

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA EM PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL

Denisson Coelho da Silva

**Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais como Estratégia
de Gestão de Riscos de Desastres Naturais no Estado do Pará**

Juiz de Fora

2024

Denisson Coelho da Silva

Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais como Estratégia de Gestão de Riscos de Desastres Naturais no Estado do Pará

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil.

Orientador: Msc. Cel. BMMG. Alexandre Humia Casarim

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silva, Denisson Coelho da.

Sistema miyawaki de restauração de ecossistemas florestais como estratégia de gestão de riscos de desastres naturais no estado do Pará / Denisson Coelho da Silva. -- 2024.

70 f. : il.

Orientador: Alexandre Humia Casarim

Trabalho de Conclusão de Curso (especialização) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Especialização em Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil, 2024.

1. Cidades Resilientes. 2. Desastres. 3. Minifloresta. 4. Mudanças Climáticas. I. Casarim , Alexandre Humia, orient. II. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA EM PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL

Ata da sessão pública referente à defesa do Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado "Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais como Estratégia de Gestão de Riscos de Desastres Naturais no Estado do Pará" pelo discente Denisson Coelho da Silva, matrícula 112960050, sob orientação do professor do curso Alexandre Humia Casarim.

Aos 17 dias do mês de junho do ano de 2024, às 8 horas, na modalidade virtual, reuniu-se a Banca Examinadora do TCC em epígrafe, com a seguinte composição:

Orientador: Me. Cel. Alexandre Humia Casarim (CBMMG).

Examinador 1: Dr. Celso Bandeira de Melo Ribeiro (UFJF).

Examinador 2: Me. Cap. Carlos Eduardo Guilarducci Fonseca (CBMMG).

Tendo o senhor Presidente declarado aberta a sessão, mediante o prévio exame do referido trabalho por parte de cada membro da Banca, o discente procedeu a apresentação de seu Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-graduação lato sensu e foi submetido à arguição pela Banca Examinadora que, em seguida, com base na nota 9,27 calculada pela planilha de avaliação do curso, deliberou sobre o seguinte resultado:

() Reprovação por nota (Conceito R)

(x) Aprovação por nota (Conceito A).

Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Celso Bandeira de Melo Ribeiro, Professor(a)**, em 25/07/2024, às 10:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Eduardo Guilarducci Fonseca, Usuário Externo**, em 25/07/2024, às 10:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Humia Casarim, Usuário Externo**, em 25/07/2024, às 17:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1884519** e o código CRC **6997A9C4**.

Referência: Processo nº 23071.908703/2023-44

SEI nº 1884519

Dedico esta monografia aos meus pais, em agradecimento ao apoio incondicional e ao esforço incansável para me sustentar em todas as fases da vida. O meu laço mais estreito com o tempo!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por ter me possibilitado chegar aonde estou, por todos os momentos únicos ao lado de pessoas maravilhosas que colocou ao meu redor e por ter me abençoado a cada dia de minha vida.

Aos meus pais, expresso minha profunda gratidão pelos sentimentos nobres e pelos valores fundamentais que me transmitiram ao longo da vida. São exemplos que levarei comigo para sempre.

Ao meu amado irmão, por ser parte fundamental da minha jornada.

Ao Prof^o. Msc. Cel. BMMG. Alexandre Humia Casarim, por suas orientações precisas, ensinamentos enriquecedores, paciência incansável e incentivo constante, o meu muito obrigado.

Ao Prof^o. Dr. Celso Bandeira de Melo Ribeiro e ao Prof^o. Msc. Cap. BMMG. Carlos Eduardo Guilarducci Fonseca, pelas colaborações fornecidas, o meu muito obrigado.

A Coordenação do curso de Pós-Graduação em Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil e, em especial, a Prof^a. Dra. Tatiana Tavares Rodriguez, por todo o apoio oferecido ao longo desta jornada.

Ao Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais e à Universidade Federal de Juiz de Fora, em especial à Faculdade de Engenharia, e a todos os professores do curso de Pós-Graduação em Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil, pelos valiosos conhecimentos transmitidos.

Ao Instituto Amigos da Floresta Amazônica, em especial a Josiane da Silva Sousa Mattos e Isabelle Cristine da Silva Sousa Botelho, por disponibilizarem os dados necessários para a realização da pesquisa.

A Diretora Operacional de Proteção e Defesa Civil de Ananindeua, Janny Cristina Barata de Melo, pela amizade a mim dedicada e pela contribuição.

A todos os colegas do curso de Pós-Graduação em Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil, expresso meu afeto e carinho por estarmos juntos e por sempre nos apoiarmos mutuamente.

.

"O homem é parte da natureza e sua guerra contra a natureza é inevitavelmente uma guerra contra si mesmo... Temos pela frente um desafio como nunca a humanidade teve, de provar nossa maturidade e nosso domínio, não da natureza, mas de nós mesmos".

(RACHEL CARSON - PRIMAVERA SILENCIOSA)

RESUMO

Os crescentes registros de eventos climáticos extremos representam um desafio significativo para a adaptabilidade e resiliência das cidades, especialmente em meio à urbanização densa e ao aumento da ocorrência de fenômenos climáticos atípicos. Esses eventos, em parte atribuídos à ação humana, como a conversão de áreas florestais em espaços urbanos, acarretam impactos ambientais, econômicos e sociais. Nesse contexto, a Gestão de Riscos de Desastres (GRD) desempenha um papel crucial na mitigação dos efeitos adversos desses eventos. O presente estudo tem como objetivo avaliar a implementação do Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais (SIMREF), considerando sua expansão, os custos envolvidos e a influência na gestão de riscos de desastres naturais em Belém, Pará, Brasil. A metodologia empregada incluiu a definição da área de estudo, visitas técnicas, revisão bibliográfica, análise documental e estudo de caso conduzido pelo Instituto Amigos da Floresta Amazônica (ASFLORA), tabulação e análise dos dados com o Microsoft Excel®, além da sistematização das etapas anteriores e apresentação da conclusão. Os resultados destacaram que o SIMREF implementado pelo instituto ASFLORA se mostra como uma Solução Baseada na Natureza (SbN) promissora para a GRD. Ao oferecer uma abordagem sustentável e integrada fundamentada em processos naturais para enfrentar os desafios ambientais e climáticos específicos de Belém, o SIMREF demonstra não só viabilidade econômica, mas também eficácia ambiental. Essa estratégia se destaca como uma solução economicamente sustentável para fortalecer a resiliência urbana diante dos desafios presentes e futuros relacionados a desastres de origem hidrológica, geológica, meteorológica e climatológica.

Palavras-chave: Cidades Resilientes. Desastres. Minifloresta. Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

Increasing records of extreme weather events represent a significant challenge to the adaptability and resilience of cities, especially amid dense urbanization and the increased occurrence of atypical weather phenomena. These events, partly attributed to human action, such as the conversion of forest areas into urban spaces, have environmental, economic and social impacts. In this context, Disaster Risk Management (DRM) plays a crucial role in mitigating the adverse effects of these events. The present study aims to evaluate the implementation of the Miyawaki Forest Ecosystem Restoration System (SIMREF), considering its expansion, the costs involved and the influence on natural disaster risk management in Belém, Pará, Brazil. The methodology used included the definition of the study area, technical visits, bibliographic review, document analysis and case study conducted by the Instituto Amigos da Floresta Amazônica (ASFLORA), tabulation and analysis of data with Microsoft Excel®, in addition to the systematization of the steps previous results and presentation of the conclusion. The results highlighted that SIMREF implemented by the ASFLORA institute appears to be a promising Nature-Based Solution (NbS) for DRM. By offering a sustainable and integrated approach based on natural processes to address Belém's specific environmental and climate challenges, SIMREF demonstrates not only economic viability, but also environmental effectiveness. This strategy stands out as an economically sustainable solution to strengthen urban resilience in the face of present and future challenges related to disasters of hydrological, geological, meteorological and climatological origin.

Keywords: Resilient Cities. Disasters. Miniforest. Climate changes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Mapeamento dos diversos tipos de desastres nas regiões brasileiras.....	20
Figura 2	– Registros de desastres naturais em Belém, Pará, no período de 1991 a 2023.....	23
Figura 3	– Perfil esquemático do processo de enchente, inundação e alagamento.....	24
Figura 4	– Ciclo de gestão de risco e gerenciamento de desastres em Proteção e Defesa Civil.....	25
Figura 5	– Ciclo de gerenciamento de um desastre.....	27
Figura 6	– Tipologias de Soluções Baseadas na Natureza (SbN).....	28
Figura 7	– Representação Esquemática do Sistema Miyawaki de Restauração Florestal (SIMREF).....	37
Figura 8	– Fluxograma do Processo de desenvolvimento da pesquisa.....	39
Figura 9	– Mapa de Localização do Município de Belém, Pará.....	41
Figura 10	– Serviços ecossistêmicos fornecidos pelo Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais, no Estado do Pará.....	47
Figura 11	– Custos por atividade para restaurar 300 m ² no Estado do Pará por meio do Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais, em 2024.....	48
Figura 12	– Área restaurada em m ² e o quantitativo de mudas plantadas em Belém, PA, utilizando o Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais, entre 1992 a 2023.....	51
Figura 13	– Plantio de mudas no Parque Estadual do Utinga Camillo Vianna, em Belém, PA, utilizando o Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais, 2019.....	52
Figura 14	– Área de plantio adensado no Parque Estadual do Utinga Camillo Vianna, em Belém, PA, utilizando o Sistema Miyawaki de Restauração Florestal, 2023.....	54
Figura 15	– Promoção da educação ambiental no Parque Estadual do Utinga Camillo Vianna, em Belém, PA, 2019.....	55
Figura 16	– Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Classificação dos desastres quanto à intensidade, evolução e origem.....	19
Tabela 2	– Ranking das tipologias pelos danos materiais e prejuízos no Brasil, de 1991 a 2023.....	21
Tabela 3	– Ranking de ocorrência de desastres no estado do Pará, de 1991 a 2023.....	22
Tabela 4	– Contribuição das Soluções Baseadas na Natureza Urbanas.....	30
Tabela 5	– Área restaurada em hectares e o quantitativo de mudas plantadas no Estado do Pará, utilizando o Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais, entre 1992 a 2023.....	45
Tabela 6	– Estimativa ¹ anual em dólares (US\$) dos custos dos principais serviços ecossistêmicos.....	50
Tabela 7	Relação entre chuvas, cobertura vegetal e escoamento superficial.....	53
Tabela 8	– Articulação entre o Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais e a Gestão de Riscos e Desastres em Belém, Pará, Brasil.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASFLORA	Instituto Amigos da Floresta Amazônica
COBRADE	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
GRD	Gestão de Riscos de Desastres
IUCN	União Internacional para Conservação da Natureza
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PNDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
RRD	Redução de Riscos de Desastres
SbN	Serviços Baseados na Natureza
SEDEC	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
SIMREF	Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	DESASTRES NATURAIS.....	17
2.1.1	Classificação dos Desastres	18
2.1.2	Desastres Naturais no Brasil.....	19
2.1.2.1	Desastres Naturais no Pará.....	22
2.1.2.2	Desastres Naturais em Belém.....	23
2.2	GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES.....	25
2.3	SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA.....	28
2.4	SISTEMA MIYAWAKI DE RESTAURAÇÃO.....	32
2.4.1	Levantamento Florístico e Fitossociológico.....	33
2.4.2	Recuperação do Solo.....	34
2.4.3	Densidade e Diversidade de Espécies Florestais.....	35
3	MATERIAL E MÉTODO.....	38
3.1	METODOLOGIA.....	38
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
3.2.1	Localização da Área e Limites do Município de Belém.....	40
3.2.2	Aspectos Fisiológicos.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
4.1	EXPANSÃO DO SISTEMA MIYAWAKI NO PARÁ	45
4.2	CUSTOS ENVOLVIDOS NO SISTEMA MIYAWAKI.....	48
4.3	SISTEMA MIYAWAKI NA REDUÇÃO DE DESASTRES NATURAIS.....	50
5	CONCLUSÃO.....	59
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

Os crescentes registros de eventos extremos refletem uma realidade alarmante em nossa sociedade atual, com fenômenos climáticos e/ou meteorológicos ocorrendo em volume acentuado e fora dos padrões habituais, cuja intensificação pode ser atribuída à ação humana, gerando impactos significativos no meio ambiente, na economia e na sociedade (FIEP, 2024). Tais eventos abrangem diversas categorias, classificados como de origem hidrológica (inundações, alagamentos, enchentes e deslizamentos); geológicos ou geofísicos (processos erosivos, de movimentação de massa); meteorológicos (raios, chuvas intensas e vendavais); e climatológicos (estiagem e seca, queimadas e incêndios florestais) (TOMINAGA et al., 2009).

Esses eventos, por exemplo, impactam as regiões urbanas, especialmente em áreas metropolitanas densamente povoadas. Haja vista, que a conversão de áreas anteriormente cobertas por florestas em zonas urbanas agrava esse impacto, favorecendo a formação de um "efeito estufa" localizado, o surgimento de ilhas de calor e outros eventos extremos (SANTOS, 2010). Essas alterações climáticas elevam as temperaturas, causam uma redução na pressão atmosférica e geram padrões locais de circulação que favorecem a concentração de umidade, resultando em anomalias na precipitação nessas regiões (LOMBARDO, 1985).

De acordo com o relatório da Organização Meteorológica Mundial (OMM) de 2023, essas alterações são decorrentes do aquecimento global, impulsionado pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa (ONU, 2023). Um exemplo concreto é o El Niño de 2023, que tem provocado extremos climáticos, com alternância entre chuvas intensas e secas prolongadas (ANA, 2023). Assim sendo, é fundamental a implementação de uma Gestão de Riscos de Desastres (GRD) eficaz e preventiva para reduzir a vulnerabilidade e a exposição da população a eventos climáticos extremos.

