipality with up to 50,000 inhabitants was performed. The results showed the need to adjust some indicators due to the lack of primary data and its standardization (measurement unit provided by official sources). The validation carried out in the municipality of up to 50,000 inhabitants presented higher scores for the indicators classified in the infrastructure axis, being considered of greater risk of environmental damage, requiring greater attention from the public authorities. With this result, it was possible to conclude that the matrix indicated that the association of indicators with the magnitude, importance and intensity makes the tool less subjective and that maximizes defining priority areas for municipal planning, in addition to being possible to use it in several municipalities because the cost of its implementation is zero and it boosts the improvement of the urban environmental management process and the policies aimed at local infrastructure.

**Keywords:** risk matrix, territorial planning, environmental indicators, environmental planning and environmental damage.

## SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE	1
2	OBJETIVOS	6
2.1	Geral	6
2.2	Específicos	6
3	PROPOSTA DE MATRIZ DE RISCO AMBIENTAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA CONTRIBUIÇÃO NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL TERRITORIAL	7
3.1	Introdução	7
3.2	Material e Métodos	11
3.2.1	Identificação dos indicadores ambientais	11
3.2.2	Critérios de valoração dos indicadores ambientais para o atributo intensidade	11
3.2.3	Elaboração da matriz de risco ambiental	12
3.2.4	Validação da matriz de risco ambiental utilizando como estudo de caso em um município com até 50 mil habitantes.	14
3.3	Resultados	14
3.3.1	Definição da Intensidade de Risco Ambiental dos Indicadores	18
3.3.2	Indicadores Ambientais e sua Intensidade de Risco Ambiental	19
3.3.3	Produção da Matriz de Risco Ambiental	36
3.3.4	Estudo de Caso em um Município com até 50 mil Habitantes	38
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
5	REFERÊNCIAS	45
6	APÊNDICE	52

## **1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE**

No Brasil, a urbanização acelerada foi caracterizada pela migração das áreas rurais para urbanas, motivadas pelas políticas de industrialização iniciadas nos anos de 1950. Esse padrão de ocupação territorial resultou em um modelo excludente e socialmente desigual na produção do espaço e de uso dos recursos naturais, com cidades marcadas pela presença de assentamentos precários e irregulares. Longe de serem ideais para habitação, a ocupação territorial desordenada causa danos ambientais de grande magnitude, como enchentes e desmoronamentos de maciços, poluição de rios, além dos problemas sociais (ALVES, 2010).

Entretanto, o grande volume de negócios gerados em uma cidade, impulsionado por uma política de crescimento, muitas vezes dificulta a organização de seu espaço territorial, pois os municípios não estão preparados em termos de infraestrutura para atender às novas demandas do crescimento. Desta forma, a ausência de planejamento territorial ambiental torna os municípios alheios às questões socioambientais como: mapeamento de área de alagamento e inundação, riquezas de biodiversidade, riscos de deslizamentos, riscos de assoreamento, desmatamento desenfreado, ocupação em área de preservação permanente, entre outros danos não mensuráveis por ausência de conhecimento quanto a sua devida importância para a sociedade.

Desde a Constituição Federal Brasileira de 1988, com o objetivo de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes, os municípios brasileiros necessitam elaborar seus planos diretores como o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana, sendo obrigatório para cidades com mais de 20.000 habitantes (BRASIL, 1988).

Segundo Montandon e Santos (2011), para que o Plano Diretor, seja de fato uma ferramenta útil, deve dialogar com a cidade real, com os problemas urbanos e com a efetiva capacidade de gestão do município. De nada adianta uma ferramenta sofisticada se a prefeitura não souber operá-la. Nessa perspectiva, o Plano Diretor feito e decidido

unicamente por técnicos e por determinados grupos da sociedade não é eficaz para o enfrentamento dos problemas urbanos, pois, além de ter baixa legitimidade, não expressa um pacto para o desenvolvimento urbano do município, correndo-se o risco de ser um plano de uma gestão e não um plano da cidade e da sociedade.

A Lei de Uso e Ocupação do Solo estabelece o potencial construtivo de uma área, a possibilidade de adensamento, área livre e área verde, entre outras diretrizes. O estatuto do Plano Diretor se estabelece como uma ferramenta básica para o planejamento urbano, cujo objetivo, segundo a Lei 10.257/2001, é garantir o direito a cidades sustentáveis, ou seja, o conjunto de direitos que asseguram uma existência digna no meio urbano, tais como à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer (BRASIL, 2001).

Em contraponto, Ferreira (2018), ressalta que as cidades sustentáveis são aquelas que preservam as suas áreas verdes, sem alterar os ecossistemas naturais frente ao meio urbano. Os autores ressaltam que cidades mais verdes produzem maior qualidade de vida aos seus cidadãos, pois preservam a qualidade do ar, do clima e facilitam a recuperação dos sistemas de água.

Perspectiva semelhante é adotada pelo Ministério do Meio Ambiente (2020), que considera importante para uma cidade sustentável um melhor ordenamento do ambiente urbano, primando pela qualidade de vida da população, bem como melhor mobilidade urbana e condições em relação à poluição sonora e atmosférica, no descarte de resíduos sólidos, eficiência energética, economia de água, entre outros aspectos.

O planejamento urbano, como qualquer tipo de planejamento, é uma atividade que remete sempre para o futuro. É uma ferramenta para prever a evolução de um fenômeno ou de um processo e, a partir deste conhecimento, procurar se precaver contra problemas e dificuldades, ou ainda, aproveitar melhor possíveis benefícios (SOUZA & RODRIGUES, 2004).

Para garantir que os municípios tenham acesso a cidades sustentáveis é necessário elaborar metodologias capazes de traduzir os itens mais relevantes para aquela determinada população. Desta forma a utilização dos indicadores permite operacionalizar o conceito e atribui sentido ao traduzi-lo em algo mensurável. A ideia de usar indicadores torna-se popular e várias agências e governos passam a dedicar recursos para seu desenvolvimento (VAN BELLEN, 2006; BELL& MORSE, 2008).

A Organizações das Nações Unidas (ONU) em 2015 propôs os 17 Objetivos de Desenvolvimento da Sustentável (ODS), com a intenção em simplificar o desenvolvimento de ações integradas, com uma percepção de futuro positiva e comum a grupos diferenciados, gerando impactos reais na construção do desenvolvimento sustentável, Bencke & Perez (2018), buscando incentivar as cidades a criarem indicadores conectados aos ODS locais, com escolhas corretas, priorizando o acompanhamento dos resultados na transformação do ambiente urbano com uma melhor qualidade de vida (KAPLAN & NORTON, 2000).

O interesse pelo uso de indicadores ambientais como subsídio à tomada de decisão tem crescido mundialmente. A Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento por UNCED (1992), trata da informação para a tomada de decisões, salienta a necessidade de "desenvolver indicadores do desenvolvimento sustentável que sirvam de base sólida para a tomada de decisão em todos os níveis e que contribuam para uma sustentabilidade dos sistemas integrados de meio ambiente e desenvolvimento".

A escolha de indicadores na gestão pública deve considerar diversas características, de acordo com o objetivo que se pretende atingir. Por exemplo, eles devem ser precisos e confiáveis, mas também têm de ser disponibilizados com regularidade, de maneira que permitam comparações temporais ou territoriais (SUSTENTÁVEIS, 2020).

As metodologias de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), são ferramentas que visam auxiliar e monitorar impactos ambientais, por meio da análise, comparação

e organização de dados quantitativos e qualitativos que decorrem de uma determinada perturbação ambiental de origem antrópica que resulta na modificação do meio ambiente, onde são levantadas todas as informações e, todas as técnicas envolvidas para repassar o conteúdo do diagnóstico aos setores envolvidos, buscando a elaboração da AIA (BRAGAGNOLO *et al.*, 2017).

No Brasil, a AIA é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) instituída pela Lei 6.938/81 e a resolução CONAMA nº 01/86 estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da AIA como um dos instrumentos da PNMA (CONAMA, 2014).

Oliveira & Moura (2009) apresentaram a ferramenta Matriz de Leopold como a segunda mais utilizada para estudos ambientais protocolados no estado do Ceará. O método (Matriz de Leopold) permite uma fácil compreensão dos resultados; aborda fatores biofísicos e sociais; acomoda dados qualitativos e quantitativos, além de fornecer boa orientação para o prosseguimento dos estudos e introduzir multidisciplinaridade.

A Matriz de Leopold consiste em um instrumento que avalia a interação entre as ações causadoras dos impactos ambientais e os fatores ambientais que serão afetados, aferindo o seu grau de magnitude e importância. A escolha metodológica da avaliação consistiu em combinar os procedimentos lógicos quantitativos, técnicos e operacionais capazes de descrever com maior clareza a paisagem estudada, por meio da ação e reação de cada fator sobre o meio (TOMMASI, 1994).

Segundo Conyers & Hills (1984), um dos problemas mais significativos em muitos planejamentos está na indisponibilidade dos dados. Os autores citam que a etapa de coleta e análise de dados, bem como a formulação de ações alternativas para alcançá-lo, representa uma ponte essencial entre as metas e objetivos do planejamento. A coleta e a análise de dados requerem uma quantidade considerável de recursos materiais e humanos. Também deve-se considerar que os dados coletados e analisados devem ser armazenados de forma que possam ser facilmente recuperados e utilizados.

Tendo tudo isso exposto, essa dissertação tem como princípio apresentar uma metodologia para melhorar a qualidade de vida das pessoas, analisando o uso e ocupação do solo dos municípios, visando definir primeiramente os indicadores ambientais relevantes exigidos nas legislações e baseados nos ODS e PCS, para aplicação da matriz de risco ambiental, com o objetivo de identificar quais são os indicadores mais relevantes para o planejamento ambiental e assim contribuir para planejamento territorial.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Propor uma matriz de risco ambiental do uso e ocupação do solo para aplicação em municípios de até 50 mil habitantes.

### **2.2 Específicos**

I. Identificar indicadores ambientais de uso e ocupação do solo estabelecidos em legislação relacionados ao planejamento ambiental territorial e aos ODS e PCS;

II. Estabelecer critérios de valoração dos indicadores ambientais para o atributo intensidade com base em informações da legislação e dados da literatura;

III. Produzir uma matriz de risco ambiental do uso e ocupação com os atributos intensidade, magnitude e importância de dano ambiental;

IV. Validar a matriz de risco ambiental de uso e ocupação de solo utilizando como estudo de caso um município com até 50 mil habitantes.

### **3 PROPOSTA DE MATRIZ DE RISCO AMBIENTAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA CONTRIBUIÇÃO NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL TERRITORIAL**

Juliana Borges Silivi, Cristiane Vanessa Tagliari Corrêa, Anelise Destefani

Instituto Federal Catarinense (IFC)

Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente (PPGTA)

#### **3.1 Introdução**

A necessidade de qualidade socioambiental nas cidades está entre as maiores preocupações dos governos, instituições e organismos internacionais. O padrão de desenvolvimento das cidades com as demandas do crescimento econômico é responsável pelo comprometimento do meio ambiente e da qualidade de vida. Iniciativas como as construções de cidades sustentáveis, segundo os princípios de desenvolvimento sustentável definidos na Agenda 21 da ECO-92, contemplam as dimensões ecológica, social, econômica, espacial e cultural e melhoram a qualidade de vida dos munícipes.

Uma das questões mais desafiadoras para diversos países neste início de século, é conciliar o desenvolvimento econômico, a sustentabilidade ambiental e a justiça social, gerando debates em torno do papel das cidades e observando o intenso acúmulo das pessoas dentro delas. É necessário atentar-se às tendências socioeconômicas das cidades e a análise da intensa urbanização com relação a perda das funcionalidades básicas, desperdícios, má gestão dos recursos naturais, das restrições nos sistemas de educação, saúde e segurança pública, a obsolescência e limitação da mobilidade urbana e da durabilidade das infraestruturas públicas (WEISS, BERNARDES & CONSONI, 2015).