Nesse contexto, a integração de conhecimentos especializados e ações coordenadas nas esferas climática, ecológica, social e econômica se tornam essenciais (GIZ, 2015). Dessa forma, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) emergem como estratégias sustentáveis fundamentais para a GRD, ao destacar “uma abordagem inovadora que reconhece o valor intrínseco da natureza nos processos adaptativos” (OLIVEIRA et al., 2023). As SbN englobam iniciativas como

parques lineares e telhados verdes, promoção da agricultura urbana, estabelecimento de corredores ecológicos e criação de miniflorestas.

Essas intervenções são essenciais para enfrentar desafios urbanos como inundações, alagamentos, ilhas de calor, escassez hídrica e poluição (OLIVEIRA et al., 2023). Portanto, contribuem para a melhoria da qualidade de vida, o fortalecimento da resiliência climática, o estímulo à inclusão social e equidade, o aumento da eficiência econômica, a preservação da biodiversidade e o fomento à GRD sobre os impactos das mudanças climáticas nas cidades. Assim, trata-se de uma iniciativa inovadora que traz benefícios sociais, ambientais e econômicos para a sociedade (FRAGA; SAYAGO, 2020).

Diante desse cenário, vale ressaltar a implementação do Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais (SIMREF), também conhecido como miniflorestas, no Estado do Pará, sob a coordenação do Instituto Amigos da Floresta Amazônica (ASFLORA), como uma potencial SbN para reduzir os riscos de desastres naturais em áreas urbanas. No município de Belém, por exemplo, foram plantadas 232.318 mudas de forma adensada em uma área de 9,32 hectares no período de 1992 a 2023 (ASFLORA, 2024). Essa iniciativa desempenha um papel fundamental na restauração do ecossistema do município, especialmente diante da expressiva perda de aproximadamente 54,73% da cobertura vegetal original entre os anos de 1976 e 1997, conforme evidenciado por meio das imagens obtidas pelo satélite LANDSAT-TM (ANUÁRIO, 2020).

Por conseguinte, ao atuar como barreiras naturais, o SIMREF pode auxiliar na mitigação dos eventos extremos. Isso se deve ao fato de que os aspectos geomorfológicos e climáticos do município exercem uma influência significativa na manutenção de uma condição constante de risco ambiental. As áreas de várzea, em conjunto com um índice pluviométrico médio de aproximadamente 3000 mm por ano e as alterações resultantes da urbanização, contribuem para a ocorrência de alagamentos, inundações e erosão costeira, especialmente durante a estação mais chuvosa entre os meses de dezembro e maio, período em que as precipitações se intensificam, caracterizando o conhecido "inverno amazônico" (MORAES et al., 2005; SANTOS, 2009; FREITAS; XIMENES, 2012).

Ademais, as áreas restauradas possuem a capacidade de sequestrar grandes volumes de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera, absorver ruídos, regular a temperatura, gerenciar o ciclo hidrológico, proteger o solo contra a erosão, preservar

a biodiversidade, filtrar a poluição ambiental e reduzir a poluição do ar (BUCKERIDGE, 2015). Por outro lado, a restauração também é prioridade nas políticas públicas brasileiras. De acordo com o relatório do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), o Brasil comprometeu-se, no Acordo de Paris, a restaurar 12 milhões de hectares de florestas até 2030 (MMA, 2019).

Dentro desse contexto, a formulação do problema de pesquisa se concentra na seguinte questão: "De que maneira a implementação do Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais (SIMREF) pode contribuir para a redução dos riscos de desastres naturais em Belém, Pará, Brasil?"

Com o propósito de abordar essa questão, o presente estudo foi organizado em cinco capítulos distintos.

Além desta introdução, que contextualiza o tema juntamente com os objetivos gerais e específicos, e apresenta a divisão do conteúdo dos capítulos subsequentes nos quais o trabalho está estruturado. No segundo capítulo é conduzida uma revisão da literatura, enfatizando as consultas realizadas em obras e por autores relevantes para fundamentar teoricamente a temática da proteção e defesa civil, bem como da restauração florestal.

No terceiro capítulo, é detalhada a metodologia adotada, englobando a dinâmica, os parâmetros e as ferramentas utilizadas para coleta e análise dos dados. Essa seção desempenha um papel crucial na validação da estrutura do estudo. Já no quarto capítulo, são apresentados os resultados alcançados e as discussões pertinentes a esses achados. Por fim, no quinto capítulo, são expostas as conclusões da pesquisa, os benefícios do sistema analisado e sua viabilidade para futuras aplicações e estudos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a implementação do Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais (SIMREF), considerando sua expansão, os custos envolvidos e a influência na gestão de riscos de desastres naturais em Belém, Pará, Brasil.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar os objetivos específicos, serão abordados os seguintes tópicos:

- a) Identificar os elementos essenciais para embasar um referencial teórico consistente para a compreensão do estudo;
- b) Analisar ao longo do período de 1992 a 2023 a expansão da implementação do SIMREF no Estado do Pará;
- c) Quantificar os custos envolvidos na implementação do SIMREF;
- d) Realizar uma avaliação do impacto do SIMREF na redução de desastres naturais em Belém.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESASTRES NATURAIS

A expressão “desastres naturais” tem sido considerada inadequada pela comunidade especializada, uma vez que a maioria dos desastres consiste em eventos (de causa natural, humana ou mista) capazes de comprometer funções ambientais ou causar danos a interesses humanos, mediados por alguma mudança ambiental (FARBER; FAURE, 2010). Dentre estas mudanças “destacam-se a impermeabilização do solo, o adensamento das construções, a conservação de calor, a poluição do ar, a compactação dos solos, o assoreamento dos rios, os desmatamentos e as queimadas” (KOBİYAMA et. al., 2006, p. 01).

Embora frequentemente utilizados de maneira intercambiável, os termos "causa natural, humana e/ou mista" possuem distinções conceituais. Os desastres naturais decorrem de “fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade atingida em conviver com impacto” (TOMINAGA, 2009, p.14). Já os desastres humanos ou antropogênicos, podem decorrer de “ações ou omissões humanas e que estão relacionados com a atividade do homem, como agente ou autor” (TOMINAGA et al., 2009, p.14).

Por sua vez, os desastres mistos estão mais associados ao crescimento populacional, à ocupação desordenada e ao intenso processo de urbanização e industrialização, o que torna difícil distinguir o que é puramente natural. Portanto, os desastres mistos

[...] resultam das tentativas humanas em dominar a natureza, que, em sua maioria, acabam derrotadas. Além do que, quando não são aplicadas medidas para a redução dos efeitos dos desastres, a tendência é aumentar a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos (KOBİYAMA et. al., 2006, p. 01).

Segundo a EIRD/ONU (2009), em geral, um desastre pode ser definido como

uma grave interrupção do funcionamento de uma comunidade ou sociedade em qualquer escala devido a eventos perigosos que interagem com condições de exposição, vulnerabilidade e capacidade, levando a um ou mais dos seguintes: perdas e impactos humanos, materiais, econômicos e ambientais.

Portanto, ao reconhecer a complexidade dos desastres e sua relação intrínseca com as ações humanas, torna-se imprescindível promover uma cultura de redução de riscos, entendida como

[...] um conjunto de práticas sociais acerca da proteção social com relação aos riscos. Trata-se, portanto, de hábitos e comportamentos que promovam à redução de riscos, por meio da minimização das ameaças e vulnerabilidades, potencialização das capacidades e garantia de proteção e segurança social (FURTADO, 2012, p. 07).

De acordo com Kobiyama et al. (2006), para promover a cultura de redução de riscos, existem duas categorias fundamentais de medidas preventivas: as estruturais e as não estruturais. As medidas estruturais abrangem intervenções de engenharia, como aquelas direcionadas ao controle de inundações, tais como barragens, diques, realinhamento de rios, restauração florestal, entre outras. Por outro lado, as medidas não estruturais geralmente envolvem ações de planejamento e gestão, como sistemas de alerta e zoneamento ambiental.

Embora minimizem o problema em curto prazo, as medidas estruturais são dispendiosas, paliativas e frequentemente resultam em outros impactos ambientais, criando uma falsa sensação de segurança, como destacado no caso do Furacão Katrina em New Orleans, EUA, que resultou em um prejuízo de 80 bilhões de dólares e na perda de mais de 1.800 vidas (KNABB et al., 2005). Por outro lado, as medidas não estruturais, como mapeamentos, análises de vulnerabilidade, zoneamentos das áreas de risco e educação ambiental, são de baixo custo, de fácil aplicação e possibilitam uma correta percepção do risco (ISDR, 2004).

2.1.1 Classificação dos Desastres

Os desastres são classificados pelo Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) com base em sua intensidade, evolução e origem (BRASIL, 2012; BRASIL, 2022) (Tabela 1). A intensidade de um desastre decorre da interação entre a magnitude do evento adverso e o nível de vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos afetados. Em muitas situações, o principal fator que amplifica um desastre é o grau de vulnerabilidade dos elementos expostos, incluindo infraestruturas, comunidades e ecossistemas (CASTRO, 2003).

Tabela 1: Classificação dos desastres quanto à intensidade, evolução e origem.

Intensidade	<p>Desastres de Nível I ou de pequena intensidade: aqueles em que há danos humanos, materiais e ambientais além de prejuízos econômicos e sociais, mas que a situação de normalidade pode se restabelecer com os recursos mobilizados a nível local, por meio do emprego de medidas administrativas excepcionais previstas na ordem jurídica.</p> <p>Desastres de Nível II ou de média intensidade: aqueles em que há danos humanos, materiais e ambientais além de prejuízos econômicos e sociais expressivos e que a situação de normalidade precisa ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local e complementados com o aporte de recursos dos demais entes federativos; e</p> <p>Desastres de Nível III ou de grande intensidade: aqueles em que há vultosos danos humanos, materiais e ambientais além de prejuízos econômicos e sociais, com sério e relevante comprometimento do funcionamento das instituições públicas locais ou regionais, impondo-se a mobilização e a ação coordenada das três esferas de atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, e, eventualmente de ajuda internacional, para o restabelecimento da situação de normalidade.</p>
Evolução	<p>Súbitos ou de evolução aguda: se caracterizam pela velocidade com que o processo evolui e pela violência dos eventos adversos, podendo ocorrer de forma inesperada e surpreendente ou ter características cíclicas e sazonais.</p> <p>Graduais ou de evolução crônica: se caracterizam por evoluírem em etapas de agravamento progressivo.</p>
Origem	<p>Naturais: causados por processos ou fenômenos naturais.</p> <p>Tecnológicos: originados de condições tecnológicas ou industriais, incluindo acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infraestrutura ou atividades humanas específicas.</p>

Fonte: Brasil (2012) e Brasil (2022).

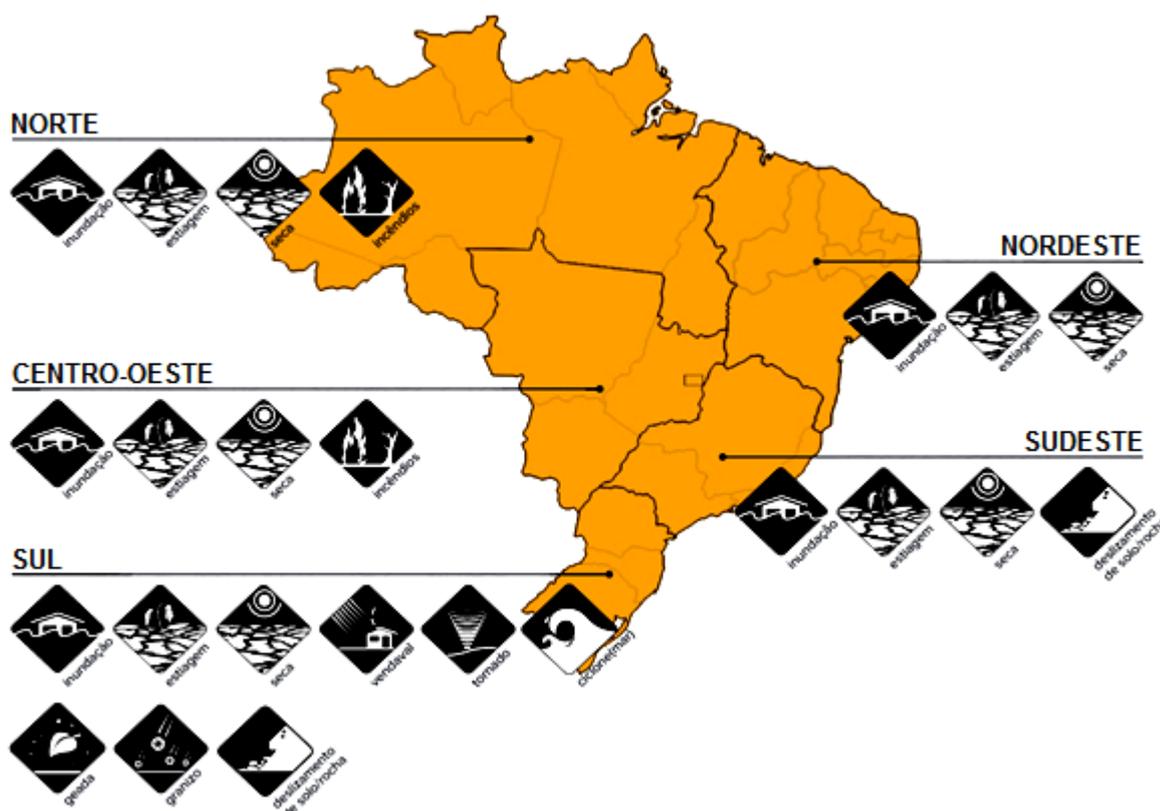
Segundo a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), os desastres: i) naturais, incluem os geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climatológicos, e biológicos, e todos os seus respectivos subgrupos; e ii) tecnológicos, estão relacionados a substâncias radioativas, produtos perigosos, incêndios urbanos, obras civis, transporte de passageiros e cargas não perigosas (BRASIL, 2012). Entre os desastres naturais mais comuns, destacam-se os deslizamentos de encostas, os alagamentos e os vendavais, que trazem, por consequência, inúmeros prejuízos que envolvem perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão (TOMINAGA et al., 2009; SCORTEGAGNA; REBOLHO, 2010).

2.1.2 Desastres Naturais no Brasil

No Brasil, as ocorrências de desastres naturais estão diretamente relacionadas às dimensões continentais do país, o que resulta em características regionais distintas. Por essa razão, o padrão dos desastres varia de uma região para outra. Por exemplo, o relevo acidentado das regiões Sul e Sudeste propicia deslizamentos de terra, comumente associados a chuvas intensas e inundações (UNASUS/UNIFESP, 2016).

De acordo com os dados da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) e do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/UFSC), publicados no atlas digital de desastres no Brasil, os tipos que mais afetam as regiões brasileiras são: “seca e estiagem; inundação brusca; inundação gradual; vendaval e/ou ciclone e granizo. Esses desastres de origem natural têm incidência regional diferenciada” (Figura 1) (BRASIL, 2017, p.24).

Figura 1: Mapeamento dos diversos tipos de desastres nas regiões brasileiras.



Fonte: Adaptado de Freitas e Rocha (2014).

Os desastres na região Norte do Brasil revelam uma concentração expressiva em eventos de origem hidrológica, notavelmente as inundações, que ocorrem frequentemente devido às intensas precipitações e à extensa rede fluvial que perpassa essa área. Além disso, fenômenos climatológicos, como estiagens prolongadas, secas e incêndios florestais, são recorrentes nesse território em virtude do clima (FREITAS; ROCHA, 2014). Dessa forma, a região se depara com desafios persistentes relacionados a uma diversidade de desastres naturais, o que a torna suscetível a eventos adversos decorrentes tanto das condições climáticas quanto das atividades antrópicas impactantes sobre o meio ambiente.

De acordo com o MDR (2024), no período de 1991 a 2023, os danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil totalizaram 702,7 bilhões de reais. As principais perdas foram causadas pela estiagem e seca, somando 392,7 bilhões de reais, seguidas pelas chuvas intensas, com 87 bilhões de reais, e pelas enxurradas, com 82,3 bilhões de reais (Tabela 2).

Tabela 2: Ranking das tipologias pelos danos materiais e prejuízos no Brasil, de 1991 a 2023.

RANKING	DESASTRES	OCORRÊNCIA	DANOS E PREJUÍZOS (R\$)
1º	Estiagem e Seca	30.705	392.666.898.848,25
2º	Chuvas Intensas	6.718	87.034.320.870,99
3º	Enxurradas	9.599	82.298.832.023,08
4º	Inundações	6.183	70.585.950.934,77
5º	Movimento de Massa	1.562	21.107.633.691,82
6º	Vendavais e Ciclones	4.247	16.615.209.258,95
7º	Granizo	2.078	11.665.791.335,47
8º	Alagamentos	1.873	9.156.831.721,82
9º	Erosão	685	3.804.520.565,26
10º	Outros	688	2.119.446.550,65
11º	Incêndio Florestal	2.067	2.108.872.826,04
12º	Onde de Frio	243	2.018.793.261,19
13º	Tornado	105	924.512.974,20
14º	Doenças Infecciosas	275	243.764.085,19
15º	Onde de Calor e Baixa Umidade	174	173.934.380,55
16º	Rompimento/Colapso de Barragens	28	119.265.651,34
TOTAL		67.230	702.644.578.979,57

Fonte: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (2024).

Os elevados custos relacionados aos danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil entre 1991 e 2023 são resultado de uma combinação de fatores complexos. A estiagem e a seca, por exemplo, têm impactos significativos na agricultura, pecuária e no abastecimento hídrico, resultando em perdas econômicas expressivas. Por outro lado, as chuvas intensas, enxurradas e inundações afetam tanto áreas urbanas quanto rurais, causando danos a infraestruturas, residências e propriedades. Além disso, o crescimento urbano desordenado pode ampliar as áreas vulneráveis a esses tipos de desastres.

2.1.2.1 Desastres Naturais no Pará

De acordo com o MDR (2024), no período de 1991 a 2023, o Estado do Pará contabilizou 1.616 ocorrências de desastres naturais. Entre essas ocorrências, destacam-se as inundações, com 357 registros, e as enxurradas, com 344 registros. No que diz respeito às inundações, os danos totais atingiram a cifra de 1.251 bilhões de reais, resultando em prejuízos de 967.3 bilhões de reais. No caso das enxurradas, os gastos totais com danos alcançaram 1.417 bilhões de reais, gerando prejuízos no valor de 754.4 bilhões de reais (Tabela 3).

Tabela 3: Ranking de ocorrência de desastres no estado do Pará, de 1991 a 2023.

RANKING	DESASTRES	REGISTRO	DANOS (R\$)	PREJUÍZOS (R\$)
1º	Chuvas Intensas	249	752.777.166,61	1.391.800.564,99
2º	Inundações	357	1.250.600.350,27	967.316.723,17
3º	Enxurradas	344	1.417.248.519,05	754.419.112,81
4º	Outros	127	232.227.941,66	404.976.801,64
5º	Estiagem e Seca	80	5.863.793,65	204.782.441,12
6º	Erosão	118	204.271.046,76	132.263.290,86
7º	Alagamentos	128	623.959.504,03	118.972.025,58
8º	Movimento de Massa	69	65.339.042,87	17.530.463,64
9º	Incêndio Florestal	47	673.799,34	16.403.796,38
10º	Vendavais e Ciclones	78	20.965.256,10	13.612.594,84
11º	Doenças Infecciosas	12	0,00	5.765.306,50
12º	Tornado	1	0,00	2.893.394,37
13º	Granizo	5	255.396,09	930.580,20
14º	Onde de Calor e Baixa Umidade	1	0,00	0,00
TOTAL		1.616	4.574.181.816,43	4.031.667.096,10

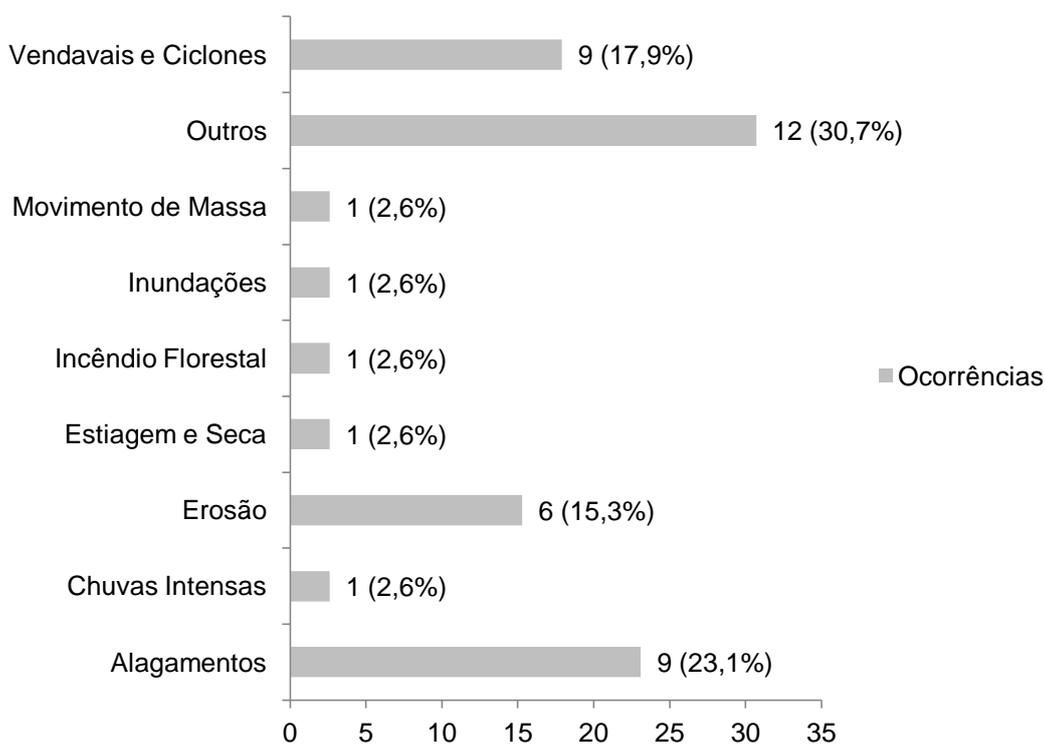
Fonte: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (2024).

Os custos elevados associados às inundações e enxurradas no Pará podem ser atribuídos a uma série de fatores. As inundações, por exemplo, geram impactos severos, afetando tanto áreas habitacionais quanto econômicas, o que contribui para o montante significativo de prejuízos. Da mesma forma, as enxurradas têm o potencial de causar danos substanciais às infraestruturas urbanas e rurais, resultando em prejuízos materiais expressivos.

2.3.2.2 Desastres Naturais em Belém

Conforme o MDR (2024), no período de 1991 a 2023, Belém registrou 39 ocorrências de desastres naturais, resultando em danos materiais no valor de 482,7 bilhões de reais. Desse montante, 480,7 bilhões foram decorrentes de danos materiais associados às ocorrências de alagamentos. Esses dados destacam a frequência e os impactos financeiros dos desastres naturais na região ao longo desses anos (Figura 2).

Figura 2: Registros de desastres naturais em Belém, Pará, no período de 1991 a 2023.



Fonte: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (2024).

Ao analisar os dados de desastres registrados em Belém no atlas digital, constatou-se uma discrepância significativa entre o número de ocorrências de alagamentos e inundações em relação à frequência relatada pela mídia local e aos registros na plataforma. Segundo Andrade (2021), a cidade enfrenta frequentes inundações e alagamentos, com maior incidência entre os meses de dezembro e maio, períodos em que as chuvas são mais intensas. De acordo com um estudo realizado no período de 1984 a 2013, foram registradas 146 ocorrências de pontos de alagamento distribuídos em 10 bacias hidrográficas (PONTES et al., 2017).

Além disso, a topografia de Belém, delimitada pelo Rio Guamá e pela Baía do Guajará, contribui para a vulnerabilidade da cidade. Esse cenário se intensifica em áreas com altitude continental de até 4 metros, onde alagamentos e inundações têm um impacto significativo sobre os habitantes locais. A ausência de cobertura vegetal nessas regiões acelera o escoamento da água, dificultando sua absorção pelo solo e agravando a situação (ANDRADE, 2021). Assim, a inclusão no atlas digital de apenas 9 alagamentos (23,1%) e 1 inundações (2,6%) no período de 1991 a 2023 não reflete fielmente a realidade das ocorrências documentadas em Belém.

Os termos "enchente", "inundação" e "alagamento" são considerados sinônimos em obras científicas. No entanto, reconhecemos que cada um possui significados distintos (Figura 3). A palavra "enchente" tem origem no latim "plenus", que significa "cheio". Segundo Gontijo (2007), as enchentes são fenômenos temporários que correspondem à ocorrência de vazões elevadas em um curso de água, podendo resultar na inundação de áreas marginais. Isso ocorre quando o fluxo de água em um trecho do rio excede a capacidade de drenagem da calha normal, levando ao transbordamento e à ocupação de uma área maior do leito (TUCCI, 1993; LEOPOLD, 1994).

Figura 3: Perfil esquemático do processo de enchente, inundação e alagamento.



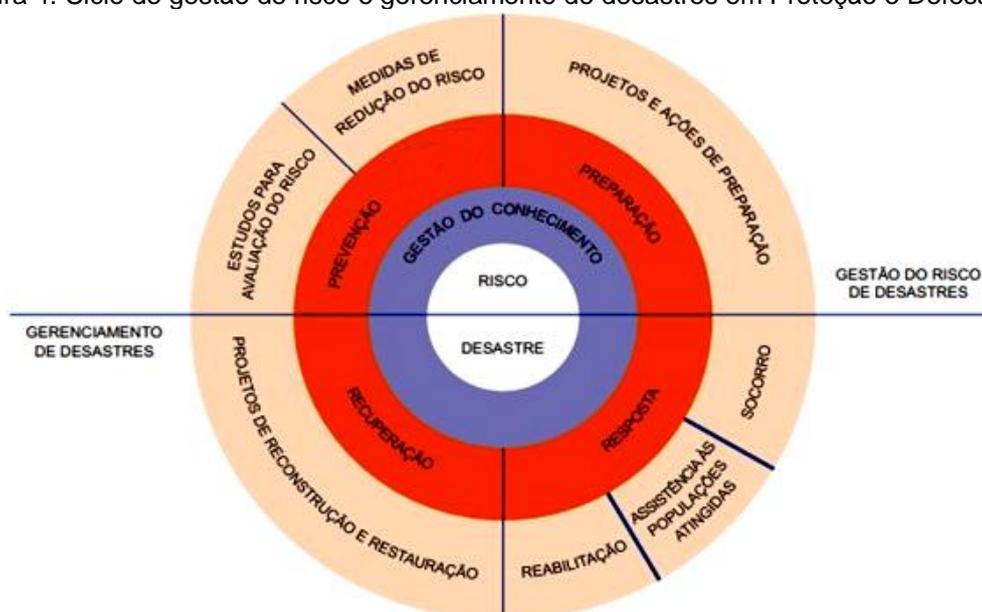
Fonte: Defesa Civil de São Bernardo dos Campos do Estado de São Paulo (2011).