A Constituição Federal Brasileira de 1988, apresenta sua preocupação no pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade para garantir o bem-estar de seus habitantes. Ressalta ainda que os municípios brasileiros necessitam elaborar a cada 10 anos, seus planos diretores como o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana (BRASIL, 1988).

É importante salientar que de uma sociedade essencialmente rural nos anos 1950, o Brasil teve seu perfil demográfico alterado e, na atualidade ela, segundo os critérios normativos utilizados pelo IBGE, predominantemente urbana. Essa mudança do perfil demográfico brasileiro foi, em parte, o resultado do intenso processo de migração campo-cidade que levou uma parcela expressiva da população para os centros urbanos em busca de melhores condições de vida, provocando redução significativa da população rural (HESPANHOL, 2013).

A relevância do tema planejamento urbano ambiental dentro dos municípios brasileiros é importante, pois a ausência desse planejamento é vista e vivida no cotidiano das populações. Sua omissão acarreta em problemas que surgem quando não são utilizadas ferramentas de planejamento ambiental para minimização dos impactos ambientais, como as enchentes, saneamento e poluição, comprometendo a qualidade de vida.

Apesar dos inúmeros avanços relacionados às ferramentas de planejamento urbano, Maricato (2015), relata que na prática o que acontece é uma dissociação entre os planos, as legislações e a realidade. A autora ainda argumenta que a participação social na criação e implementação dos planos urbanos pode ser uma saída para a democratização do espaço público, solucionando problemas importantes como a segregação espacial.

O Plano Diretor Participativo: Guia Para Elaboração pelos Municípios e Cidadãos (BRASIL, 2005) aponta que “O objetivo fundamental do Plano Diretor é estabelecer como a propriedade cumprirá sua função social, de forma a garantir o acesso à terra

urbanizada e regularizada, reconhecer a todos os cidadãos o direito à moradia e aos serviços urbanos”.

Princípios adotados para as cidades sustentáveis se caracterizam pela adoção de práticas que aliam a qualidade de vida da população, o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente. Estas cidades “reduzem os impactos ambientais relacionados ao consumo de matéria e energia e à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos” (MMA & ICMBio, 2014).

Outra observação relevante a ser feita é que cada cidade tem sua particularidade, seja ambiental, cultural ou econômica, e a determinação e o emprego dos indicadores deve ser efetuada em escala local, considerando as regionalidades municipais (MIZUTANI, 2019).

Para um planejamento ambiental que atenda aos princípios das cidades sustentáveis é importante seu diagnóstico prévio. Nesse sentido, uma das opções é o uso de ferramentas de desenvolvimento sustentável que sirva como base sólida para adotar decisões em todos os níveis hierárquicos de uma organização e que contribuam para a sustentabilidade dos sistemas integrados do meio ambiente e o desenvolvimento (UNITED NATIONS, 2007).

A tomada de decisão com base em ferramentas permite não apenas se limitar a um inventário de dados disponíveis sobre os temas ambientais, mas oportuniza uma reflexão sobre os resultados em sua totalidade e não sobre cada um dos indicadores tratados de forma isolada.

Segundo Hammond *et al.* (1995), os indicadores devem fornecer informação quantitativa, de forma simples e rapidamente compreensível, sendo resultado da aplicação de um modelo ou conjunto de considerações que relacionam o indicador a fenômenos mais complexos.

O diagnóstico deve refletir a análise das interações entre o social, o econômico e o ambiental oportunizando uma clareza das possíveis tomadas de decisões visando a sustentabilidade. No âmbito das AIA, diferentes metodologias são utilizadas para a

tomada de decisão, sendo as de maior destaque os Métodos espontâneos (*Ad Hoc*), Listas de controle (*Check-list*), Matrizes de interações, Redes de interações (*Networks*), Superposição de Cartas e Modelos de simulação. Deve-se destacar que cada metodologia apresenta sua peculiaridade e melhor indicação de uso. A escolha do método pode depender de alguns fatores, como a disponibilidade de dados coletados, requisitos legais dos termos de referência, tempo, características do empreendimento e recursos técnicos e financeiros (MORAES, 2016). Entretanto, todos os modelos devem contemplar o objetivo de melhor avaliar o possível impacto da atividade (MARTINHA, 2014).

Dentre as diversas metodologias de AIA, as matrizes de interações têm como característica ser um método simples que possibilita comparar diversas alternativas de intervenção que relacionam ações com fatores ambientais. As matrizes tiveram início a partir da tentativa de suprir as deficiências das listagens (*Check-list*). Uma das mais difundidas nacional e internacionalmente foi a Matriz de Leopold, elaborada em 1971 para o Serviço Geológico do Interior dos Estados Unidos. Essa matriz foi projetada para avaliação de impactos associados a quase todos os tipos de implantação de projetos (OLIVEIRA & MOURA, 2009).

De modo geral, a Matriz de Leopold tem por objetivo a verificação preliminar, a partir de um levantamento qualitativo dos componentes ambientais passíveis de alteração, indicando a probabilidade de existência de algum dano ao meio ambiente. Destaca-se, pois sugere ações para mitigar os impactos negativos e potencializar os impactos positivos resultantes da atividade (OLIVEIRA & MOURA, 2009).

O risco ambiental não pode ser confundido com o anúncio de um fato  $x$  na hora  $y$ . O risco não expressa uma corrente de determinações que conduzam necessariamente a um resultado prognosticado. Por isso, falar sobre riscos, no campo ambiental, tem sempre o caráter de um alerta que mobiliza argumentativamente a imaginação de movimentos lineares que levam impreterivelmente à catástrofe, ou pelo menos, a um dano irreparável, se não fizermos alguma coisa (BRÜSEKE, 1997).

Neste sentido este estudo tem como objetivo desenvolver uma matriz de risco ambiental do uso e ocupação do solo para aplicação em municípios de até 50 mil habitantes, visando auxiliar o processo de planejamento urbano, tornando-o mais sustentável.

## **3.2 Material e Métodos**

### **3.2.1 Identificação dos Indicadores Ambientais**

Foi realizada uma revisão da literatura para identificar os indicadores ambientais que contribuam para um desenvolvimento sustentável. O uso do Estatuto das Cidades (Lei nº 10.257/2001), que estabelece diretrizes gerais da política urbana, e a Lei do parcelamento do solo (Lei nº 6.766/1979), foram bases importantes para uma primeira escolha dos indicadores ambientais.

Para uma melhor seleção dos indicadores ambientais, que representavam maior relação com a qualidade de vida e relevância em termos de impactos ambientais, foi feito um refinamento comparando-os com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e com o Programa das Cidades Sustentáveis (PCS). Nessa etapa, buscou-se identificar quais indicadores pré-estabelecidos foram mais citados nos ODS e PCS.

Assim, ao final dessa etapa foram selecionados 5 indicadores para o eixo do Meio Físico/Serviços Ecosistêmicos e 10 indicadores para o eixo do Meio Socioeconômico/Serviços de Infraestrutura.

### **3.2.2 Critérios de Valoração dos Indicadores Ambientais para o Atributo Intensidade**

Para cada indicador foram criados critérios de valoração. Os critérios de valoração foram definidos com base em documentos governamentais, legislação ambiental

(principalmente as Resoluções CONAMA nº 01 de 1986 e CONAMA nº 357 de 2005 e o Código Florestal), além das metas estabelecidas nos ODS e as propostas do PCS.

Para cada indicador, foi definida uma valoração para o atributo intensidade, que variou de 1 à 4, sendo 4 quando a intensidade do risco é forte; 3 quando é moderado; 2 quando é fraco e 1 quando a intensidade do risco é nula.

### **3.2.3 Elaboração da Matriz de Risco Ambiental**

Para essa etapa, buscou-se uma ferramenta utilizada como método de Avaliação de Impacto Ambiental, com características de fácil manuseio e que pudesse ser adaptada para os objetivos deste trabalho. Assim, utilizou-se à Matriz de Leopold, que é uma ferramenta muito conhecida, de baixo custo e de ampla abrangência. A Matriz de Leopold é considerada uma matriz bidimensional simples que relaciona as ações de um projeto a vários fatores ambientais.

Visando trazer mais objetividade para o desenvolvimento da matriz de risco ambiental, além da magnitude e importância, atributos estes que já fazem parte do escopo da Matriz de Leopold, foi inserida a intensidade de risco ambiental.

Os atributos Magnitude e Importância foram valorados de 1 a 3 conforme definidos por Leopold.

A Magnitude, segundo LEOPOLD *et al.* (1971), “*é a extensão do impacto, na medida em que se atribui uma valoração gradual às modificações que as intervenções poderão produzir em um dado componente ou fator ambiental por ela afetado*”. O autor valora as modificações de 1 a 3, sendo adotadas como referência metodológica também para este trabalho:

- Valoração 3 - Grande magnitude - Quando a variações no valor dos indicadores for de tal ordem que possa levar à descaracterização do fator ambiental considerado.

- Valoração 2 - Média magnitude - Quando a variação no valor dos indicadores for expressiva, porém sem alcance para descaracterizar o fator ambiental considerado.
- Valoração 1 - Pequena magnitude - Quando a variação no valor dos indicadores for inexpressiva e não altera o fator ambiental considerado.

Para a Importância, o autor define como aquela que *“estabelece a significância ou o quanto cada impacto é importante na sua relação de interferência com o meio ambiente e quando comparado a outros impactos”*. O autor valora a importância de 1 a 3, sendo definido as seguintes variações:

- Valoração 3 - Significativa - A intensidade da interferência do impacto sobre o meio ambiente e junto aos demais impactos acarreta, como resposta, perda da qualidade de vida, quando adverso, ou ganho, quando benéfico.
- Valoração 2 - Moderada - A intensidade do impacto sobre o meio ambiente em relação aos outros impactos, assume dimensões recuperáveis, quando adverso, para a queda da qualidade de vida, ou assume melhoria da qualidade de vida.
- Valoração 1 - Não Significativa - A intensidade da interferência do impacto sobre o meio ambiente e em relação aos demais impactos não implica em alteração da qualidade de vida.

Após as valorações dos atributos, foi criado um ranqueamento conforme o somatório obtido pelos atributos (Magnitude, Importância e Intensidade). Foram estabelecidas quatro classes de riscos ambientais, em função da somatória obtida: alto, médio, baixo ou nulo.

Desta forma, pretende-se diminuir as possíveis incertezas e trazer mais consistência no processo de AIA, propondo uma metodologia voltada ao processo de planejamento ambiental que, por meio do ranqueamento proposto, identifique o grau de risco ambiental de uso e ocupação do solo.



### **3.2.4 Validação da Matriz de Risco Ambiental Utilizando como Estudo de Caso em um Município com até 50 mil Habitantes.**

A validação da matriz foi realizada por meio de uma simulação utilizando dados de um município situado no norte catarinense com até 50 mil habitantes.

Documentos governamentais, legislação ambiental como as Resoluções CONAMA e o Código Florestal, além das metas estabelecidas nos ODS e as propostas do PCS foram utilizadas no levantamento de dados. Estes foram analisados, os indicadores pontuados e incluídos na matriz com os atributos: Magnitude, Importância e Intensidade. Após estruturar a matriz, os indicadores de cada atributo foram valorados, somados e ranqueados, obtendo-se uma classificação do risco ambiental do uso e ocupação do solo para o município do estudo de caso.

As fragilidades e a robustez do processo metodológico foram avaliadas a partir dos resultados obtidos.

### **3.3 Resultados**

As cidades têm particularidades ambientais, culturais e econômicas que necessitam ser observadas para garantir a qualidade de vida de seus cidadãos. Esse processo não é fácil e tão pouco simples, há necessidade de conhecê-las para então gerenciá-las de forma sustentável. Assim, entende-se que o uso de indicadores de desenvolvimento sustentável possam ser a base para adotar decisões em todos os níveis, e que contribuam para uma sustentabilidade auto-regulada dos sistemas integrados do meio ambiente e o desenvolvimento.

Dentro das premissas adotadas pelo PCS e dos ODS, para a busca de uma cidade sustentável, as metas são apresentadas para demonstrar sua importância na qualidade de vida das pessoas. O ano de 2015 ficou definido pela Organização das Nações Unidas,

ONU, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ODS, que são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade (ONU, 2022).