Por conseguinte, "inundação" deriva do verbo inundar, que significa "ação ou efeito de inundar; transbordamento das águas, cobrindo certa extensão do terreno" (FERREIRA, 2009). E, os alagamentos frequentemente ocorrem em áreas planas, depressões e fundos de vales, onde o escoamento superficial é prejudicado pela topografia e pela ausência ou insuficiência de um sistema pluvial no ambiente urbano. Além disso, a reduzida extensão de áreas verdes resulta em menor infiltração de água no solo, o que diminui o abastecimento dos aquíferos suspensos e prejudica o suporte ao escoamento superficial, contribuindo para a ocorrência de alagamentos (TEODORO; NUNES, 2011).

2.2 GESTÃO DE RISCO E DESASTRES

A Gestão de Risco de Desastres (GRD) abrange um conjunto de decisões administrativas, organizacionais e operacionais desenvolvidas por sociedades e comunidades, visando estabelecer políticas, estratégias e fortalecer capacidades e resiliência para reduzir os impactos de ameaças e a ocorrência de possíveis desastres (EIRD/ONU, 2009). Nesse sentido, a GRD envolve a implementação de medidas preventivas e preparatórias, analisando as variáveis que possam estabelecer as relações de causa e efeito do elemento risco (Figura 4) (CEPED/UFSC, 2016).

Figura 4: Ciclo de gestão de risco e gerenciamento de desastres em Proteção e Defesa Civil.



Fonte: Adaptado de Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (2016).

Por outro lado, o gerenciamento de desastres abrange a organização e administração de recursos e responsabilidades para lidar com emergências durante as fases de resposta e recuperação após a ocorrência do desastre. Esta etapa, também denominada gestão de emergências ou gestão de desastres, engloba a elaboração de planos, estruturas e acordos que coordenam as ações do governo, entidades voluntárias e privadas para atender às necessidades associadas às emergências (EIRD/ONU, 2009).

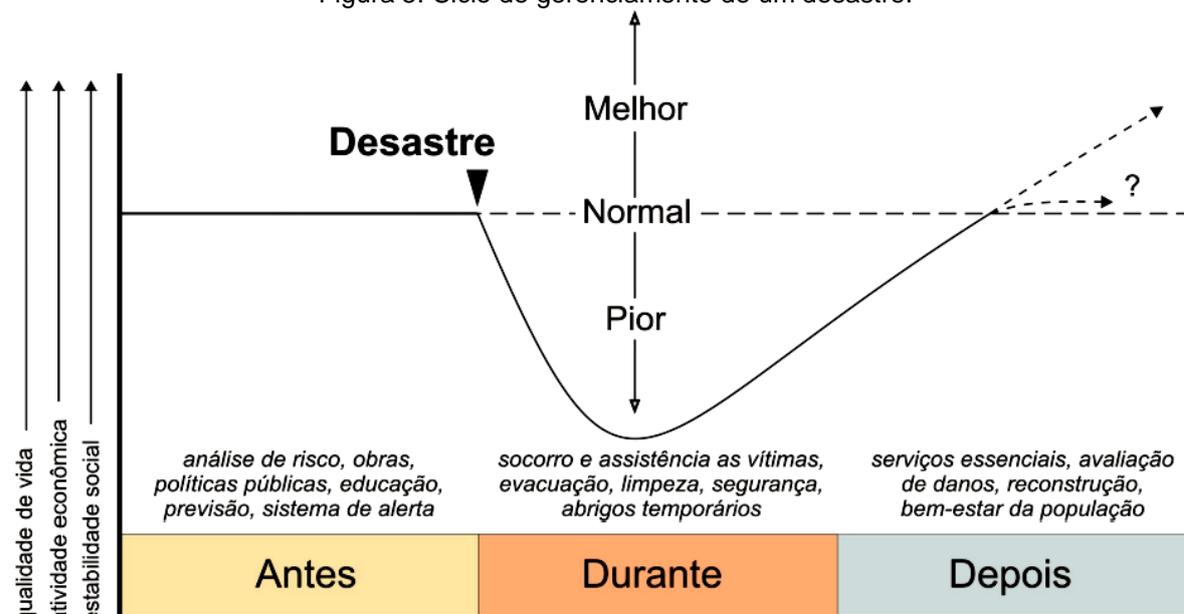
No Brasil, o sistema de gestão de riscos e gerenciamento de desastres, conforme previsto na Lei nº 14.750, de 12 de dezembro de 2023, é estruturado em quatro etapas: prevenção, preparação, resposta e recuperação (BRASIL, 2023). Nesse contexto, a administração de desastres inicia suas atividades pela fase de prevenção, implementando medidas para avaliar e mitigar os riscos. Posteriormente, por meio da fase de preparação, são adotadas ações para otimizar a prontidão do sistema de defesa civil frente aos desastres.

Caso o desastre se concretize, torna-se necessário implementar a resposta, isto é, adotar medidas de socorro, assistência às populações afetadas e reabilitação do cenário do desastre. Como resultado, a administração de desastres promove a recuperação/reconstrução, adotando medidas que restabelecem a normalidade da comunidade e que embasam a própria prevenção pela redução de vulnerabilidades. Dessa forma, o ciclo da administração se completa.

Essas ações ocorrem de maneira multissetorial nos três níveis de governo (federal, estadual e municipal), devendo ser avaliadas e conduzidas de forma contínua e consistente em cada fase do desastre (LAVELL, 2003). Toda ocorrência de desastres envolve basicamente três fases distintas: antes, durante e depois (Figura 5) (TOBIN; MONTZ, 1997).

Na fase "antes", que antecede a ocorrência de fenômenos extremos, ocorrem as etapas de prevenção e preparação para o impacto. Esta fase é crucial, pois é nela que são implementadas medidas para reduzir o impacto dos desastres, tais como análises de risco, execução de projetos de engenharia, elaboração de políticas públicas, educação ambiental em escolas e comunidades afetadas, entre outras ações. Nos momentos críticos que antecedem o impacto, destacam-se os sistemas de previsão (meteorológica e hidrológica) e alerta. O investimento significativo nesta fase pode reduzir a probabilidade de danos e até mesmo diminuir a frequência e intensidade dos desastres (SMITH, 2000; MIN, 2007).

Figura 5: Ciclo de gerenciamento de um desastre.



Fonte: Tobin e Montz (1997).

Durante a ocorrência de desastres, são executadas ações de resposta, abrangendo operações de socorro destinadas a ajudar a população afetada. Isso compreende atividades como busca e salvamento, primeiros socorros e atendimento pré-hospitalar. Adicionalmente, são

[...] realizadas também ações de assistência às vítimas, que visam garantir condições de cidadania aos atingidos como, por exemplo, o suprimento de alimentos, material de abrigo, vestuário, limpeza, higiene pessoal, entre outros. Já as ações de reabilitação são destinadas a dar condições de segurança e habitabilidade à área atingida pelo desastre, como o suprimento e distribuição de água potável e energia elétrica, serviços de limpeza urbana, drenagem das águas pluviais, transporte coletivo e a desobstrução e remoção de escombros (CEPED/RS-UFRGS, 2016, p. 18).

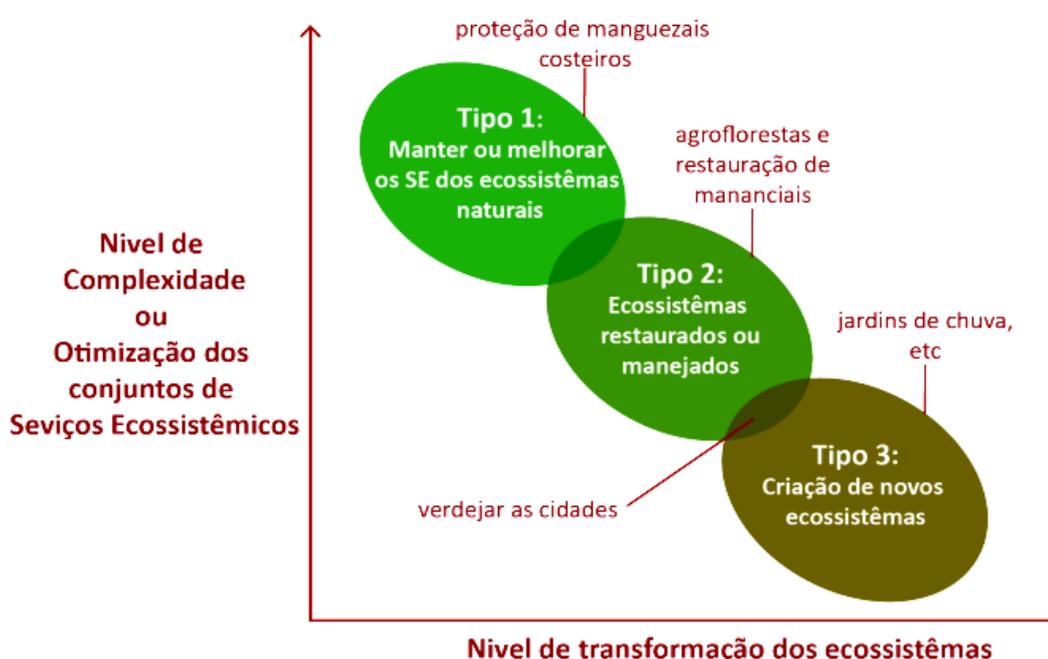
Depois da ocorrência de desastres, inicia-se a fase de reconstrução, cujo objetivo é restabelecer as funções essenciais de uma comunidade a médio e longo prazo, visando o bem-estar da população. Esta etapa busca recuperar as habitações e infraestruturas danificadas ou afetadas pelo desastre, reduzir a vulnerabilidade da região e aprimorar a segurança e qualidade de vida, sempre com foco na prevenção. O alvo é que a área afetada recupere suas atividades sociais e econômicas primárias, de maneira compatível com o ambiente circundante, resultando em uma melhoria na qualidade de vida local. Desta forma, espera-se que a vulnerabilidade e o risco de desastres diminuam naturalmente (CEPED/RS-UFRGS, 2016; SMITH, 2000; MIN, 2007).

2.3 SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

As Soluções Baseadas na Natureza (SbN) representam um conceito amplo desenvolvido pela União Europeia, que engloba estratégias de engenharia que imitam processos ecológicos em ecossistemas naturais, modificados ou artificiais, trazendo consigo benefícios ambientais, sociais e econômicos, além de contribuir para a resiliência ecossistêmica (WWAP, 2018; CARBONE et al., 2021). Desta forma, incluem ações para proteger, gerenciar, restaurar e sustentavelmente recuperar áreas rurais (KEESSTRA et al., 2018) ou urbanas (BOSCH; SANG, 2017) de maneira eficaz e adaptativa (CALLIARI, et al., 2019), contribuindo para promover a resiliência e sustentabilidade nas cidades diante dos desafios provenientes das mudanças climáticas e desastres (HERZOG; ROZADO, 2019).

As SbN podem ser interpretadas de diversas formas, dependendo da abordagem e perspectivas das partes interessadas. Uma das classificações mais comuns considera dois aspectos principais para categorizar as diferentes tipologias de ecossistemas sob a ótica das SbN: o nível de alteração de um ecossistema por meio de uma determinada SbN e a variedade de serviços ecossistêmicos fornecidos, bem como os grupos de atores envolvidos em uma determinada SbN (EGGERMONT et al., 2015, p. 245) (Figura 6).

Figura 6: Tipologias de Soluções Baseadas na Natureza (SbN).



Fonte: Adaptado de Eggermont et. al. (2015).

De acordo como Marques et al. (2021, p. 27):

O primeiro tipo de SbN consiste em soluções que causam pouca ou nenhuma modificação nos ecossistemas existentes, resultando na preservação ou melhoria dos SE já gerados por esses ecossistemas protegidos. Um exemplo desse tipo, no Brasil, são as Unidades de Conservação ou a proteção de manguezais em áreas costeiras para amortecer eventos climáticos extremos e gerar oportunidades e benefícios para a comunidade local. O segundo tipo de SbN corresponde às intervenções desenhadas de modo a intensificar as múltiplas funções e serviços prestados pelos ecossistemas ou paisagens. Por exemplo, a restauração ecológica em áreas de mananciais ou o uso de técnicas como as agroflorestas podem aumentar a multifuncionalidade desses sistemas, sua diversidade genética e/ou de espécies e, consequentemente, a resiliência a eventos extremos. Já o terceiro tipo de SbN corresponde à criação de novos ecossistemas onde a natureza já não está mais presente, sendo muitas vezes associados às infraestruturas verdes e azuis (como os jardins de chuva, etc.).

Por outro lado, a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) as classifica em cinco categorias (IUCN, 2019):

- 1) Restauradoras: incluindo restauração ecológica, restauração da paisagem florestal e engenharia ecológica;
- 2) Por objetivo: abrangendo adaptação e mitigação baseada no ecossistema, redução de risco de desastres com base no ecossistema, e serviços de adaptação climática;
- 3) Infraestrutura: contemplando infraestrutura natural e infraestrutura verde;
- 4) Gerenciamento: envolvendo apoio à gestão florestal, gerenciamento integrado de zonas costeiras e gestão de recursos hídricos;
- 5) Proteção: incluindo abordagens para o gerenciamento de áreas de conservação ou outras medidas de conservação por imobilização de área.

Essas ações têm como objetivo proteger, manejar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais e modificados, abordando desafios sociais de maneira efetiva e adaptativa, promovendo o bem-estar humano e benefícios para a biodiversidade. E se fundamentam em sete princípios (IUCN, 2019):

- 1) Entregar uma solução efetiva para um desafio global utilizando a natureza;
- 2) Fornecer benefícios da biodiversidade em termos de diversidade e ecossistemas bem manejados;

- 3) Apresentar a melhor relação custo-efetividade quando comparada com outras soluções;
- 4) Ser comunicada de maneira simples e convincente;
- 5) Poder ser medida, verificada e replicada;
- 6) Respeitar e reforçar os direitos das comunidades sobre os recursos naturais;
- 7) Atrair fontes de financiamento público e privadas.

Segundo a Comissão Europeia, não há restrições quanto aos tipos de SbN mencionados acima, mas inclui-se a dimensão econômica de custo-efetividade. As categorias utilizadas são semelhantes às da IUCN, porém mais direcionadas para as SbN urbanas, atuando como estratégias para mitigar os impactos das mudanças climáticas ao oferecer resiliência climática, gestão de recursos hídricos, resiliência costeira, gestão de espaços verdes, qualidade do ar e renovação de áreas urbanas degradadas. Ao fornecer essas soluções inovadoras, as SbN urbanas têm o potencial de contribuir para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e, ao mesmo tempo, proporcionar uma variedade de benefícios para o bem-estar humano por meio da infraestrutura verde (Tabela 4) (MOTTA, 2020).

Tabela 4: Contribuição das Soluções Baseadas na Natureza Urbanas.

SbN	Caracterização da Abordagem
Telhados Verdes	A técnica consiste em cobrir os telhados com solo e vegetação, o que evita alagamentos ao retardar a entrada da água da chuva no sistema de drenagem. Além disso, regula a temperatura interna das edificações e ajuda a atenuar o impacto do aumento da temperatura e de ondas de calor sobre a população.
Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais (miniflorestas)	O sistema envolve o plantio de uma ampla variedade de espécies vegetais nativas em uma área relativamente pequena, com o objetivo de recriar as condições de uma floresta natural. Isso resulta em um rápido crescimento e desenvolvimento das plantas, gerando uma floresta densa, rica em biodiversidade e autossustentável em um curto período de tempo. Sua implementação não apenas promove a restauração ecológica, mas também fortalece a resiliência das comunidades locais diante de possíveis desastres naturais.
Jardins de Chuva	Funcionam como áreas de infiltração para a água da chuva proveniente do escoamento superficial. Eles são comumente utilizados em calçadas, canteiros centrais e rotatória. Além disso, esses jardins proporcionam a oportunidade de purificar a água antes que ela infiltre no solo e recarregue o aquífero subterrâneo.

Agricultura Urbana	A técnica consiste em utilizar hortas comunitárias para conferir função social a terrenos ociosos, proporcionando segurança alimentar, geração de renda e resiliência para as comunidades. A aplicação de técnicas adequadas contribui para a recuperação do solo, favorecendo a infiltração da água e promovendo a biodiversidade local.
Parques Lineares	Essa abordagem envolve a criação de um sistema contínuo de áreas verdes ao longo de elementos lineares da paisagem, como rios, córregos e ruas. Além disso, pode incluir a renaturalização dos corpos d'água antes canalizados, recuperando as margens e áreas de várzea, que alagam em momentos de cheia ou após chuvas intensas. Dessa forma, contribuem para o escoamento e retenção natural das águas, além de aumentar significativamente as áreas verdes na cidade.
Restauração da Vegetação Nativa em Morros	Recuperar áreas degradadas, especialmente topos e encostas de morro, é uma técnica que visa promover a estabilidade do solo e mitigar a erosão e os deslizamentos.
Restauração da Vegetação Costeira	Esse sistema desempenha um papel crucial como medida de adaptação à elevação do nível do mar e ao aumento da frequência de tempestades, uma vez que esses ecossistemas atuam como amortecedores do impacto das ondas, proporcionando proteção às comunidades contra inundações.
Corredores Ecológicos	Consiste em conectar fragmentos de ecossistema por meio de espaços verdes lineares, favorecendo a movimentação da fauna e o fluxo gênico das populações. Além disso, esses corredores verdes contribuem para melhorar as condições de drenagem, recarga de aquíferos e atenuar o calor nas áreas urbanas e rurais.

Fonte: Adaptado de Evers et al. (2022).

Essas soluções “geram uma cadeia de impactos positivos porque os ecossistemas que protegem, recuperam, manejam e criam, prestam múltiplos serviços aos seres humanos e à vida no planeta” (EVERS et al., 2022). Além disso, contribui para a Redução de Riscos de Desastres (RRD) ao fortalecer a resiliência e a sustentabilidade local (UNRR, 2017). Essas abordagens tendem a ser mais eficazes e benéficas para as populações vulneráveis quando articuladas com práticas de conservação e recuperação dos ecossistemas (CARVALHO, 2015; YOUNG et al., 2019; CARBONE et al., 2020).

As SbN, como no caso do Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais (SIMREF), desempenha um papel crucial na minimização dos efeitos das inundações. As áreas plantadas atuam como zonas de amortecimento para as águas que transbordam dos cursos d'água e lagoas, ajudando a reduzir danos materiais e sociais. Além disso, esta solução também contribui para proteger contra escorregamentos de terra, auxiliando na prevenção ou minimização de impactos prejudiciais (KOBAYAMA et al., 2006).

Essas áreas restauradas com o plantio de espécies nativas desempenham um papel crucial na dispersão quase total da energia cinética, sendo a infiltração um aspecto importante. Os processos morfogenéticos são de suma importância, já que a cobertura vegetal intervém de duas maneiras principais na erosão pluvial e, conseqüentemente, no regime hídrico do ecossistema:

- a) pela interceptação das precipitações, com seus dois aspectos: hidrológico e energético;
- b) pelo fornecimento à superfície do solo de detritos vegetais que desempenham papel amortecedor (absorção da energia). (TRICART, 1977, p. 27).

A cobertura vegetal também auxilia na proteção contra escorregamentos de terra, podendo evitar ou minimizar danos sociais e materiais (ICLEI, 2015). Seu sistema radicular, "constituído de uma infinidade de filamentos microscópicos aderentes aos grãos de solo, dá uma solidez muito maior à sua estrutura, ao mesmo tempo em que aumenta sua porosidade" (BRANCO; ROCHA, 1977, p. 78), além de assegurar uma alta infiltração da água que alimenta o lençol freático durante o ano todo. Com a retirada da vegetação, são acelerados os processos de empobrecimento dos solos, havendo migração dos nutrientes, por infiltração, para os níveis mais profundos (MACHADO; TORRES, 2012, p. 104).

2.4 SISTEMA MIYAWAKI DE RESTAURAÇÃO

O Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais (SIMREF) foi concebido pelo ilustre professor e botânico japonês Akira Miyawaki com o intuito de estabelecer áreas de floresta nativas altamente diversificadas, que se desenvolvem de forma mais acelerada em comparação às técnicas de restauração convencionais, resultando na formação de um ecossistema autossustentável. A inspiração de Miyawaki advém das antigas florestas do Japão, que permaneceram praticamente intocadas por séculos devido à profunda conexão espiritual do povo japonês com os deuses e sua reverência por todos os elementos da natureza (MIYAWAKI; GOLLEY, 1993; MIYAWAKI, 1999).

Em 1992, no Estado do Pará, teve início a implementação dos primeiros plantios pelo SIMREF, sob a coordenação do Engenheiro Agrônomo Takushi Sato, atual Diretor Presidente do instituto ASFLORA. Naquela ocasião, foram plantadas de

forma densa e aleatória 63 mil mudas representativas de diversos grupos ecológicos em uma área de 2,4 hectares pertencente à empresa Eidai do Brasil Madeiras S.A., sediada em Belém, no bairro Maracacuera, Distrito de Icoaraci. Desde então, essa abordagem inovadora tem sido expandida pelo instituto ASFLORA para outros municípios paraenses, abrangendo localidades como Breves, Igarapé Açu, Garrafão do Norte, Benevides, Santa Bárbara do Pará, Peixe-Boi, Tomé-Açu, Ananindeua, Abaetetuba e Marituba (ZUNIGA, 2023; ASFLORA, 2024).

O Instituto ASFLORA é uma entidade sem fins lucrativos de caráter civil, alicerçada em princípios técnico-científicos e beneficentes. Sua missão envolve a promoção da educação, preservação, reflorestamento e a facilitação do intercâmbio de informações, com o propósito de contribuir para o desenvolvimento sustentável da região amazônica em suas múltiplas esferas: ambiental, cultural, social e econômica (ASFLORA, 2020). Na prática, ao implementar o SIMREF nestes municípios, o instituto busca estabelecer diversos estratos na estrutura florestal, viabilizando a formação de uma "biocenose", ou seja, a capacidade de uma comunidade reproduzir total ou parcialmente as interações ecológicas naturais (MIYAWAKI, 1999; MIYAWAKI; GOLLEY, 1993).

Esse método demanda pouca manutenção e engloba inicialmente três ações essenciais: (3.4.1) levantamentos florísticos e fitossociológicos; (3.4.2) recuperação do solo; e (3.4.3) promoção da densidade e diversidade de espécies florestais.

2.4.1 Levantamentos Florísticos e Fitossociológicos

A restauração de ecossistemas florestais é uma prática essencial da restauração ecológica que tem como principal objetivo auxiliar na recuperação de áreas degradadas devido à intervenção humana. Trata-se de uma ação intencional que busca restabelecer a saúde, integridade e sustentabilidade de um ecossistema (SER, 2004), com o propósito de potencializar os serviços de conservação da biodiversidade (TABARELLI et al., 2010).

Nesse sentido, a restauração de ecossistemas florestais visa promover a recuperação de uma área na qual a cobertura vegetal original foi suprimida por atividades humanas (MARTINS, 2013), por meio da aplicação de abordagens reconstrutivas embasadas em princípios ecológicos que regem o processo de

sucessão natural, com o objetivo de restabelecer os serviços ecossistêmicos e proteger as espécies nativas (GANN et al., 2019).

No entanto, tais iniciativas exigem a utilização de um amplo espectro de espécies que se assemelhem ao ecossistema original ou de referência, presente antes do impacto ou perturbação. Dessa forma, a cuidadosa seleção dessas espécies para o SIMREF é fundamental para o sucesso inicial e deve ser embasada em estudos conduzidos em vegetação natural adjacente ou similar à área a ser restaurada. Assim sendo, é crucial realizar levantamentos florísticos e fitossociológicos em áreas remanescentes próximas aos locais degradados.

Esses levantamentos possibilitam a identificação das espécies vegetais nativas mais apropriadas para a restauração, levando em consideração não apenas sua presença, mas também suas interações e adaptações ao ambiente local. Desta maneira, é possível garantir que as espécies escolhidas contribuam eficazmente para a restauração do ecossistema, fornecendo os serviços ecossistêmicos necessários e promovendo um equilíbrio natural (SILVA; SILVA JUNIOR, 2021).

Os resultados desses levantamentos englobam uma diversidade de locais com distintos níveis de conservação e espécies remanescentes. Com base nessas informações, as espécies vegetais são agrupadas em espécies-chave, selecionadas por meio de um sistema comunitário hierárquico. Esse sistema classifica os indivíduos vegetais em "ordens e classes" conforme suas características na comunidade, dando destaque às espécies mais tardias, ou seja, aquelas que atingem a maturidade em estágios avançados (MIYAWAKI, 2004).

2.4.2 Recuperação do Solo

De acordo com o ASFLORA (2020), a área destinada à restauração passa por um processo de preparação do solo que inclui a roçagem e adubação da terra, removendo a vegetação indesejada e fornecendo nutrientes essenciais para o crescimento das mudas. Posteriormente, é realizada a aplicação de uma camada completa de cama de frango sobre o solo, com uma espessura média de 0,05 metros. Essa prática não apenas aprimora a estrutura do solo e aumenta sua capacidade de retenção de umidade, mas também fornece nutrientes orgânicos, criando um ambiente favorável ao desenvolvimento das espécies vegetais.

As propriedades físicas do solo, como textura e estrutura, exercem influência significativa no desenvolvimento das espécies (SPURR; BARNES, 1980). Nesse contexto, a descompactação do solo desempenha papel fundamental para favorecer a emergência de mudas e aprimorar a capacidade de infiltração, contribuindo para a redução do escoamento superficial (ARAUJO et al., 2009). Ao proporcionar condições ideais para o desenvolvimento da arquitetura radicular das espécies em processo de restauração na área, a descompactação do solo potencializa os processos ambientais (ARAUJO et al., 2009).

Após o plantio na área, é realizado o *mulching*, que envolve a aplicação de caroços de açaí sobre a camada de cama de frango e ao redor das mudas plantadas. Esse procedimento tem como objetivo estabelecer uma biomanta, oferecendo proteção térmica, evitando a solarização direta do solo e promovendo a absorção de água. A camada de *mulching* deve atingir aproximadamente 0,05 metros de altura, sendo necessários, em média, 50 litros de caroços de açaí por metro quadrado (ASFLOA, 2020).

2.4.3 Densidade e Diversidade de Espécies Florestais

Segundo Miyawaki (1999), as espécies são inicialmente classificadas de acordo com seu grupo ecológico, podendo ser consideradas iniciais, intermediárias ou tardias. Esse processo implica que o planejamento do plantio visa abranger uma ampla diversidade de espécies nativas, desde as camadas herbáceas e arbustivas até as árvores e árvores emergentes do dossel. Ademais, é crucial levar em conta as múltiplas funções desempenhadas pelas espécies, tais como a função cênica, a atração de polinizadores e dispersores, a contribuição para a biomassa, à interação com microrganismos, bem como o auxílio na ciclagem de nutrientes e água no solo.

Nos plantios implantados pelo instituto ASFLOA, no Estado do Pará, a diversidade de espécies é criteriosamente considerada em seu planejamento, abrangendo de 50 a 70 espécies distintas, visando estabelecer uma comunidade florestal rica e multifacetada. Dentre as espécies selecionadas estão o Cumaru (*Dipteryx spp.*), Andiroba (*Carapa guianensis*), Mata-mata (*Lecythis coreacea*) e Cedro Rosa (*Cedrela odorata*), além de espécies frutíferas como Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), Açaí (*Euterpe oleracea*), Ucuuba (*Virola spp.*) e Bacuri (*Platonia insignis*) (ASFLOA, 2020).