O PCS atua, sob outra ótica, mas com os mesmos princípios, porém baseados na sensibilização e mobilização de governos locais para a implementação de políticas públicas estruturantes, que contribuam para o enfrentamento da desigualdade social e para a construção de cidades mais justas e sustentáveis.

Ambos os documentos coincidem com os objetivos deste estudo e, portanto, escolhidos para auxiliar no processo de seleção dos indicadores ambientais utilizados na matriz de risco.

Para que seja possível os municípios formularem uma lei de uso e de ocupação do solo ambientalmente adequada e que abarque todos os fatores necessários para garantir a qualidade de vida das pessoas, é necessário considerar aspectos físicos, ecológico e paisagístico e histórico-cultural; sua capacidade de dispersar e depurar poluentes, além da infra-estrutura sanitária para obter a qualidade ambiental desejável (JUNIOR, 2009).

Com base no entendimento da necessidade de considerar os aspectos citados acima, foram identificados indicadores ambientais para compor a matriz de risco ambiental do uso e ocupação do solo. Esses indicadores ambientais foram agrupados em dois eixos definidos como: serviços ecossistêmicos e serviços de infraestrutura.

Na composição e elaboração do eixo dos serviços ecossistêmicos utilizou-se a definição estabelecida pelo Ministério do Meio Ambiente Governo Federal, (BRASIL, 2022) que diz:

Os serviços ecossistêmicos são benefícios fundamentais para a sociedade, gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais, refletindo diretamente na qualidade de vida das pessoas.

Através de um paralelo com a Lei do Parcelamento do solo urbano e as diretrizes dos ODS e PCS (Lei Federal 9.785/99) foram utilizadas para definir esses indicadores. A lei do Parcelamento do Solo define as zonas de expansão urbana, que especificamente

em seu Art. 3, indica que em áreas urbanas deve ser evitado nos seguintes casos (BRASIL, 1999):

- I - Em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;
- II - Em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;
- III - Em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;
- IV - Em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;
- V - Em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

O artigo desta normativa, quando comparado com o PCS especificamente no eixo dois (sobre bens naturais e comuns), no eixo cinco (do local para o global), e no eixo dez (que apresenta a gestão local para sustentabilidade). E em conjunto com os ODS, principalmente pelos objetivos indicados nos: 6, 11, 12, 14 e 15, que apresentam preocupação quanto: A Água Potável e Saneamento; As Cidades e Comunidades Sustentáveis; Ao Consumo e Produção Responsáveis; A Vida na Água e Vida Terrestre; respectivamente, promovem maior consistência para definir os indicadores dos serviços ecossistêmicos utilizados neste estudo.

Assim, para a construção da matriz de risco, os indicadores ambientais do eixo dos serviços ecossistêmicos possibilitam produzir benefícios à sociedade com impacto na qualidade de vida e que atendam as diretrizes da lei de parcelamento do solo urbano foram definidos como:

- 1) hidrografia,
- 2) inundação e alagamento,
- 3) geologia, solo e suscetibilidade à erosão,
- 5) cobertura vegetal e
- 6) áreas protegidas.

Já o segundo eixo, definido como serviços de infraestrutura, está relacionado às ações executivas do governo municipal para atender as necessidades da população. Esses indicadores foram selecionados usando como base o artigo 2º inciso 6º da lei do

Parcelamento do Solo Urbano, que considera serviços de infraestrutura básica os seguintes equipamentos urbanos (BRASIL, 1999):

- I - Vias de circulação;
- II - escoamento das águas pluviais;
- III - rede para o abastecimento de água potável; e
- IV - Soluções para o esgotamento sanitário e para a energia elétrica domiciliar.

Comparados com os PCS os eixos que mais se adequam aos estudo são: um (ação local para a saúde); dois (bens naturais e comuns); três (consumo responsável e opção de estilo de vida); cinco (do local para o global); seis (economia local dinâmica, criativa e sustentável); nove (gestão local para a sustentabilidade); e eixo doze (planejamento e desenho urbano).

Esses eixos relacionados com os ODS, apresentam relação com os objetivos 1; 3; 6; 7; 11; 12 e 13, sendo estabelecidos como: Erradicação da Pobreza; Boa Saúde e Bem-estar; Água Potável e Saneamento; Energia Limpa e Acessível; Cidades e Comunidades Sustentáveis; Consumo e Produção Responsáveis; Ação Contra a Mudança Global do Clima, respectivamente.

Essas premissas estabelecidas na Lei do Parcelamento do Solo, ODS e PCS promovem maior consistência para definir os indicadores do Serviços Socioeconômico/Serviços de Infraestrutura na matriz de risco.

Assim entende-se que os serviços importantes de infraestrutura básica são:

- 1) Uso e ocupação do solo;
- 2) atendimento a energia elétrica;
- 3) abastecimento de água;
- 4) habitação;
- 5) drenagem pública;
- 6) coleta e tratamento esgoto sanitário;
- 7) serviços urbanos ambientais;
- 8) serviços para saúde humana;
- 9) serviços de controle de poluição ambiental;

10) serviços de coleta de resíduos sólidos.

Entende-se que os indicadores selecionados possuem grande importância para a qualidade de vida das pessoas, assim como para o equilíbrio do meio ambiente. Segundo Will e Briggs (1995), uso de indicadores constitui um meio de prover as políticas públicas com informações, aos tomadores de decisão de forma a promover ações específicas e monitoramento das gestões governamentais.

### **3.3.1 Definição da Intensidade de Risco Ambiental dos Indicadores**

Para definição da intensidade de risco, foi utilizado como base a definição já estabelecida pelo Leopold (1971), na matriz de avaliação de impactos ambientais, nos critérios: Importância e Magnitude. No entanto para o atributo intensidade foi considerada a seguinte definição, elaborada especificamente para esta proposta: considera a grandeza de um impacto em termos objetivos, podendo ser definido como a medida de alteração de um atributo ambiental, em termos quantitativos ou qualitativos, adotando-se uma escala nominal de nulo, fraco, moderado e forte. A valoração da intensidade de um impacto se realiza segundo um critério objetivo, o que permite uma classificação quantitativa.

A intensidade de cada indicador ambiental foi categorizada a partir da definição da escala estabelecendo uma valoração definida como:

4 (FORTE): quando a intensidade do indicador ambiental apresenta forte potencial de risco de danos ambientais;

3 (MODERADO): quando a intensidade de risco de dano é potencial;

2 (FRACO): quando a intensidade de risco de dano ambiental se caracteriza como fraco;

1 (NULO): quando não há risco de dano ambiental;

Entretanto, um próximo passo para quantificar a valoração das 4 variações foi executado. Nesse processo cada indicador recebeu uma descrição e a definição da

intensidade de risco utilizando com base as legislações vigentes, os indicadores existentes nos PCS e ODS.

### **3.3.2 Indicadores Ambientais e sua Intensidade de Risco Ambiental**

Nesse tópico apresenta-se a descrição de cada indicador relatando sua importância na matriz de risco e demonstrando quais foram as bases técnicas utilizadas para valorar a intensidade de risco de cada indicador.

#### **Indicadores Ambientais do Eixo Serviços Ecosistêmicos:**

##### **Hidrografia**

A hidrografia de uma região apresenta a importância para a sobrevivência e manutenção da humanidade. A qualidade das águas impacta diretamente na preservação das espécies e do ecossistema que nela vive, assim como para outros usos que poderemos citar: navegação, turismo, lazer, pesca, extração mineral, irrigação, aquicultura e principalmente no grau de tratamento para que a água seja submetida para consumo.

Cabe aos órgãos públicos competentes controlar a qualidade da água a ser distribuída e consumida pela população. De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005) a classificação dos corpos d'água podem ser doces, salobras ou salinas, sendo as águas doces são classificadas em: Classe especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano; Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento

convencional ou avançado; Classe 4: águas que podem ser destinadas à navegação; e à harmonia paisagística.

Como a qualidade das águas impacta diretamente na preservação das espécies e do ecossistema em seu processo de tratamento de água, a Resolução CONAMA 357/2005, foi a base para definir a intensidade do risco ambiental. Desta forma, para o indicador hidrografia, a intensidade de risco ambiental, foi valorada seguinte forma:

Forte - Quando a água analisada receber a definição de Classe 4;

Moderada - Quando a água analisada receber a definição de Classe 3;

Fraco - Quando a água analisada receber a definição de Classe 2;

Nulo - Quando a água analisada receber a definição de Classe 1.

### **Inundação e Alagamento**

As áreas suscetíveis às inundações e alagamentos causam elevados impactos às cidades, pois envolvem riscos de vida e perda de bens materiais, danos ao patrimônio, além de criar ambiente propício para vetores.

É comum as cidades se desenvolverem às margens dos rios e riachos, alterando profundamente os componentes geoambientais, promovendo inundações deflagradas por uma combinação de chuvas em locais com deficiência dos canais de drenagem propiciando transbordamento das águas (GALVÃO, 2014).

As medidas de controle de inundações, segundo Costa (2013), são ações de engenharia que visam o desenvolvimento urbano sustentável, por meio da minimização de riscos e redução de prejuízos associados a eventos de inundação. Segundo Tucci (2007), o controle de inundações urbanas, na maioria das vezes, é realizado pontualmente por meio da canalização dos trechos críticos, dando a falsa sensação de problema resolvido, quando na verdade, apenas transfere a inundação de um ponto da rede para outro mais a jusante.

Desse modo, o mapeamento e conhecimento das áreas passíveis de inundação e alagamento é o principal elemento para minimizar os desastres relacionados à

ocupação inadequada destas áreas, além é claro, de evitar novas ocupações ou até mesmo trabalhar em projetos de engenharia que sejam executados para melhorar o escoamento das águas e evitar grandes tragédias.

Para o indicador inundação e alagamento a intensidade do risco ambiental foi definida pela identificação do percentual de área mapeada de inundação e alagamento promovida pelo gestor público. Pois é a partir da gestão do conhecimento que o município poderá tomar ações como impedir a ocupação destas áreas ou até mesmo o controle das mesmas. Para o indicador Inundação e Alagamento, a intensidade de risco ambiental, foi valorada seguinte forma:

Forte - Quando o mapeamento do município for inferior a 79% das áreas passíveis de inundação e alagamento;

Moderado - Quando o mapeamento do município for entre 80% a 89% das áreas passíveis de inundação e alagamento;

Fraco - Quando o mapeamento do município for entre 90% e 99% das áreas passíveis de inundação e alagamento;

Nulo - Quando o mapeamento do município for 100% das áreas passíveis de inundação e alagamento.

### **Geologia, Solos e Suscetibilidade à Erosão**

As características geológicas de uma localidade podem ser favoráveis ou não em apresentar limitações à ocupação urbana. Segundo Infanti Junior & Fornasari Filho (1998), o solo, de acordo com sua resistência, influencia e alterações que sofre durante as ações dos processos erosivos assim como sua textura, ou o tamanho das partículas que interferem na capacidade de infiltração e absorção das águas pluviais, interferindo no potencial de haver inundação.

Ainda conforme o mesmo autor, solos com textura arenosa são mais porosos e permitem maior infiltração das chuvas, porém por possuírem baixa proporção de argila



apresentam maior facilidade para a erosão, característica facilmente observada em enxurradas (INFANTI JUNIOR, N. & FORNASARI FILHO 1998).

Para Castro & Salomão (2000), os estudos referentes à suscetibilidade à erosão auxiliam muito na compreensão de determinados comportamentos do solo e na busca de soluções preventivas e corretivas. As soluções preventivas explicam o comportamento e o funcionamento dos sistemas e as corretivas buscam auxiliar na elaboração de tecnologias para garantir maior vida útil às obras de engenharia e conservação do solo.