A distribuição das mudas no campo segue um padrão aleatório, evitando a concentração excessiva de uma única espécie em áreas específicas e promovendo uma distribuição mais equitativa no local (MARTINS, 2013). Essa prática é adotada com uma densidade média de 3 mudas por metro quadrado (m²). É importante ressaltar que o plantio aleatório não garante que todas as espécies encontrarão condições ideais para sobreviver e se desenvolver na área restaurada. Seu principal propósito é restabelecer um ambiente o mais próximo possível do original, contribuindo para a reconstrução do ecossistema de forma equilibrada e diversificada (SILVA, 2021).

À medida que as mudas se desenvolvem, ocupam completamente o espaço disponível acima do solo, criando uma floresta densa que apresenta uma superfície foliar até 30 vezes maior do que as florestas que passaram por manejo ou modificações ao longo do tempo. Esse crescimento intenso resulta no bloqueio da luz solar que atinge o solo, inibindo o desenvolvimento de plantas daninhas, as quais geralmente dependem da luz solar direta para prosperar (FOREST IMPACT, 2023). Esse processo gera a alopatia entre as espécies e melhora a absorção de nutrientes pelas espécies competidoras mais adaptadas (ASFLOA, 2020).

Por meio do SIMREF, é possível alcançar o recobrimento total do solo em um período de até 24 meses. Esse processo leva à formação de "multicamadas", ou seja, diferentes estratos com alturas variando entre 6 a 12 metros. Essa diversidade de estratos é essencial para fomentar a criação de uma floresta "quase" natural, também conhecida como "quasi-natural forests". Nesse tipo de floresta, é possível observar praticamente todas as interações fundamentais de um ecossistema florestal natural, incluindo a harmoniosa relação entre diferentes espécies vegetais e animais (MIYAWAKI, 1999).

Além disso, estimula o desenvolvimento de microfauna que desempenha um papel crucial na decomposição da matéria orgânica no solo, contribuindo para a fertilidade e equilíbrio do ecossistema (ASFLOA, 2020). Portanto, a premissa desse sistema é que, por meio desse planejamento cuidadoso, seja possível estabelecer uma floresta em aproximadamente 10 a 15 anos, em contraste com os 100 anos necessários em condições naturais, evidenciando a eficácia e agilidade desse método de restauração florestal (Figura 7) (FOREST IMPACT, 2023).

Figura 7: Representação Esquemática do Sistema Miyawaki de Restauração Florestal (SIMREF).



Fonte: Adaptado de Instituto Amigos da Floresta Amazônica (2020) e Forest Impact (2023).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido dentro de um suporte metodológico de natureza aplicada, que “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos [...]” (GIL, 2002, p.35). Quanto à forma de abordagem do problema foi realizada por meio de uma pesquisa quali-quantitativa. A abordagem qualitativa se justifica pelo fato de que “verifica uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números” (MINAYO, 2007, p. 85). Já a abordagem quantitativa se baseia no uso da linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, entre outras aplicações.

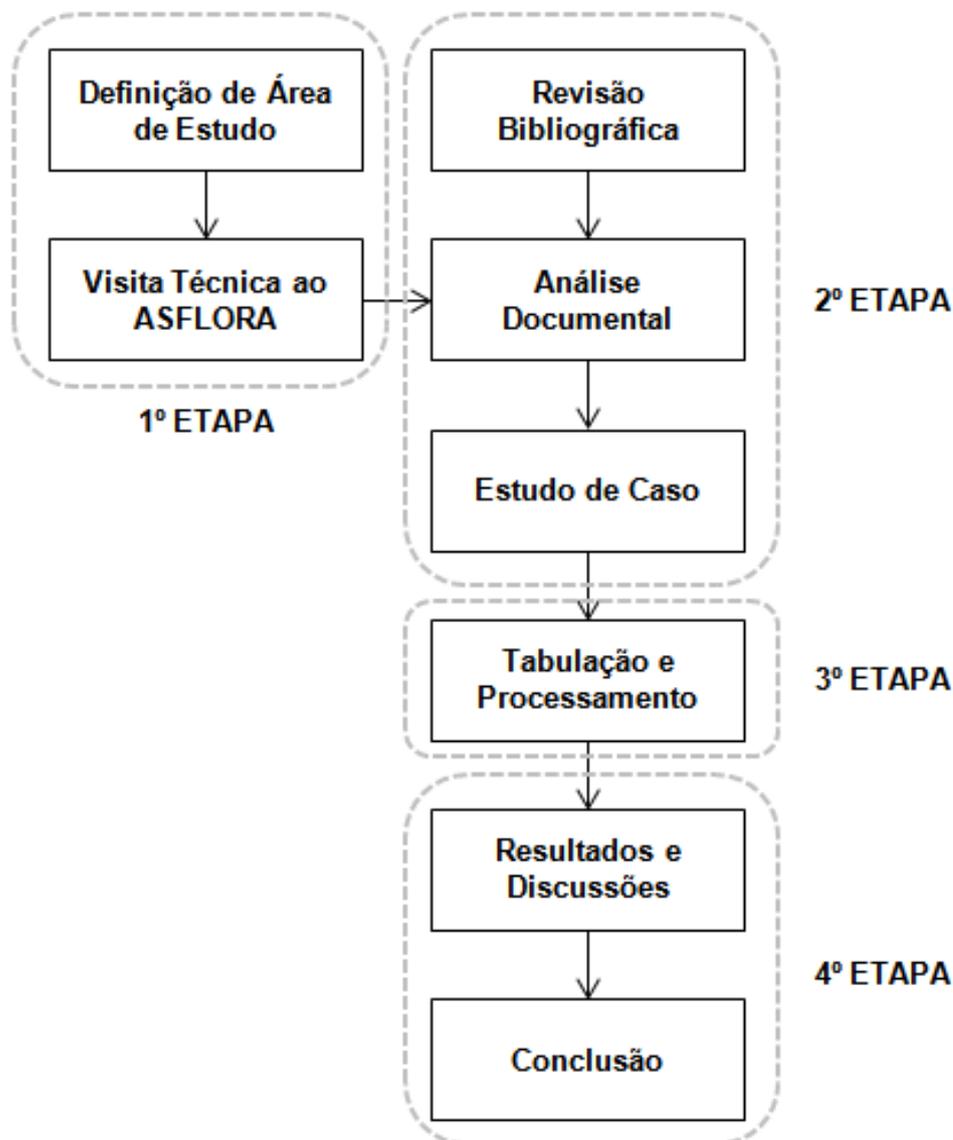
Quanto aos procedimentos técnicos, foram utilizados a pesquisa bibliográfica, documental e o estudo de caso. Segundo Gil (2002, p. 44), a pesquisa bibliográfica “[...] é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos” visando à resolução de um problema “[...] por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas” (BOCCATO, 2006, p. 266).

A pesquisa documental “recorre a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais [...]” etc. (FONSECA, 2002, p. 32). E, o estudo de caso pode decorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como “[...] é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador” (FONSECA, 2002, p. 33).

Ao longo de seu processo de desenvolvimento, a pesquisa percorreu quatro etapas (Figura 9). Na primeira etapa, ocorreram à definição da área de estudo, com a caracterização da geomorfologia, pedologia, climatologia, padrões de chuva, hidrologia e outros aspectos naturais. Além disso, foi realizada uma visita técnica *in loco* ao instituto ASFLOA com o objetivo de obter informações relevantes e complementares sobre o SIMREF, para embasar o desenvolvimento do estudo.

Na segunda etapa, a pesquisa foi embasada em uma sólida fundamentação teórica por meio de uma revisão bibliográfica em sites de busca com acesso aberto, como *Google Scholar*, *SciELO*, *Science Direct*, *Web of Science* e *CAPES*. Foram examinados os conceitos centrais relacionados à pesquisa, como desastres naturais, restauração florestal, gestão de riscos e resiliência. Também foi realizada uma análise documental do banco de dados de registro das áreas restauradas pelo instituto ASFLORA, contidas no “Relatório Demonstrativo do Projeto Miyawaki”, para os anos de 1992 a 2023, além do estudo de caso da implementação do sistema no município de Belém, Estado do Pará.

Figura 9 - Fluxograma do Processo de desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na terceira etapa, os dados coletados foram tabulados e analisados utilizando o software Microsoft Excel®. Esse recurso possibilitou a criação de gráficos, tabelas dinâmicas e outras ferramentas analíticas que contribuíram para uma compreensão dos resultados obtidos durante a coleta de dados. Essa estratégia permitiu a organização sistemática das informações levantadas ao longo da pesquisa, abrangendo tanto a implantação do SIMREF no Estado do Pará quanto à análise específica da área de estudo concentrada nos plantios realizados em Belém. Dessa forma, foi facilitada a identificação de padrões, tendências e relações entre as categorias estudadas.

Na etapa final da pesquisa, ocorreu a sistematização de todas as fases anteriores. Com base no referencial teórico, nas análises de dados e nas características do objeto de estudo e da investigação empírica, foi realizada uma análise detalhada, destacando as conclusões alcançadas. Assim, as conclusões finais foram apresentadas, consolidando as descobertas e contribuições do estudo.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.2.1 Localização, Áreas e Limites do Município de Belém

O município de Belém está localizado na Mesorregião Metropolitana de Belém e Microrregião de Belém, nas coordenadas geográficas de latitude 01° 27' 21" ao sul e longitude 48° 30' 16" a oeste do Meridiano de Greenwich (EGIS-AMPLA, 2020). Sua altitude média é de 10 metros em relação ao nível do mar (SANTOS, 2010), e abriga uma população de 1.303.403 habitantes, com uma densidade demográfica de 1.230,25 hab/km² distribuídos em uma área de 1.059,46 km² (IBGE, 2022).

O território é constituído por uma parte continental que corresponde a 34,36% da área total e por 39 ilhas que compõem a região insular ocupando os outros 65,64% do território municipal, formando assim uma península. Além disso, a região está subdividida em 8 Distritos Administrativos e 72 bairros (IBGE, 2022).

Os limites do município são definidos da seguinte maneira: ao norte pela Baía do Marajó; ao nordeste pelo município de Santo Antônio do Tauá; a leste pelo município de Santa Bárbara do Pará; a sudeste pelos municípios de Benevides e Ananindeua; ao sul pelo município de Acará; a sudoeste pelo município de Barcarena; e a oeste pelo Arquipélago do Marajó (EGIS-AMPLA, 2020).

final de junho. Por outro lado, nos meses de julho a novembro, verifica-se deficiência hídrica na região (ECOSSISTEMA, 2008).

b) Geomorfologia

A região apresenta uma geomorfologia caracterizada por baixos platôs amazônicos e planícies litorâneas. O relevo é definido por uma plataforma de cumiada no nível mais elevado do planalto terciário, com altitudes entre 15 e 30 metros, em terrenos escalonados que variam entre 4 e 15 metros de amplitude. Nas proximidades, encontram-se as baixadas inundáveis, formadas por áreas localizadas abaixo da cota de 4,0 metros. Aproximadamente metade da área do município possui relevo derivado da dissecação de superfícies constituídas por sedimentos Pós-Barreiras e Sedimentos Recentes, ou seja, formações superficiais. Segundo a classificação da SEICOM (1995), essas áreas são designadas como Áreas Urbanas P.A. e Áreas Urbanas P.R.A (MATTA, 2002).

c) Geologia

A região está inserida no domínio tectônico da Plataforma do Pará (PPA), onde são identificadas unidades litoestratigráficas pertencentes à Era Cenozoica. Estas unidades incluem, da base ao topo, o Grupo Barreiras, a Unidade Sedimentos Pós Barreiras (Pleistoceno-Holoceno), os Depósitos Argilosos Flúvio-Marinhas e os Depósitos Atuais. O Grupo Barreiras está presente nas porções sudoeste, sul e sudeste do município, geralmente associado a crostas lateríticas e ferruginosas, e é caracterizado por depósitos de sedimentos siliclásticos de cores variadas (ANUÁRIO, 2020).

A Unidade Sedimentar Pós Barreiras, predominante nas áreas nordeste, centro e noroeste, é dividida em duas formações distintas: a Formação Superficial Pleistocênica, que engloba os depósitos fluviais de paleocanais e os depósitos eólicos/praias; e a Formação Superficial Holocênica, composta pelos depósitos sedimentares formados por processos erosivos no continente e próximos à costa. Os Depósitos Argilosos Flúvio-Marinhas compreendem os sedimentos lamosos associados ao sistema continental-estuarino, enquanto os Depósitos Atuais estão relacionados à dinâmica recente de sedimentação (ANUÁRIO, 2020).

d) Solos

Na área de estudo, foram identificadas sete unidades de solo: latossolo amarelo, laterita hidromórfica e concrecionária laterítica, podzol hidromórfico, gleizado hidromórfico, areia quartzosa e áreas aterradas (MAZZEO, 1991). Além desses tipos de solo, alguns estudos apontam a presença de outros quatro tipos diferenciados: gley húmico, solos de igapó, solos de várzea e solos de terra firme (ECOSSISTEMA, 2008).

e) Recursos Hídricos

Segundo Matta (2005) o território da cidade de Belém está localizado em uma região estuarina, marcada pela presença do estuário de Guajará, que faz parte do Golfo Marajoara, integrando o sistema hidrográfico da foz do rio Amazonas. A área urbana de Belém foi construída em uma península sedimentar estuarina na desembocadura amazônica.

De acordo com Pereira et al. (2005) este território é intensamente irrigado, com numerosos corpos d'água que recebem grandes volumes de água superficial e subterrânea, provenientes do encontro com as águas do Oceano Atlântico. A designação como península se deve ao fato de aproximadamente 60% do território de Belém ser ocupado por sua rede hidrográfica, à presença da Baía de Guajará, ao sistema de ilhas fluviais e à proximidade com o Oceano Atlântico.

O estuário Guajarino é resultado de um sistema de drenagem continental que deságua em um ambiente marinho. A Baía do Guajará está situada em frente à porção noroeste da cidade de Belém e se estende até a Ilha do Mosqueiro, ao norte, onde se encontra com a Baía do Marajó, no rio Pará. Sua formação se dá pela confluência dos rios Acará e Guamá (ECOSSISTEMA, 2008).

Na margem esquerda da Baía do Guajará, há um conjunto de ilhas e canais, destacando-se as ilhas das Onças, Jararaca, Mirim, Paquetá Açú e Jutubá. Já na margem direita, encontra-se a cidade de Belém. Ao Norte, nessa mesma margem, estão as ilhas do Mosqueiro e de Outeiro, onde está situado o Terminal de mesmo nome (ECOSSISTEMA, 2008).

As marés em movimento e a interação com as drenagens superficiais de Belém causam a transformação dos corpos d'água superficiais em barreiras hídricas

naturais quando o nível das águas está alto. Esse fenômeno interrompe e até reverte o processo de escoamento, resultando em inundações em áreas mais elevadas do terreno (ECOSSISTEMA, 2008).

Em linhas gerais, a rede hidrográfica da Região Metropolitana de Belém pode ser dividida em dois grupos de bacias: aquelas que são influenciadas diretamente pelo rio Guamá e as que sofrem influência direta da Baía do Guajará. O rio Guamá, localizado ao sul da área urbana de Belém, juntamente com o rio Moju, são as principais fontes de águas fluviais para o estuário Guajará (PEREIRA et al., 2005).

g) Topografia

O município de Belém apresenta altitudes que variam de 0 a 18 metros, e aproximadamente 60% da população reside em áreas com altitudes inferiores a 5 metros, o que evidencia a significativa concentração de habitantes em regiões de baixa altitude, sujeitas a possíveis impactos decorrentes de fenômenos como inundações e variações do nível do mar (CDP, 2021).

h) Vegetação

A cobertura vegetal do município é predominantemente composta por floresta secundária ou capoeiras, que surgiram como substitutas da antiga floresta densa dos baixos platôs. Alguns vestígios dessa vegetação original ainda podem ser encontrados em áreas como Mosqueiro, Caratateua e regiões adjacentes. A maior parte desses remanescentes pertence à Floresta Ombrófila Densa, caracterizada por sua vegetação perenifólia, sempre verde, com um dossel que pode atingir até 50 metros de altura, e árvores emergentes que chegam a alcançar os 40 metros (ANUÁRIO, 2020).

Por outro lado, a vegetação dos manguezais se estende ao longo das porções fluviais e semilitorâneas do setor estuarino, enquanto a Floresta Ombrófila domina as margens dos cursos d'água e as áreas de baixadas, onde predominam formações herbáceas, subarbustivas e arbustivas. Essa diversidade vegetal confere ao município uma riqueza natural significativa, com ecossistemas distintos que desempenham papéis fundamentais na manutenção da biodiversidade local e na preservação dos recursos naturais (ANUÁRIO, 2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 EXPANSÃO DO SISTEMA MIYAWAKI NO PARÁ

A análise dos dados revelou que, no período de 1992 a 2023, o instituto ASFLORA restaurou um total de 23,37 hectares de área por meio do SIMREF em onze municípios do Estado do Pará. Destaca-se que Belém obteve o maior índice de área restaurada, alcançando 9,32 hectares (39,89%), seguido por Igarapé Açu com 3,94 hectares (16,86%) e Benevides com 3,50 hectares (14,98%). Em contrapartida, Ananindeua apresentou a menor área restaurada, totalizando apenas 0,03 hectares (0,13%), seguido por Abaetetuba com 0,04 hectares (0,15%) e Breves com 0,70 hectares (3%) (Tabela 5).

Tabela 5 - Área restaurada em hectares e o quantitativo de mudas plantadas no Estado do Pará, utilizando o Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais, entre 1992 a 2023.

Nº	Município	Áreas Restauradas		Mudas Plantadas		Média das Espécies
		Hectares (ha)	%	Quantidade	%	
1º	Belém	9,32	39,89	232.318	37,87	100
2º	Breves	0,70	3,00	19.209	3,13	12
3º	Igarapé Açu	3,94	16,86	118.200	19,27	49
4º	Garrafão do Norte	2,77	11,86	93.974	15,32	37
5º	Benevides	3,50	14,98	83.672	13,64	70
6º	Santa Bárbara do Pará	2,18	9,33	44.146	7,20	60
7º	Peixe-Boi	0,15	0,64	3.000	0,49	37
8º	Tomé-Açu	0,25	1,07	5.000	0,82	48
9º	Ananindeua	0,03	0,13	1.000	0,16	53
10º	Abaetetuba	0,04	0,15	1.028	0,17	38
11º	Marituba	0,49	2,10	11.898	1,94	50
Total		23,37	100%	613.445	100%	

Fonte: Instituto Amigos da Floresta Amazônica (2024).

Segundo o ASFLORA (2024), a discrepância na restauração de áreas por meio do SIMREF no Estado está estreitamente relacionada à escassez de áreas disponíveis, devido à alta densidade populacional e à expansão das áreas urbanas. Em contrapartida, em regiões mais rurais ou menos desenvolvidas, é possível que haja maior disponibilidade de terras para expansão. No entanto, diversos desafios, como a dificuldade em adquirir sementes de espécies nativas, limitações financeiras

e a ausência de apoio da comunidade local, podem impactar consideravelmente os esforços de restauração no Estado (SILVA, 2021).

Nesse contexto, a participação ativa e o engajamento da comunidade local desempenham um papel fundamental na superação dos desafios e na redução dos riscos de desastres ambientais. O envolvimento efetivo dos moradores locais não só facilita o acesso às áreas de intervenção e compartilhamento de conhecimento sobre espécies vegetais nativas, mas também promove a proteção e conservação das áreas restauradas, contribuindo para fortalecer a resiliência da comunidade diante de eventos extremos.

A integração da comunidade no processo de restauração não apenas promove a apropriação do espaço revitalizado, mas também estimula a conscientização ambiental e o senso de responsabilidade coletiva. A troca de saberes entre os moradores e os técnicos envolvidos no projeto enriquece as práticas de manejo sustentável, garantindo a manutenção em longo prazo dos ecossistemas recuperados.

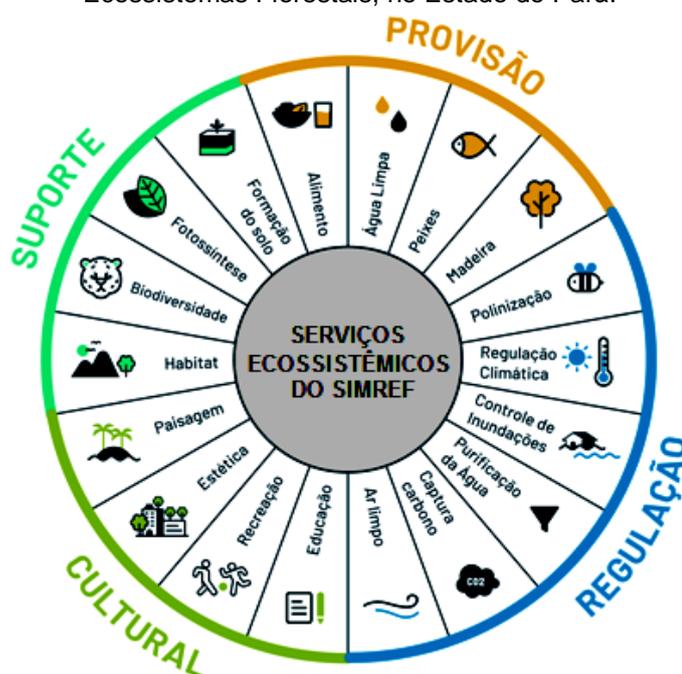
Dessa forma, ao estabelecer parcerias colaborativas e promover a participação ativa da comunidade local, é possível obter uma série de benefícios. Em primeiro lugar, o plantio de mudas em áreas propensas a desastres, como encostas suscetíveis à erosão ou margens de rios sujeitas a inundações, pode contribuir para a estabilização do solo e a redução do impacto desses fenômenos. Além disso, a restauração com espécies adequadas pode aumentar a capacidade de retenção de água no solo, desempenhando um papel crucial na prevenção de movimento de massa e enchentes.

Analisando a Tabela 6, é possível observar que, no período de 1992 a 2023, um total de 613.445 mudas de diferentes espécies florestais nativas da região amazônica foi plantado no Estado. Este é reconhecido como um “hotspot” de biodiversidade, abrigando 11.120 espécies arbóreas (HUBBELL et al., 2008). Nesse contexto, Belém se destaca como o município com o maior número de plantios, alcançando um total de 232.318 mudas, o que corresponde a 37,87% do total. Por outro lado, Ananindeua registrou o menor número de plantios, com apenas 1.000 mudas, representando 0,16% do total.

Segundo o ASFLORA (2024), à medida que a área de implementação do SIMREF se expande no Estado, cresce a necessidade de uma maior diversidade e volume de mudas para garantir a densidade adequada de árvores por hectare. Essa

abordagem pode trazer benefícios significativos às áreas restauradas, contribuindo para a redução dos riscos de desastres naturais e para a promoção da manutenção, recuperação e aprimoramento das condições ambientais através dos serviços ecossistêmicos. Assim, torna-se viável fomentar um ambiente mais saudável e equilibrado (SILVA; SILVA JUNIOR, 2020). Esses serviços estão classificados em quatro categorias distintas (MEA, 2005) (Figura 10).

Figura 10: Serviços ecossistêmicos fornecidos pelo Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais, no Estado do Pará.



Fonte: Adaptado de OICS (2023).

A) Serviços de Suporte: são aqueles que sustentam a vida na terra, atraindo biodiversidade para o ambiente urbano e contribuindo para a formação do solo, a realização da fotossíntese e a criação de habitats;

B) Serviços de Provisão: referem-se àqueles que oferecem bens ou produtos ambientais utilizados pelo ser humano para consumo ou comercialização, como água limpa, alimentos, madeira e peixes;

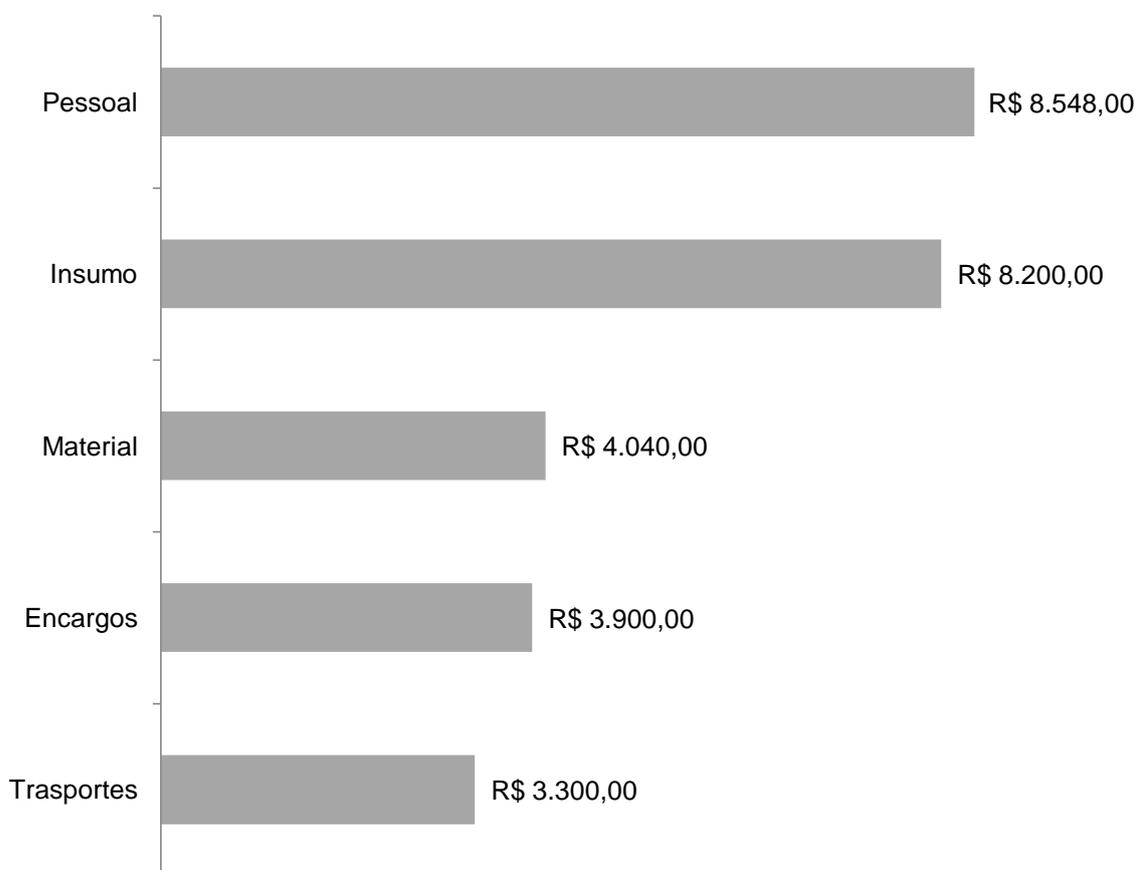
C) Serviços de Regulação: englobam os que contribuem para a manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos, tais como ar limpo, captura de carbono, purificação da água, controle de inundações, regulação climática e polinização; e,

D) Serviços Culturais: são os benefícios não materiais proporcionados pelos ecossistemas, incluindo recreação, paisagem, educação e estética.