Para o indicador geologia, solo e suscetibilidade à erosão utilizou-se como fonte o Departamento de Águas e Energia Elétrica, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (DAEE/IPT, 1989). O mesmo levanta as áreas que são mais passíveis de risco de danos ambientais quando estudadas a geologia e o solo da região. Desta forma, para esse indicador, a intensidade de risco ambiental, foi valorada da seguinte forma:

Forte - Quando a área apresenta nascentes, fundos de vales e cabeceiras de drenagem, além de áreas favoráveis à concentração de fluxos de água;

Moderado - Quando existem áreas de dispersão de fluxo de água, elevadas permeabilidades; estradas, arruamentos e caminhos de serviços, áreas com declividade suficientes para permitir o escoamento das águas superficiais;

Fraco - Quando existem áreas favoráveis à concentração de água de escoamento superficial, declives relativamente elevados;

Nulo - Quando os terrenos apresentam declividade praticamente nula.

### **Cobertura Vegetal**

A cobertura vegetal contribui para a retenção, estabilização e previne contra a erosão do solo, pois favorece a infiltração da água, proporcionando menor escoamento superficial, integra o ciclo hidrológico, às margens do curso d'água produz sombra que mantém a temperatura adequada às diversas espécies de peixes e de outros organismos

aquáticos; velocidades dos ventos e precipitação de águas pluviais, através de fotossíntese fornece oxigênio ao meio; é fonte de alimento e matéria prima; está intimamente ligada a paisagem, oferecendo aspecto visual agradável, constitui ambiente natural para diversas espécies animais; pode ser considerada como um meio dispersos e absorvente de poluentes atmosféricos, ou como barreira à propagação de ruídos.

É necessário que os municípios compreendam o valor da vegetação urbana e busquem identificar sua presença quanto a sua caracterização e mapeamento com figuras ilustrativas, indicando as diferentes formações vegetais nativas graus de conservação, estágios sucessionais, ocorrência de espécies endêmicas, imunes ao corte, ou ameaçadas de extinção conforme listas oficiais, indicando seus nomes populares e científicos.

A cobertura vegetal urbana contribui para a manutenção da qualidade ambiental e melhoria da qualidade de vida nas cidades (INTER AMERICAN, 1997). Ela interfere diretamente na qualidade de vida dos seres por meio das funções sociais, ecológicas, estéticas e educativas que exercem nos ecossistemas. Alves (2012) defende que a presença de cobertura vegetal urbana está relacionada a uma série de funcionalidades ambientais e que sua presença é essencial na paisagem urbana, podendo amenizar ou resolver diversos problemas ambientais.

Para o indicador cobertura vegetal utilizou-se como fonte a Meta da Organização Mundial da Saúde que descreve sendo necessário manter no mínimo 12 m<sup>2</sup> de área verde por habitante. Desta forma, para esse indicador, a intensidade de risco ambiental, foi valorada da seguinte forma:

Forte - Quando é atendido a meta parcial da OMS garantindo menos 3 m<sup>2</sup> de área verde por habitante;

Moderado - Quando é atendido a meta parcial da OMS garantindo de 4 até 7 m<sup>2</sup> de área verde por habitante;

Fraco - Quando é atendido a meta parcial da OMS garantindo de 8 a 11 m<sup>2</sup> de área verde por habitante;

Nulo - Quando é atendido a meta da OMS de manter no mínimo 12 m<sup>2</sup> de área verde por habitante.

### **Áreas Protegidas**

As áreas protegidas, em especial as Áreas de Preservação Permanente - APP, fazem parte dos planos diretores, pois são protegidas por lei federal. Além disso, as APPs têm como função ambiental preservar os recursos naturais. Segundo Lima & Zakia (2004) a mata ciliar é de extrema importância para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, pois auxiliam na infiltração de água no solo, facilitam o abastecimento do lençol freático, mantêm a qualidade da água e dificultam o escoamento superficial de partículas e sedimentos que causam poluição e assoreamento dos recursos hídricos.

A avaliação de áreas protegidas é importante para identificar aquelas sob maior ameaça de degradação; identificar oportunidades para melhoria gerencial nas áreas individualmente e no sistema como um todo; auxiliar na priorização dos esforços e dos investimentos para a conservação; acompanhar a performance das metas de conservação, tais como as estabelecidas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (HOCKINGS, 2000).

Para o indicador Áreas protegidas: Área de Preservação Permanente a intensidade de risco ambiental, foi valorada com base o Programa Cidades Sustentáveis (PCS, 2012), Eixo 2 Bens Naturais e Comuns e no Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: 6-Água Potável e Saneamento (ODS, 2012), com a meta 6.6 que prevê até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos. Desta forma, foi considerado:

Forte - Quando a cobertura vegetal inferior a 79% da APP;

Moderado - Quando a cobertura vegetal entre 80% a 89% da APP;

Fraco - Quando a cobertura vegetal entre 90% e 99% da APP;

Nulo - Quando a cobertura vegetal 100% da APP.

### **Indicadores Ambientais do Eixo Serviços de Infraestrutura:**

#### **Uso e Ocupação do Solo**

Esse indicador é a forma como os municípios se organizam em termos de padrões de ocupação e dos diferentes usos que ocorrem nas áreas urbanas, pois há necessidade da dimensão do quanto aquele espaço comporta determinado empreendimento.

Para isso, quando um município define seus usos é necessário que a população utilize estes espaços, pois ao definir os usos, o município disponibiliza infraestrutura que demandam de recursos financeiros para que esses locais se tornem habitáveis. Quando o uso dos espaços não ocorre e as áreas permanecem vazias por muito tempo, estes recursos e infra estruturas se tornam obsoletos causando gastos públicos desnecessários.

O não planejamento dos usos de forma adequada, impacta por novas demandas, pois outras áreas devem fazer esse papel para o acesso da população, e assim novos recursos serão disponibilizados, isso gera especulação imobiliária ou até mesmo o cenário contrário, onde novas áreas são liberadas para uso sem infraestrutura e sem recursos financeiros e outras áreas inapropriadas para uso.

Para o indicador uso e ocupação do solo utilizou-se o princípio de promover a utilização dos espaços vazios em áreas urbanas, principalmente aquelas já atendidas pela infraestrutura básica. Esse indicador tem como base, reduzir os espaços vazios dentro das áreas urbanas para evitar novas ocupações principalmente em áreas rurais ou áreas vulneráveis. Assim, o indicador Uso e Ocupação do solo, teve sua intensidade de risco ambiental valorada com da seguinte forma:

Forte - Quando os espaços vazios em área urbana estão acima de 60%;

Moderado - Quando os espaços vazios em área urbana estão entre 41% a 60%;

Fraco - Quando os espaços vazios em área urbana estão entre 21% a 40%;

Nulo - Quando os espaços vazios em área urbana estão entre 0% a 20%.

### **Atendimento a Energia Elétrica**

Segundo Cavalcanti (2015), a garantia de direitos sociais relacionados à educação, saúde, trabalho, moradia, lazer, segurança, previdência social dentre outros, trazidos pela Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), como base para a materialização de uma vida digna está intrinsecamente relacionada ao acesso a outros bens e serviços públicos. Dentre esses serviços públicos criados pelo Estado em cumprimento ao seu papel, inclui-se como indispensável o acesso à energia elétrica, considerada insumo para o atendimento de necessidades fundamentais do indivíduo e de suas atividades econômicas.

A distribuição de energia elétrica é uma das atividades mais essenciais para a vida moderna, consistindo tanto em causa como consequência do desenvolvimento das sociedades. Na energia elétrica, serviço público prestado através de concessão, que para muitos é algo simples, ainda é uma realidade distante para vários cidadãos brasileiros, principalmente nas periferias, cidades do interior e zona rural. Portanto, averiguar as políticas públicas de acesso à energia elétrica clama, inicialmente, que se contextualize os direitos fundamentais no ordenamento jurídico.

Para o indicador Atendimento Energia Elétrica utilizou-se a meta do ODS 7 - energia acessível e limpa para todos, estabelecida pelo ODS Brasil com a seguinte meta até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia, teve sua intensidade de risco ambiental valorada da seguinte forma:

Forte - Quando o acesso à energia é inferior a 97,1% da população;

Moderado - Quando o acesso à energia é entre 97,2% a 98,4% da população;

Fraco - Quando o acesso à energia é entre 98,40 a 99,6% da população;

Nulo - Quando o acesso à energia é entre 99,6 a 100% da população.

### **Abastecimento de Água**

Garantir o abastecimento de água para a população é trazer qualidade de vida para as pessoas e acima de tudo promover o desenvolvimento de uma cidade, portanto o indicador abastecimento de água é essencial para uma cidade sustentável.

É importante salientar que, na grande maioria dos municípios, o abastecimento de água, assim como de energia, é provido por empresas de saneamento e, portanto, o município precisa criar metodologia para avaliar o desempenho destes prestadores de serviço.

Deste modo, além de avaliar o desempenho dos prestadores de serviços, o desenvolvimento e a aplicação de indicadores permitem exercer pressões competitivas e incentivam a melhoria das empresas de saneamentos, auxiliando, inclusive, na tomada de decisão quanto aos investimentos a serem destinados aos municípios e aos sistemas de abastecimento (CORTON, 2003).

Para o indicador Abastecimento de água utilizou-se a meta do ODS 6 - Água potável e saneamento para todos, teve sua intensidade de risco ambiental valorada da seguinte forma:

Forte - Quando o acesso da população à água potável for inferior a 96,67%;

Moderado - Quando o acesso da população à água potável for entre 96,68% a 97,71%;

Fraco - Quando o acesso da população à água potável for entre 97,72% a 98,75%;

Nulo - Quando o acesso da população à água potável for entre 98,76 a 100%.

### **Habitação**

É vista como um dos mais importantes elementos da qualidade de vida urbana. O déficit habitacional é o responsável por inúmeros problemas urbanos. No entanto, a origem desse déficit não é somente nas cidades, mas muitas vezes fora dela, no campo. Mesmo assim, esse é um parâmetro a ser considerado, tendo em vista que a pressão

imobiliária está presente cotidianamente e as pessoas geralmente moram em lugares onde cabem em seus orçamentos domésticos, não importando se são áreas de riscos.

O monitoramento do déficit habitacional e das áreas ocupadas irregularmente são fundamentais para, inclusive, preservar a vida. Isso está diretamente ligado ao meio ambiente porque geralmente as áreas de ocupação irregulares estão em áreas ambientalmente frágeis e, durante eventos extremos, a natureza responde de tal forma que aqueles que estão morando nessas áreas estarão vulneráveis.

Os indicadores habitacionais proporcionam informações consolidadas que permitem operacionalizar dimensões de interesse em conceitos abstratos, norteando políticas públicas e distribuição de recursos na área habitacional (JANUZZI, 2006).

Para o indicador Habitação utilizou-se a meta do PCS no eixo 13 e no ODS Meta 11.1: Até 2030, garantir o acesso de todos a habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas, teve sua intensidade de risco ambiental valorada da seguinte forma:

Forte - Quando o déficit habitacional está entre 11,70% a 14,50%;

Moderado - Quando o déficit habitacional está entre 9,65% a 11,70%;

Fraco - Quando o déficit habitacional está entre 8,40% a 9,65%;

Nulo - Quando o déficit habitacional está entre 5,80% a 8,40%.

### **Drenagem Pública**

O indicador drenagem pública está diretamente ligado à ocupação desordenada de áreas urbanas tornando-as impermeáveis através de cobertura de grandes áreas, ocasionando redução de infiltração das águas pluviais e fluviais no solo, sendo então necessário a implantação de redes de drenagens.

Um bom sistema de drenagem oportuniza uma série de benefícios, como a redução de gastos com manutenção de vias públicas; a valorização das propriedades existentes na área beneficiada; a redução de danos às propriedades e do risco de perdas humanas; o escoamento rápido das águas superficiais, facilitando o tráfego por ocasião

das chuvas e a redução de impactos da chuva ao meio ambiente, como erosões e poluição de rios e lagos; a redução da incidência de doenças de veiculação hídrica; as condições razoáveis de circulação de veículos e pedestres em áreas urbanas, por ocasião de chuvas frequentes e/ou intensas.

De acordo com Cardoso (2008), o principal objetivo de um sistema de drenagem urbana é captar as águas do escoamento superficial, decorrentes da diminuição das áreas permeáveis, evitando alagamentos e enchentes.

Para Marques (2006), no Brasil, o sistema de drenagem urbana foi construído ao longo dos anos de maneira descontinuada sem um planejamento ambiental adequado devido ao rápido escoamento das águas superficiais no meio urbano.

Para o indicador Drenagem pública utilizou-se o conceito da necessidade de atender a população com rede de drenagem para escoamento das águas fluviais e pluviais conforme determina no marco legal do saneamento básico Lei 14.026 de 2020 (BRASIL, 2020) em seu artigo 2º inciso IV - disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado. Assim, foi considerado:

Forte - Quando a rede de drenagem pública atende até 30% da área urbana;

Moderado - Quando a rede de drenagem pública atende entre 31% a 59% da área urbana;

Fraco - Quando a rede de drenagem pública atende entre 60% a 89% da área urbana;

Nulo - Quando a rede de drenagem pública atende entre 90% a 100% da área urbana.

### **Coleta e Tratamento de Esgoto Sanitário**

A manutenção da saúde depende da qualidade dos serviços de saneamento básico que são prestados para a população. Os serviços de água tratada, coleta e



tratamento dos esgotos, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais são fatores indispensáveis para um país ser considerado desenvolvido (APARECIDO, 2020).

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2013), os serviços de saneamento básico são indispensáveis para um país ser considerado desenvolvido, pois impacta na qualidade de vida da população reduzindo os índices de mortalidade Infantil, e contribuindo na valorização de diversas regiões do país, abrindo possibilidades para expansão do turismo.

Conforme McConnan (1998), o saneamento básico influencia diretamente as condições da saúde pública, já que envolve serviços essenciais à população, proporcionando mais qualidade de vida com a minimização dos riscos de diversas contaminações que provocam doenças de várias naturezas, garantindo a limpeza do ambiente em que vivem.

A principal função de uma estação de tratamento de esgoto é a preservação dos recursos naturais e também a saúde humana, portanto este é um indicador que possui grande relevância para qualidade de vida das pessoas assim como para o meio ambiente. Segundo Almeida (2005), os projetos de esgotamento sanitário têm a função de minimizar os efeitos do lançamento do esgoto in natura sobre o ambiente, permitindo assim a redução dos índices de doenças e de perigo à saúde da população e a melhoria da qualidade das águas.

Para o indicador Coleta e tratamento de esgotamento sanitário utilizou-se a meta estipulada no PCS no eixo 2 e no ODS 14 e 6 Meta 14.1: Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes e Meta 6.2: Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade, considerando:

Forte - Quando menos de 49% de domicílios urbanos estão ligados a rede de esgoto sanitário;

Moderado - Quando entre 50% a 79% de domicílios urbanos estão ligados a rede de esgoto sanitário;

Fraco - Quando entre 80% a 99% de domicílios urbanos estão ligados a rede de esgoto sanitário.

Nulo - Quando 100% de domicílios urbanos estão ligados a rede de esgoto sanitário.

### **Serviços Urbanos Ambientais - praças, jardins, horta e compostagem comunitária**

A importância do desenvolvimento de novas práticas e reflexões relacionadas ao planejamento urbano tem sido evidenciada por pesquisas e estudos técnicos e científicos realizados nos últimos anos. As áreas verdes urbanas estão nesta lista por estarem associadas à qualidade de vida da população através dos parques, praças, jardins e, atualmente, diversas hortas comunitárias. Essas áreas oferecem à população, além de um espaço verde, local para o desenvolvimento de projetos sociais, plantio de espécies de interesse alimentício, medicinal, além de resgatar o contato com a natureza (DORIGO & LAMANO FERREIRA, 2015).

Na história das cidades brasileiras as áreas verdes sempre se apresentaram como uma expressão do desenho paisagístico e das características locais como, por exemplo, os jardins botânicos do Rio de Janeiro, de Porto Alegre, Brasília, São Paulo, entre outras cidades (VIEIRA, 2004).

Um dos indicadores mais utilizados é o Índice de Áreas Verdes (IAV), que segundo Toledo & Santos (2008) consideram que “em termos gerais, o índice de áreas verdes é aquele que denota a quantidade de espaços livres de uso público, em km<sup>2</sup> (quilômetro quadrado) ou m<sup>2</sup> (metro quadrado) dividido pela quantidade de habitantes de uma cidade. Para Santos *et al.* (2019), os espaços transformados em hortas envolvem

processos ecológicos e sociais, promovendo benefícios individuais e comunitários, contribuindo para a sustentabilidade urbana. Dentre os benefícios sociais, a interação entre os moradores, como as trocas de conhecimento sobre o cultivo e utilização dos recursos vegetais, é muito relevante (TORRES *et al.*, 2018).

Para o indicador Serviços urbanos ambientais - praças, jardins, horta e compostagem comunitária, utilizou-se a Meta estipulada no Programa Cidade Sustentável, considerando:

Forte - Quanto para cada 15.001 habitantes 1 serviço urbano é ofertado;

Moderado - Quanto entre 12.001 a 15.000 habitantes 1 serviço urbano é ofertado;

Fraco - Quanto entre 10.001 a 12.000 habitantes 1 serviço urbano é ofertado;

Nulo - Quanto para 10.000 habitantes 1 serviço urbano é ofertado.

### **Serviços para Saúde Humana**

O eixo 1 (um) do Programa Cidades Sustentáveis (2016) da Ação Local para a Saúde aborda um fundamento central para a concepção de desenvolvimento humano, relacionado ao princípio de assegurar às pessoas uma vida longa e reduzir as morbidades evitáveis. Para isso, as políticas públicas locais devem envolver abordagens abrangentes, integradas, por exemplo, no planejamento urbano, promover a qualidade de vida e a prevenção. O eixo 1 (um) do PCS busca caracterizar:

“(...) a promoção de iniciativas, informações e conhecimentos para se ter uma vida mais saudável, assim como investimentos no sistema público para que ele possa ser mais efetivo no atendimento às necessidades da população” (SUSTENTÁVEIS, 2016).

Na questão da Saúde, tanto o PCS quanto os ODS apresentam metas bem específicas, embora o ODS 3 ainda apresenta diretrizes de atuação, para alguns elementos eles sugerem metas a serem atingidas como mortalidade materna, infantil e neonatal. O PCS estabelece indicadores focados em morbidade, mortalidade e infraestrutura, no sentido de verificar o atendimento de saúde mediante a ocorrência

de mortes, doenças ou a falta de infraestrutura por uma quantidade específica de habitantes. Elas contemplam aquilo que está preconizado no ODS.

O setor de segmento saúde, como prestador de serviços, cujas ações se refletem profundamente na sociedade, deve adotar uma prática gerencial apropriada capaz de alterar esse quadro mórbido e preocupante, consequência da história do desenvolvimento sócio-político-econômico do país, possibilitando, assim, melhor desempenho com maiores produtividade e qualidade (FILHO; LOPES & MICHELS, 1998).

É importante ressaltar que conforme Guerra & Ventura (2017) “o direito à saúde sob a perspectiva dos direitos humanos, pressupõe o respeito à dignidade humana e o dever dos Estados em garantir condições para o exercício deste direito através de leis e políticas públicas”.

Minayo (1993) propõe que a saúde, enquanto questão humana, é existencial e se constitui em uma problemática compartilhada por todos os segmentos sociais, sendo para esses uma resultante da complexa interação entre os aspectos físicos, psicológicos, sociais e ambientais da condição humana e da atribuição de significados dos referidos segmentos, os quais são levados a pensar, a sentir e agir com relação à saúde, de acordo com as condições de vida e de trabalho que são oferecidas pelo meio no qual estão inseridos.

Diante dos problemas ambientais atuais e seus consequentes efeitos à saúde necessitam ser discutidos pela sociedade a fim de gerar, adotar e implementar uma gama de ações corretivas e preventivas por estes fatores entendemos que este indicador possui grande relevância para a matriz proposta.

Para o indicador Serviços para Saúde humana utilizou-se a meta já estabelecida no Objetivo do Desenvolvimento Sustentável, ODS 3.8: Atingir a cobertura universal de saúde, incluindo a proteção do risco financeiro, o acesso a serviços de saúde essenciais de qualidade e o acesso a medicamentos e vacinas essenciais seguros, eficazes, de qualidade e a preços acessíveis para todos. Assim, o indicador foi valorado da seguinte forma:

Forte - Quando existe 1 unidade básicas de saúde para cada 15 mil habitantes ou acima;

Moderado - Quando existe 1 unidade básicas de saúde entre 12 mil a 15 mil habitantes;

Fraco - Quando existe 1 unidade básicas de saúde entre 10 mil a 12 mil habitantes;

Nulo - Quando existe 1 unidade básicas de saúde para até 10 mil habitantes.

### **Serviços de Controle de Poluição Ambiental**

O indicador Serviço de Controle de Poluição Ambiental traz o princípio da fiscalização e de profissionais técnicos e habilitados para identificar possíveis sinais de poluição, degradação e danos ambientais ao município, com o objetivo de trabalhar na prevenção destes problemas.

Poluição ambiental pode ser definida como toda ação ou omissão da humanidade que, pela descarga de material ou energia atuando sobre as águas, o solo, o ar, causa um desequilíbrio nocivo, seja ele de curto ou longo prazo, sobre o meio ambiente. A definição do agente causador de poluição é dada como ser uma pessoa física ou jurídica de direito público ou privado, responsável direta ou indiretamente pela atividade causadora da degradação ambiental (VALLE, 2004).

A fiscalização ambiental é um instrumento da política nacional do meio ambiente conforme lei federal 6.938/81, (BRASIL, 1981), é uma ação que o Estado, os Municípios e a União podem praticar. A base normativa se encontra nesta Lei que dispõe sobre o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Atender a população com serviços de controle de fiscalização ambiental e equipes de licenciamento.

Para o indicador Serviços de controle de Poluição Ambiental utilizou-se:

Forte - Quando a estrutura do município apresenta 1 agente ambiental para cada 30.001 habitantes ou mais;

Moderado - Quando a estrutura do município apresenta 1 agente ambiental entre 20.001 a 30.000 habitantes;

Fraco - Quando a estrutura do município apresenta 1 agente ambiental entre 10.001 a 20.000 mil habitantes;

Nulo - Quando a estrutura do município apresenta 1 agente ambiental para cada 10.000 habitantes.

### **Serviços de Coleta de Resíduos Sólidos**

Considerando que toda atividade humana gera resíduos sólidos e que, com o aumento da população é inevitável o impacto ambiental deles aos ecossistemas e ao homem, o indicador serviços de coleta de resíduos sólidos torna-se relevante para a qualidade de vida das pessoas e também para seu controle junto ao meio ambiente.

Do ponto de vista histórico, principalmente após a Conferência Mundial de Meio e Ambiente e Desenvolvimento na cidade do Rio de Janeiro (ECO, 92), o debate sobre sustentabilidade urbana assumiu maior relevância. Os parâmetros desta prática são o uso da gestão de resíduos sólidos, o controle dos efluentes domésticos, a proteção de mananciais, a drenagem e a adequação de infraestrutura em assentamentos.

Segundo pesquisa realizada pela ABRELPE (2018), 10% dos resíduos coletados no país são dispostos de maneira irregular e mais de 3.000 municípios ainda não dispõem corretamente os seus resíduos, caracterizando uma situação ambientalmente preocupante.

Um dos instrumentos citados como fundamentais para o avanço do país na questão dos resíduos sólidos, corresponde a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esse Plano deve abranger todos os resíduos gerados e destinados de forma adequada. Sua construção deve ser feita, através de ações conjuntas com divisão de responsabilidades e obrigações (BRASIL, 2010).

De acordo com Guerra (2012), o plano de resíduos é um documento formal e vinculativo que reproduz o modelo de gestão e gerenciamento de resíduos adotado.

Determina o ente federativo ou setor empresarial, e são enumeradas todas as ações indispensáveis para o alcance das pretensões e proposições nele inferidas.

Para o indicador Serviços de Coleta de Resíduos Sólidos utilizou-se a meta já estabelecida no Programa Cidades Sustentáveis eixo 9 acessos ao serviço de coleta de resíduo doméstico, sendo valorada da seguinte forma:

Forte - Quando 69% ou menos de domicílios urbanos são atendidos pela coleta de resíduos sólidos;

Moderado - Quando 70% a 89% de domicílios urbanos são atendidos pela coleta de resíduos sólidos;

Fraco - Quando 90% a 99% de domicílios urbanos são atendidos pela coleta de resíduos sólidos;

Nulo - Quando 100% de domicílios urbanos são atendidos pela coleta de resíduos sólidos.

### **3.3.3 Produção da Matriz de Risco Ambiental**

Após o levantamento de todas as informações necessárias para a identificação dos indicadores ambientais, e de seus critérios de intensidade, foi realizada uma busca por ferramentas e metodologias já consolidadas, capazes de quantificar o potencial de risco de dano ambiental causado pelo não planejamento do uso e ocupação do solo.

Assim, conforme já pontuado anteriormente, foi definido que a base da Matriz de risco ambiental proposta iria se basear na matriz de Leopold. Ainda, para tornar o processo menos subjetivo, a proposta desse trabalho incluiu o atributo Intensidade, além da magnitude e Importância.

A produção da matriz de risco proposta apresentou 15 indicadores ambientais, classificados em dois eixos: Serviços ecossistêmicos e Serviços de Infraestrutura. Cada um dos indicadores ambientais foi valorado em três atributos: Intensidade, Magnitude e Importância.

No apêndice a e b, encontra-se um referencial para quantificar o critério de intensidade para a aplicação da matriz.

Ao final do somatório dos atributos, o município é avaliado quanto ao risco do uso e ocupação do solo. Para isso, foram mensurados os seguintes scores:

- Se a soma da matriz é estabelecida até 60 pontos têm-se nulo risco de dano ambiental;
- Se a soma da matriz é estabelecida entre 61 a 105 pontos têm-se baixo risco de dano ambiental;
- Se a soma da matriz é estabelecida entre 106 a 135 têm-se médio risco de dano ambiental;
- Se a soma da matriz é estabelecida acima de 136 têm-se alto risco de dano ambiental.

Para a definição dos somatórios foram realizadas simulações estabelecendo o seguinte padrão: para calcular o risco nulo de dano ambiental, 66% dos indicadores, nos resultados de dois atributos deverão ter pontuação igual a 1, e 33% dos indicadores, nos resultados de um atributo deverá ter pontuação máxima de 2.

Para risco baixo 66% dos indicadores, nos resultados de dois atributos deverão ter pontuação igual a 2, e 33% dos indicadores, nos resultados de um atributo deverá ter pontuação máxima de 3.

Para risco médio 66% dos indicadores, nos resultados de dois atributos deverão ter pontuação igual a 3, e 33% dos indicadores, nos resultados de um atributo deverá ter pontuação máxima de 3.

Para risco alto 66% dos indicadores, nos resultados de dois atributos deverão ter pontuação igual a 3, e 33% dos indicadores, nos resultados de um atributo deverá ter pontuação máxima de 4.



### **3.3.4 Estudo de Caso em um Município com até 50 mil Habitantes**

O processo de validação da matriz de risco foi elaborado utilizando os indicadores selecionados comparando com os três atributos definidos: magnitude, importância e intensidade. O procedimento foi realizado através de uma simulação dos dados de um município com aproximadamente 41 mil habitantes localizado no nordeste do estado de Santa Catarina.

Para que fosse possível identificar as fragilidades da matriz, a simulação foi realizada com um município já conhecido pelo autor, com características ambientais bem definidas e de fácil identificação da qualidade ambiental existente no local. Nesse processo, a ferramenta de AIA da Matriz de Leopold foi utilizada como base, onde os atributos Magnitude e Importância foram valorados com a Intensidade de risco ambiental. Os atributos de magnitude e importância foram valorados conforme a metodologia da Matriz de Leopold descreve.

Cada indicador recebeu a pontuação em função do atendimento dos critérios de intensidade de risco ambiental, estabelecidos neste trabalho. Os atributos de cada indicador foram somados e classificados em um ranqueamento, obtendo-se uma classificação do risco ambiental do uso e ocupação do solo. A matriz de validação está apresentada no Quadro 01.

Quadro 01 - Validação da Metodologia da Matriz de Risco do Uso e Ocupação do Solo.

EIXO	Indicadores Ambientais	INTENSIDADE	MAGNITUDE	IMPORTÂNCIA	PONTUAÇÃO
Serviços Ecosistêmicos	Hidrografia	2	3	2	7
	Inundação e alagamento	2	3	3	8
	Geologia, Solo e Suscetibilidade à erosão	3	3	3	9
	Cobertura vegetal	1	2	2	5
	Áreas protegidas: áreas de preservação permanente	2	3	3	8
Serviços de Infraestrutura	Uso e ocupação do solo	4	1	2	7
	Atendimento Energia Elétrica	4	2	3	9
	Abastecimento de água	4	2	3	9
	Habitação	4	3	3	10
	Drenagem pública	3	3	2	8
	Coleta e tratamento de esgotamento sanitário	4	3	3	10
	Serviços urbanos ambientais	1	3	2	6
	Serviços para Saúde humana	1	1	3	5
	Serviços de controle de Poluição Ambiental	1	3	1	5
	Serviços de Coleta de resíduos sólidos	2	2	3	7
<b>Valoração do risco ambiental do uso e ocupação do solo - somatória</b>					<b>113</b>

O município escolhido para a validação da matriz está situado na região norte catarinense, possui aproximadamente 41 mil habitantes, censo do IBGE de 2021 e um rápido crescimento populacional de 60% nos últimos 10 anos.

Conforme dados do IBGE, apresenta um IDHM de 0,703. Atualmente, sua área territorial é de aproximadamente 380.000 km<sup>2</sup>, com densidade demográfica é de 64,61 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2021).

Os dados coletados para a simulação da matriz foram obtidos através de sites oficiais e cálculos realizados com base em mapas do município e dados obtidos através do site da prefeitura, além de nomeação em diário oficial.

Durante a aplicação da Matriz, observou-se que alguns dados levantados possuem unidades de medidas diferentes das estabelecidas no processo de valoração dos indicadores na proposta metodológica. Esta situação é encontrada nos seguintes indicadores: Indicador abastecimento de água na meta do ODS está acesso da população a água potável, nos dados encontrados disponíveis pelo IBGE a informação é fornecida através de domicílios atendidos pela rede de água, desta forma não é possível identificar se toda população está recebendo água potável, pois os dados fornecidos citam em domicílio.

Da mesma forma acontece com o indicador energia elétrica, os dados fornecidos pelo IBGE citam em unidades consumidoras, já na meta do ODS traz a necessidade do atendimento à população.

Outra dificuldade com relação disponibilidade de banco de dados foi observada quanto ao indicador cobertura vegetal, à dificuldade de confirmação das áreas de preservação permanente - APP, devido à retificação e canalização dos recursos hídricos, que alteram suas áreas de APP para áreas sem função ambiental, transformando em faixas não edificantes.

Além das dificuldades citadas acima, o indicador qualidade das águas pode possuir resultados diferentes para o mesmo curso hídrico, isto porque a qualidade da água é medida pontualmente no local onde é feita a coleta e análise dos parâmetros, podendo ter outros pontos do mesmo rio com qualidades de água diferentes, isso porque pode estar recebendo carga poluidora em locais diferentes.

Apesar das dificuldades na simulação realizada na aplicação da matriz, foi possível identificar que dois indicadores apresentam prioridades para o planejamento e até mesmo investimento prioritário, que foram eles: coleta e tratamento de esgoto sanitário e habitação.

Com a simulação da matriz foi possível confirmar a ausência de rede coletora e destinação do esgotamento sanitário, pois o município analisado possui menos de 38% da população atendida pela rede de esgoto sanitário, o que representa estar muito longe de alcançar a meta.

Além disso, no quesito habitação, dados do IBGE indicam que o salário médio mensal da população é de 2,5 salários mínimos, e que mais de 29% da população possui renda inferior a  $\frac{1}{2}$  salário mínimo (IBGE, 2020). Essa informação complementar reflete o alto índice de déficit habitacional devido a média salarial ser muito baixa, o que dificulta o acesso à moradia própria.

É possível perceber que o atributo intensidade desenvolvido neste estudo, complementa a Matriz de Leopold ao avaliar o uso e ocupação do solo demonstrando sua importância no processo de análise da matriz de risco de uso e ocupação do solo. O atributo de intensidade em conjunto com os demais atributos, já estabelecidos dentro da matriz de Leopold magnitude e importância, possibilita identificar os indicadores mais relevantes para o planejamento territorial ambiental.

Com o resultado da simulação é possível verificar que, dentro dos dois eixos definidos na classificação dos indicadores, os serviços ecossistêmicos e serviços de infraestrutura, o mais relevante para o planejamento, neste caso da simulação foram os serviços de infraestrutura, pois os 2 indicadores de maior peso estão vinculados ao eixo infraestrutura.

Outro ponto relevante na distribuição da pontuação da matriz, foi definido que o atributo intensidade possui pontuação de 1 a 4, diferentemente dos atributo magnitude e importância que possui pontuação de 1 a 3. Ficou evidente que, após a

aplicação da matriz, essa pontuação ajudou a um resultado menos subjetivo, trazendo mais confiabilidade e realidade para o resultado.

Outro resultado obtido foi através da somatória da matriz, na simulação a matriz somou 113 pontos, enquadrando o município em médio risco de dano ambiental.

Tais resultados, onde a inserção de indicadores mais robustos na matriz de Leopold, é corroborado por Assunção (2012). Em seus estudos o autor conclui que o método de AIA somado à análise da legislação em vigor e adotando indicadores de sustentabilidade, permite a construção de propostas de uso e ocupação do solo e de manejo dos recursos ambientais, oportunizando a definição de investimentos na área social, ambiental e econômica.

Da mesma forma que Oliveira & Moura (2009) ao utilizar a ferramenta da matriz de Leopold, crítica que em sua concepção não explicita claramente as bases de cálculo das escalas de pontuação de importância e da magnitude, sendo oportuno o desenvolvimento de um método estabelecendo pesos. Os autores concluem que essa inserção de elementos quantitativos, aperfeiçoa a compreensão dos resultados e fornece uma boa orientação para o prosseguimento dos estudos e introduzir multidisciplinaridade.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta da matriz de risco ambiental do uso e ocupação do solo, aplicada através de uma simulação em um município de até 50.000 habitantes, pode servir como instrumento para avaliação e melhoria contínua do processo de gestão do planejamento ambiental territorial, e das políticas voltadas para melhoria da infraestrutura local.

Através da simulação da matriz foi possível observar que a mesma é viável para atender aos municípios brasileiros com até 50 mil habitantes e que os indicadores ambientais definidos são adequados para o planejamento ambiental das cidades brasileiras.

Foi possível, também, identificar dificuldade de encontrar dados primários fidedignos para a elaboração da matriz. É importante que os governantes se atentem pela produção de informações atualizadas dos municípios, gerando bancos de dados, dados históricos, mapas e geoprocessamento para que seja possível a elaboração da matriz de risco e, portanto, a melhor governabilidade do uso e ocupação do solo do município.

Percebeu-se que, a aplicação da matriz de risco auxilia na construção da definição de ações de melhorias para uma cidade mais sustentável, com ganho na qualidade de vida da população, oportunizando indicar investimentos prioritários aqui elencados que devem ser inseridos no planejamento ambiental da cidade.

Estima-se que após a conclusão deste trabalho, o mesmo possa ser utilizado como banco de dados para pesquisas, políticas públicas, atualizações de zoneamento e como exemplo para outros municípios.

Sugere-se que a avaliação seja realizada através de uma equipe multidisciplinar, e envolver técnicos, engenheiros, sociólogos, médicos, políticos e lideranças locais, interessados, ONGs, enfim, todas as áreas que tenham alguma relação com os fatores ambientais impactados.

Considera-se ainda que, é possível verificar a necessidade de uma validação estatística ou até mesmo a elaboração de uma nova simulação em outro município para confirmação das contestações aqui proposta.

Enfim, o método aqui proposto é válido para se constituir como ferramenta na elaboração e na implantação de práticas de planejamento ambiental em municípios de até 50.000 habitantes, auxiliando o processo de planejamento urbano futuro e melhorar as áreas mais fragilizadas indicadas na matriz de risco.

## 5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável. In: Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável. 2010. p. xxi, 566-xxi, 566.

ALVES, D. B. Cobertura vegetal e qualidade ambiental na área urbana de Santa Maria RS. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFSM, Santa Maria, 2012.

ALVES, Maria Júlia Almeida da Silva et al. Regularização fundiária sustentável como instrumento para o direito à cidade: por uma nova ética urbana à luz de Ronald Dworkin. 2010.

APARECIDO, Rosilene da silva. RELAÇÃO DA QUANTIDADE DE HABITANTES COM A COLETA DE ESGOTO SANITÁRIO: MUNICÍPIOS DO CENTRO-OESTE BRASILEIRO. Revista Negócios em Projeção, v11, n°1, 2020.

ARANTES, Otilia Beatriz Fiori; VAINER, Carlos; MARICATO, Ermínia. A cidade do pensamento único: desmanchando consensos. 2007.

ASSUNÇÃO, Simone Gonçalves Sales et al. Metodologia para avaliação de riscos ambientais em áreas urbanas da região metropolitana de Goiânia-GO. 2012.

BELL, S.; MORSE, S. Sustainability indicators: measuring the immeasurable? 2. ed. London: Earthscan, 2008.

BENCKE, Luciana Regina; PEREZ, Anderson Luiz Fernandes. Análise dos principais modelos de indicadores para cidades sustentáveis e inteligentes. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 6, n. 37, 2018.

BRAGAGNOLO, Chiara et al. Streamlining or sidestepping? Political pressure to revise environmental licensing and EIA in Brazil. Environmental Impact Assessment Review, v. 65, p. 86-90, 2017.

BRASIL, Panorama dos resíduos sólidos no, 2018. São Paulo, SP: ABRELPE, 2018.

BRASIL, Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Presidência da República. Casa Civil, Brasília, 1988.

BRASIL. LEI nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, jul. 2001.



BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2010.

BRASIL. LEI nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, jul. 2020.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, dez. 1979.

BRASIL. LEI nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, ago. 1981.

BRÜSEKE, Franz. Risco social, Risco ambiental, Risco individual (Paper 064). Papers do NAEA, v. 5, n. 1, 1996.

CARDOSO, M. A. Avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana. Tese de Doutorado pela Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2008.

CASTRO, S. S. de; SALOMÃO, F. X. T. Compartimentação morfo-pedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. Revista GEOUSP, São Paulo, n. 7, 2000.

CAVALCANTE, Andréia Santos. Atendimento e inclusão: impactos socioambientais da política pública de energia elétrica na construção da sustentabilidade em contexto amazônico. 2015. 229 f. Tese (Doutorado em Sociedade e Cultura na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 01, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental –RIMA. Ministério do Meio Ambiente, 1986.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 462, de 24 de julho de 2014. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre, altera o art. 1º da Resolução CONAMA n.º 279, de 27 de julho de 2001, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, 2014

CORTON, M.L. Benchmarking in the Latin American water sector: the case of Peru. Utilities Policy, v. 11, n. 3, p. 133-142. 2003.

COSTA, A. H. A. Simulação dos impactos da urbanização sobre as inundações urbanas na bacia hidrográfica do Rio Cuiá (PB). [dissertação]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia; 2013.

CONYERS, Diana; HILLS, Peter. An introduction to development planning in the third world. New York: John Wiley & Sons (Public Administration in Developing Countries). 1984

DAEE/IPT. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Controle de erosão. Bases conceituais e técnicas. Diretrizes para o planejamento urbano e regional. Orientações para o controle de boçorocas urbanas. IPT, São Paulo, SP. 92p; 1989

DORIGO, T.A.; LAMANO-FERREIRA, A. P. N. Contribuições da Percepção Ambiental de Freqüentadores sobre Praças e Parques no Brasil (2009-2013): Revisão Bibliográfica. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 4, p. 31- 45, 2015

FERREIRA, Maurício et al. Soil biodiversity in urban forests as a consequence of litterfall management: implications for São Paulo's ecosystem services. Sustainability, v. 10, n. 3, p. 684, 2018.

GALVÃO, M. I. S. Zoneamento de Risco à inundação da área urbana de Porto Xavier/RS. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, 107f. 2014

GUERRA, Sidney. Resíduos sólidos: comentários à Lei 12.305/2010. Rio de Janeiro: Forense, 2012.

GUERRA, Katia; VENTURA, Miriam. Bioética, imigração e assistência à saúde: tensões e convergências sobre o direito humano à saúde no Brasil na integração regional dos países. Cadernos Saúde Coletiva, v. 25, p. 123-129, 2017.

HAMMOND, Allen; ADRIAANSE, Albert; RODENBURG, Eric; BRYANT, Dirk; WOODWARD, Richard. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. World Resources Institute, 1995.

HESPANHOL, Rosângela Ap. de Medeiros. Campo e cidade, rural e urbano no Brasil contemporâneo. Mercator (Fortaleza. Online), v. 12. 2013.

HOCKINGS, Marc; STOLTON, Sue; DUDLEY, Nigel. Evaluating effectiveness: a framework for assessing the management of protected areas. IUCN, 2000.

INFANTI JUNIOR, N. & FORNASARI FILHO N. Processos de Dinâmica Superficial – Geologia de Engenharia, Oliveira S. A. & Brito S. A. (eds.), Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, São Paulo, Brasil, pp. 131-152, 1998

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2021.

INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK (IDB). Good practices for urban greening. Washington: Environmental Division of Social Programs Sustainable Development Department, 1997.

JANUZZI, P. Indicadores sociais no Brasil: Conceitos, fontes de dados e aplicações. 3.ed. Alínea. Campinas, 2006.

JESUS, M. S. et al. Métodos de avaliação de impactos ambientais: uma revisão bibliográfica. Brazilian Journal of Development, Vol. 7, n. 4, p. 38039- 38070, 2021

JUNIOR, Jose Carlos Ugeda; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Indicadores ambientais e planejamento urbano. Caderno Prudentino de Geografia, v. 2, n. 31, p. 5-36, 2009.

Kaplan, R.S., & Norton, D.P. (2000). Putting the Balanced Scorecard to Work. HBR OnPoint, nr. 4118. EUA: Harvard Business School Publishing Corporation.

DE SOUZA, Carlos Leite; DI CM AWAD, Juliana. Cidades Sustentáveis: Desenvolvimento Sustentável num Planeta Urbano. Bookman Editora, 2012.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. A procedure for evaluating environmental impact. U. S. Geological Survey, Washington: Geological Survey 1971.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (ed.). Matas Ciliares: Conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP, FAPESP, 2.ed. 2004.

MARICATO, Erminia. Cidade e a luta de classes no Brasil. In: MARICATO, Erminia. Para entender a crise urbana. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, cap. 1, p. 17-47. 2015

MARQUES, C. E. B. Métodos para formulação de planos diretores de drenagem urbana. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental de Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília. Brasília. 2006.

MARTINHA, D. D. Metodologias utilizadas na Avaliação de Impacto Ambiental. Varia Scientia Agrárias, Vol. 4, n. 1, p. 145-158, 2014.

MCCONNAN, Isobel, ed.. Humanitarian charter and minimum standards in disaster response. Geneva; Sphere Project; 1998. 330 p. tab. Disponível em:< [http://ec.europa.eu/echo/files/evaluation/watsan2005/annex\\_files/Sphere/SPHERE2%20-%20chapter%202%20-%20Min%20standards%20in%20water,%20sanitation%20and%20hygiene%20prom.pdf](http://ec.europa.eu/echo/files/evaluation/watsan2005/annex_files/Sphere/SPHERE2%20-%20chapter%202%20-%20Min%20standards%20in%20water,%20sanitation%20and%20hygiene%20prom.pdf)>. Acesso em 07/8/2022

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio do conhecimento – pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo - Rio de Janeiro: HUCITEC – ABRASCO, 1993.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – Cidades Sustentáveis. Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis.html>.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - Instituto Chico Medes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO). Cidades Sustentáveis Reduzem Impactos Ambientais. Acessado em <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/cidades-sustentaveis-reduzem-impactos-ambientais.2014>.

MORAES, C. D. D'AQUINO, C. A. Avaliação de impacto ambiental: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias. In: 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense. Araranguá: SICT-Sul, 2016.

MIZUTANI, Meriellen Nuvolari Pereira et al. O uso dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável [ODS] e do indicador de sustentabilidade Programa Cidades Sustentáveis [PCS] para uma urbanização sustentável e social na cidade de Barueri-SP. 2019.

OLIVEIRA, T.J.F. Diagnóstico e Avaliação de Impacto Ambiental: Instrumentos para a proteção do Meio Ambiente. 2019 Disponível em <https://www.matanativa.com.br/diagnostico-avaliacao-de-impacto-ambiental/>. Acesso em 09 jun. 2021.

OLIVEIRA, Francisco Correia; DE MOURA, Héber José Teófilo. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. Revista Pretexto, 2009.

REGIS FILHO, G.I; LOPES, M.C; MICHELS, G. Democratização da administração em serviços de saúde pública-do-taylorismo à gestão participativa. R. Ci. Saúde. Florianópolis, 1998.

SANTOS JUNIOR, Orlando Alves do; SILVA, Renata Helena; SANT'ANA, Marcel Claudio. Introdução. In: Daniel Todtmann MONTANDON; Orlando Alves dos Santos Júnior. (Org.). Os Planos Diretores Municipais Pós-Estatuto da Cidade: balanço crítico e perspectivas. Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, L. S.; NASCIMENTO, A.P.B.; FRANCO, M. S.; RÉGIS, M.M. Agricultura Urbana: O Caso da Horta Comunitária Orgânica do Parque Previdência, no Município de São Paulo, SP. In: OLIVEIRA JUNIOR, J.M.B. (Org.) Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza. 1 ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019, p. 1-17.

SHEN, Li-Yin et al. The application of urban sustainability indicators—A comparison between various practices. *Habitat international*, v. 35, n. 1, p. 17-29, 2011.

SOUZA, M. L. de. RODRIGUES, G. B. Planejamento urbano e ativismos sociais. 1. ed. São Paulo: Fundação Editora UNESP, 2004.

SUSTENTÁVEIS, Programa Cidades et al. Programa cidades sustentáveis. 2020.

TOLEDO, F.S; SANTOS, D.G. Espaços Livres de Construção. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba - SP, v3, n1, p. 73-91, mar. 2008.

TOMMASI, L. R. Estudo de Impacto Ambiental. 1º ed., São Paulo, CETESB, 1994.

TORRES, A.C.; PRÉVOT, A.C.; NADOT, S. Small but powerful: The importance of French community gardens for Residents. *Landscape and Urban Planning*, 2018.

TRATA BRASIL, Instituto. A importância do Plano Municipal de Saneamento Básico no Brasil. 2017. Disponível em <https://tratabrasil.org.br/>. Acesso em: 07/08/2022

TUCCI, Carlos EM. Inundações urbanas. Porto Alegre: ABRH/Rhama, v. 11, 2007.

UNITED NATIONS [UN]. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Genebra. 2007

UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (UNCED). Agenda 21. (Versão eletrônica 1.1. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal). Rio de Janeiro, 1992

VALLE, Cyro Eyer do. Qualidade Ambiental: ISO 14000. 5º ed.. São Paulo: SENAC, 2004.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2006.

VIEIRA, P. B. H. Uma visão geográfica das áreas verdes de Florianópolis, SC: estudo de caso do Parque Ecológico do Córrego Grande (PECG). Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2004.

VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: O processo de urbanização no Brasil. São Paulo: EdUSP, 1999

WEISS, BERNARDES & CONSONI, 2015. Cidades inteligentes como nova prática para o gerenciamento dos serviços e infraestruturas urbanas: a experiência da cidade de Porto Alegre. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), set./dez. 2015

WILL, J.; BRIGGS, D. Developing Indicators for Environment and Health. World Health Statistics Quarterly, v. 48, n. 2, p. 155-163, 1995.

## 6 APÊNDICE

**APÊNDICE a - Referencial para quantificar o critério intensidade para aplicação da matriz de risco**

Indicadores Ambientais	Descrição Indicador / Meta	Critérios de Intensidade dos Indicadores Ambientais	
		Intensidade	Características/Enquadramento
1. Hidrografia	Identificar a qualidade das águas superficiais utilizando a legislação Resolução CONAMA 357/2005, quanto mais águas com classe 1 melhor será o atendimento deste item	4 - Forte	Quando a água analisada receber a definição de Classe 4
		3 - Moderado	Quando a água analisada receber a definição de Classe 3
		2 - Fraco	Quando a água analisada receber a definição de Classe 2
		1 - Nulo	Quando a água analisada receber a definição de Classe 1.
2. Inundação e alagamento	Realizar o levantamento das áreas passíveis de inundação e alagamento, quanto mais próximo de 100% das áreas mapeadas melhor será o atendimento deste item.	4 - Forte	Quando o mapeamento do município for inferior a 79% das áreas passíveis de inundação e alagamento
		3 - Moderado	Quando o mapeamento do município for entre 80% a 89% das áreas passíveis de inundação e alagamento
		2 - Fraco	Quando o mapeamento do município for entre 90% e 99% das áreas passíveis de inundação e alagamento;
		1 - Nulo	Quando o mapeamento do município for 100% das áreas passíveis de inundação e alagamento.
3. Geologia, Solo e Suscetibilidade à erosão	Utilizou-se como fonte o Departamento de Águas e Energia Elétrica, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (DAEE/IPT, 1989). O mesmo levanta as áreas que são mais passíveis de risco de danos ambientais quando estudadas a geologia e o solo da região. Área de ocupação estando dentro das áreas mais planas possíveis longes de área com presenças de nascente e fundo de vales, melhor será o atendimento deste item.	4 - Forte	Quando a área apresenta nascentes, fundos de vales e cabeceiras de drenagem, além de áreas favoráveis à concentração de fluxos de água;
		3 - Moderado	Quando existem áreas de dispersão de fluxo de água, elevadas permeabilidades; estradas, arruamentos e caminhos de serviços, áreas com declividade suficientes para permitir o

			escoamento das águas superficiais;
		2 - Fraco	Quando existem áreas favoráveis à concentração de água de escoamento superficial, declives relativamente elevados;
		1 - Nulo	Quando os terrenos apresentam declividade praticamente nula
4. Cobertura vegetal	Utilizou-se como fonte a Meta da Organização Mundial da Saúde que descreve sendo necessário manter no mínimo 12 m <sup>2</sup> de área verde por habitante. Atender a meta da OMS referente a quantidade de área verde por habitante	4 - Forte	Quando é atendido a meta parcial da OMS garantindo menos 3 m <sup>2</sup> de área verde por habitante;
		3 - Moderado	Quando é atendido a meta parcial da OMS garantindo de 4 até 7 m <sup>2</sup> de área verde por habitante
		2 - Fraco	Quando é atendido a meta parcial da OMS garantindo de 8 a 11 m <sup>2</sup> de área verde por habitante
		1 - Nulo	Quando é atendido a meta da OMS de manter no mínimo 12 m <sup>2</sup> de área verde por habitante.
5. Áreas protegidas: áreas de preservação permanente	Fonte o PCS no Eixo 2 Bens Naturais e Comuns e no ODS 6-Água Potável e Saneamento, com a meta 6.6 que prevê até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos. Manter 100% das áreas de APP com vegetação	4 - Forte	Quando a cobertura vegetal inferior a 79% da APP
		3 - Moderado	Quando a cobertura vegetal entre 80% a 89% da APP;
		2 - Fraco	Quando a cobertura vegetal entre 90% e 99% da APP;
		1 - Nulo	Quando a cobertura vegetal 100% da APP.
6. Uso e ocupação do solo	Utilizou-se o princípio de promover a utilização dos espaços vazios em áreas urbanas, principalmente aquelas já atendidas pela infraestrutura básica. Esse indicador tem como base, reduzir os espaços vazios dentro das áreas urbanas para evitar novas ocupações principalmente em áreas rurais ou áreas vulneráveis. Reduzir os espaços vazios em áreas urbanas	4 - Forte	Quando os espaços vazios em área urbana estão acima de 60%;
		3 - Moderado	Quando os espaços vazios em área urbana estão entre 41% a 60%;
		2 - Fraco	Quando os espaços vazios em área urbana estão entre 21% a 40%;
		1 - Nulo	Quando os espaços vazios em área urbana estão entre 0% a 20%.
7. Atendimento Energia Elétrica	Utilizou-se a meta do ODS 7 - energia acessível e limpa para todos, estabelecida pelo ODS Brasil com a seguinte meta até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia. Atender 100% a população com energia elétrica nas áreas urbanas	4 - Forte	Quando o acesso à energia é inferior a 97,1% da população;
		3 - Moderado	Quando o acesso à energia é entre 97,2% a 98,4% da população
		2 - Fraco	Quando o acesso à energia é entre 98,40 a 99,6% da população;
		1 - Nulo	Quando o acesso à energia é entre 99,6 a 100% da população
	Utilizou-se a meta do ODS 6 - Água potável e saneamento para todos. Atender 100% a	4 - Forte	Quando o acesso da população à água potável for inferior a 96,67%;



8. Abastecimento de água	população com abastecimento de água potável nas áreas urbanas	3 - Moderado	Quando o acesso da população à água potável for entre 96,68% a 97,71%;
		2 - Fraco	Quando o acesso da população à água potável for entre 97,72% a 98,75%;
		1 - Nulo	Quando o acesso da população à água potável for entre 98,76 a 100%.
9. Habitação	utilizou-se a meta do PCS no eixo 13 e no ODS Meta 11.1: Até 2030, garantir o acesso de todos a habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas. Reduzir o déficit habitacional	4 - Forte	Quando o déficit habitacional está entre 11,70% a 14,50%;
		3 - Moderado	Quando o déficit habitacional está entre 9,65% a 11,70%;
		2 - Fraco	Quando o déficit habitacional está entre 8,40% a 9,65%;
		1 - Nulo	Quando o déficit habitacional está entre 5,80% a 8,40%.
10. Drenagem pública	Utilizou-se o conceito da necessidade de atender a população com rede de drenagem para escoamento das águas fluviais e pluviais conforme determina no marco legal do saneamento básico Lei 14.026 de 2020 (BRASIL, 2020) em seu artigo 2º inciso IV - disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais. Atender 100% a população com rede de drenagem nas áreas urbanas	4 - Forte	Quando a rede de drenagem pública atende entre 0% a 30% da área urbana;
		3 - Moderado	Quando a rede de drenagem pública atende entre 31% a 59% da área urbana;
		2 - Fraco	Quando a rede de drenagem pública atende entre 60% a 89% da área urbana;
		1 - Nulo	Quando a rede de drenagem pública atende entre 90% a 100% da área urbana.
11. Coleta e tratamento de esgotamento sanitário	Meta estipulada no PCS no eixo 2 e no ODS 14 e 6 Meta 14.1: Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos e Meta 6.2: Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto. Atender 100% a população com rede de coleta e tratamento de esgoto sanitário	4 - Forte	Quando menos de 49% de domicílios urbanos estão ligados a rede de esgoto sanitário;
		3 - Moderado	Quando entre 79% a 50% de domicílios urbanos estão ligados a rede de esgoto sanitário;
		2 - Fraco	Quando entre 99% a 80% de domicílios urbanos estão ligados a rede de esgoto sanitário.
		1 - Nulo	Quando 100% de domicílios urbanos estão ligados a rede de esgoto sanitário.
12. Serviços urbanos ambientais	Utilizou-se a meta estipulada no PCS. Atender a cada 10 mil habitantes com 1 serviços urbanos sendo eles: praças, jardins, horta e compostagem comunitária.	4 - Forte	Quando para cada 15.001 habitantes 1 serviço urbano é ofertado;
		3 - Moderado	Quando entre 12.001 a 15.000 habitantes 1 serviço urbano é ofertado;
		2 - Fraco	Quando entre 10.001 a 12.000 habitantes 1 serviço urbano é ofertado;

		1 - Nulo	Quanto para 10.000 habitantes 1 serviço urbano é ofertado.
13. Serviços para Saúde humana	Utilizou-se a meta já estabelecida no ODS 3.8: Atingir a cobertura universal de saúde, incluindo a proteção do risco financeiro, o acesso a serviços de saúde essenciais de qualidade e o acesso a medicamentos e vacinas essenciais seguros, eficazes, de qualidade e a preços acessíveis para todos. Atender a meta do ODS em números de unidades básicas de saúde	4 - Forte	Quando existe 1 unidade básicas de saúde para cada 15 mil habitantes ou acima;
		3 - Moderado	Quando existe 1 unidade básicas de saúde entre 12 mil a 15 mil habitantes;
		2 - Fraco	Quando existe 1 unidade básicas de saúde entre 10 mil a 12 mil habitantes;
		1 - Nulo	Quando existe 1 unidade básicas de saúde para até 10 mil habitantes.
14. Serviços de controle de Poluição Ambiental	Fiscalização ambiental é um instrumento da política nacional do meio ambiente conforme lei federal 6.938/81, é uma ação que o Estado, os Municípios e a União podem praticar. A base normativa se encontra nesta Lei que dispõe sobre o SISNAMA. Atender a população com serviços de controle de fiscalização ambiental e equipes de licenciamento	4 - Forte	Quando a estrutura do município apresenta 1 agente ambiental para cada 30.001 habitantes ou mais;
		3 - Moderado	Quando a estrutura do município apresenta 1 agente ambiental entre 20.001 a 30.000 habitantes;
		2 - Fraco	Quando a estrutura do município apresenta 1 agente ambiental entre 10.001 a 20.000 mil habitantes;
		1 - Nulo	Quando a estrutura do município apresenta 1 agente ambiental para cada 10.000 habitantes.
15. Serviços de Coleta de resíduos sólidos	Utilizou-se a meta já estabelecida no Programa Cidades Sustentáveis eixo 9 acessos ao serviço de coleta de resíduo doméstico. Atender 100% a população com serviços de coleta de resíduos sólidos	4 - Forte	Quando 69% ou menos de domicílios urbanos são atendidos pela coleta de resíduos sólidos;
		3 - Moderado	Quando 89% a 70% de domicílios urbanos são atendidos pela coleta de resíduos sólidos;
		2 - Fraco	Quando 99% a 90% de domicílios urbanos são atendidos pela coleta de resíduos sólidos;
		1 - Nulo	Quando 100% de domicílios urbanos são atendidos pela coleta de resíduos sólidos.

**APÊNDICE b - Matriz de Risco Ambiental Elaborada com Três Atributos: Intensidade, Magnitude e Importância**

EIXO	Indicadores Ambientais	Intensidade	Magnitude	Importância	Somatória
Serviços Ecossistêmicos	1. Hidrografia				
	2. Inundação e alagamento				
	3. Geologia, Solo e Suscetibilidade à erosão				
	4. Cobertura vegetal				
	5. Áreas protegidas: áreas de preservação permanente				
Serviços de Infraestrutura	6. Uso e ocupação do solo				
	7. Atendimento Energia Elétrica				
	8. Abastecimento de água				
	9. Habitação				
	10. Drenagem pública				
	11. Coleta e tratamento de esgotamento sanitário				
	12. Serviços urbanos ambientais				
	13. Serviços para Saúde humana				
	14. Serviços de controle de Poluição Ambiental				
	15. Serviços de Coleta de resíduos sólidos				
			Somatória		