4.2 CUSTOS ENVOLVIDOS NO SISTEMA MIYAWAKI

Na Figura 11, é possível observar que o custo total para a restauração de 300 m² por meio do plantio de 1.000 mudas no Estado do Pará tem sido orçado em condições favoráveis para o desenvolvimento e restabelecimento na natureza, totalizando o valor de R\$ 27.988,00. Deste montante, o custo com pessoal é previsto em R\$ 8.548,00, seguido por gastos com insumos no valor de R\$ 8.200,00, material em R\$ 4.040,00, encargos em R\$ 3.900,00 e transporte em R\$ 3.300,00.

Figura 11: Custos por atividade para restaurar 300 m² no Estado do Pará por meio do Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais, em 2024.



Fonte: Instituto Amigos da Floresta Amazônica (2024).

De acordo com o ASFLORA (2024), o custo com pessoal é o mais elevado devido à demanda por mão de obra especializada necessária para executar tarefas essenciais no plantio de espécies nativas, como a seleção do local de plantio, preparação do solo, controle de ervas daninhas e manejo de árvores pioneiras. Em seguida, os gastos com insumos também representam uma parcela significativa do

custo total, garantindo condições ideais para o crescimento saudável das mudas. Os custos com material, encargos e transporte vêm na sequência. Essa distribuição detalhada dos custos envolvidos na restauração destaca a importância de considerar cada aspecto financeiro envolvido no processo, permitindo uma gestão mais eficiente e transparente dos recursos na implantação do SIMREF.

Entretanto, os custos podem variar significativamente de acordo com a localização e as condições específicas de cada município. Em regiões de difícil acesso, como nas ilhas, o transporte de materiais e mão de obra especializada pode resultar em custos mais elevados, impactando diretamente no orçamento. Além disso, as características do solo e do clima também podem influenciar os gastos com insumos, uma vez que diferentes tipos de solo demandam preparações específicas e a seleção cuidadosa dos insumos a serem utilizados.

É válido ressaltar que os custos mencionados se referem exclusivamente à implementação do SIMREF. A manutenção pós-implantação é atribuída à comunidade para fomentar o senso de pertencimento, sem um orçamento específico designado para essa finalidade. No entanto, o instituto ASFLORA monitora o plantio e oferece orientação à comunidade por até dois anos, visando à autossustentabilidade da floresta nesse período. Em casos excepcionais, o instituto pode realizar a manutenção, mas geralmente essa responsabilidade é da comunidade para assegurar a conservação das áreas restauradas.

Ao comparar os custos da implementação do SIMREF com os métodos tradicionais de restauração florestal, a viabilidade da medida é influenciada pelas particularidades de cada abordagem. O SIMREF é uma SbN projetada para ser implementada principalmente em áreas urbanas e em locais de pequeno e médio porte, focando na restauração das funções ecológicas da floresta de forma mais rápida, recriando um ambiente natural e frequentemente exigindo um investimento financeiro menor. Por outro lado, os métodos tradicionais geralmente demandam extensas áreas e acarretam custos mais elevados.

Ao comparar os custos dos principais serviços ecossistêmicos com os custos de implementação do SIMREF no Estado, constatamos resultados favoráveis, reafirmando a viabilidade econômica dessa medida estrutural. De acordo com o IPBES (2018), os custos dos principais serviços ecossistêmicos estão estimados da seguinte forma (Tabela 6).

Tabela 6 – Estimativa¹ anual em dólares (US\$) dos custos dos principais serviços ecossistêmicos.

Nº	SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS	CUSTO POR/ANO (US\$)
1	Polinização	235 a 577 bi
2	Regulação do Clima	1,2 a 4,1 tri
3	Purificação da Água	2 a 4,4 tri
4	Produção de Alimentos	1,8 a 3,2 tri
5	Controle de Enchentes	27 a 57 tri
6	Turismo e Recreação	7 a 8,8 tri
7	Produção de Madeira	600 bi
8	Melhoria da Qualidade do Ar	0,5 a 1 tri
9	Saúde Mental e Bem-Estar	120 a 300 bi

¹Estes valores podem variar de acordo com as circunstâncias locais e as metodologias de avaliação utilizadas.

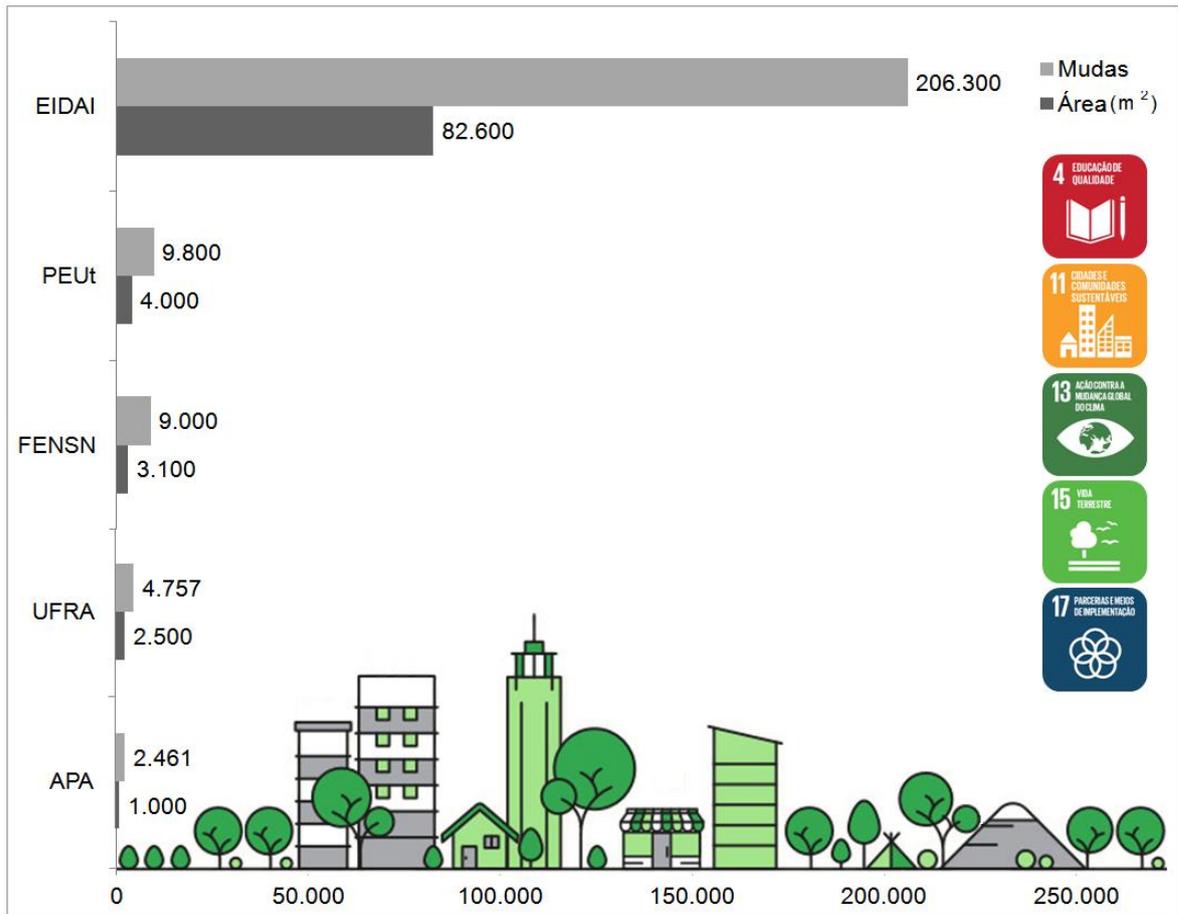
Fonte: IPBES (2018).

Com base nos valores preconizados e na análise minuciosa dos custos envolvidos na implementação do SIMREF, torna-se incontestável que essa iniciativa representa uma oportunidade substancial de impacto positivo. Não apenas do ponto de vista econômico, ao considerar os investimentos necessários e os benefícios de longo prazo gerados pela restauração florestal, mas também no que tange à salvaguarda das comunidades locais e dos ecossistemas em face de potenciais desastres naturais. Dessa forma, promove-se um desenvolvimento mais resiliente e sustentável para as atuais e futuras gerações.

4.3 SISTEMA MIYAWAKI NA REDUÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

Ao analisar a Figura 12, foi observado que no período de 1992 a 2023, a implementação do SIMREF em Belém abrangeu tanto áreas privadas, como as pertencentes à Eidai do Brasil Madeiras S.A. (82.600 m²; 206.300 mudas) e a Fazenda da Esperança Nossa Senhora de Nazaré (FENSN) (3.100 m²; 9.000 mudas), quanto áreas públicas, como o Parque Estadual do Utinga Camillo Vianna (PEUt) (9.800 m²; 4.000 mudas), a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) (2.500 m²; 4.757 mudas) e a Área de Preservação Ambiental da Ilha de Cotijuba (APA) (1.000 m²; 2.461 mudas).

Figura 12 - Área restaurada em m² e o quantitativo de mudas plantadas em Belém, PA, utilizando o Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais, entre 1992 a 2023.



Fonte: Organização das Nações Unidas (2015) e Instituto Amigos da Floresta Amazônica (2024).

Para viabilizar o plantio das mudas em Belém, o instituto ASFLORA atua em três etapas: antes, durante e depois da implantação do SIMREF. Na fase antes, realiza levantamentos detalhados das áreas a serem restauradas em colaboração com a comunidade, identificando locais adequados e selecionando as espécies vegetais mais apropriadas. Durante a fase de plantio, mobiliza equipes especializadas, com ênfase na participação de crianças e adolescentes, supervisionando todo o processo e monitorando o crescimento das mudas. Depois da implantação, prossegue com atividades de monitoramento do desenvolvimento das mudas, gestão das áreas plantadas e avaliação dos resultados para reforçar a resiliência comunitária e fomentar práticas sustentáveis.

Nesse contexto, é possível inferir que o plantio de mudas nessas áreas desempenha um papel crucial na GRD por meio dos serviços ecossistêmicos prestados, atuando de duas maneiras distintas (Figura 13). Primeiramente, reduzindo a exposição física aos perigos naturais ao servir como barreiras protetoras

ou amortecedores que ajudam a mitigar impactos. Em segundo lugar, contribui para a diminuição das vulnerabilidades socioeconômicas associadas aos riscos de desastres.

Figura 13: Plantio de mudas no Parque Estadual do Utinga Camillo Vianna, em Belém, PA, utilizando o Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais, 2019.



Fonte: Instituto Amigos da Floresta Amazônica (2020).

O plantio de árvores nessas áreas é ainda mais relevante devido à porção continental de Belém apresentar diferenças altimétricas de até 4 metros em relação ao nível do mar, caracterizando-se como "baixadas" e sendo uma região densamente povoada. Por esse motivo, essas áreas são fortemente influenciadas pelas bacias hidrográficas, tornando-as propensas a terrenos alagados permanentemente ou sujeitos a inundações periódicas (SANTOS; ROCHA, 2013). Essa situação se intensifica durante o inverno amazônico, que ocorre entre os meses de dezembro a maio (PEREIRA; SZLAFSZTEIN, 2016).

À medida que o instituto ASFLORA realiza a restauração dessas áreas, mais espaços verdes ficam disponíveis para a população de Belém, influenciando na redistribuição das águas pluviais e na capacidade de absorção, direcionamento e retenção das águas que penetram no solo. Isso auxilia na prevenção dos impactos

provocados por desastres naturais (BALBINOT et al., 2008; WANG; et al, 2008). Segundo Machado e Torres (2012, p. 104) “a vegetação cumpre papel dos mais significativos, atuando como elemento que equaciona a relação entre precipitação, infiltração e escoamento superficial” (Tabela 7).

Tabela 7: Relação entre chuvas, cobertura vegetal e escoamento superficial.

TIPOLOGIA DA ÁREA	% DE CHUVA RETIDA NO LOCAL	% ESCOADO
Bacias naturais/florestais	80 a 100	0 a 20
Bacias com ocupação agrícola/cultivos	40 a 60	40 a 60
Bacias com ocupação residencial	40 a 50	50 a 60
Bacias com ocupação urbana pesada	0 a 10	90 a 100

Fonte: Machado e Torres (2012, p. 104).

Com base nos dados da Tabela 7, é evidente que a vegetação desempenha um papel fundamental na regulação dos mananciais, pois é reguladora dos fluxos de água, controlando o escoamento superficial e proporcionando a recarga natural dos aquíferos. Assim, “quanto mais expressiva a cobertura vegetal, tanto maior será a infiltração de água no solo e, conseqüentemente, menor serão o escoamento superficial e seus efeitos diretos combinados” (MACHADO; TORRES, 2012, p. 104).

No entanto, é importante salientar que os plantios mais recentes, exemplificados pelo plantio de 2.461 mudas na APA da Ilha de Cotijuba, em uma área costeira de 1.000 m², ainda não apresentam uma cobertura vegetal densa. Essa situação pode contribuir significativamente para o aumento dos problemas de erosão costeira quando comparada aos plantios mais antigos.

À medida que as florestas do método Miyawaki atingem estratos superiores, suas copas passam a interceptar parte da água da chuva, exercendo influência direta sobre a quantidade de água que chega ao solo e, conseqüentemente, nos processos hidrológicos locais. De acordo com Machado e Torres (2012), as folhagens das florestas, por exemplo, interceptam em média 17% do total precipitado, ou seja, esse percentual não chega ao solo, prevenindo assim o primeiro impacto erosivo causado pela ação mecânica das gotas da chuva.

Esse potencial é maximizado através do plantio denso de árvores, promovendo o acelerado crescimento da floresta (Figura 14) (SILVA; SILVA JR, 2020). Essa capacidade é ainda mais notável em áreas com estágios sucessionais

mais avançados, onde as árvores de maior porte se encontram dispostas de forma mais adensada (ZIMMERMANN et al., 2013; LIVESLEY et al., 2014).

Figura 14 - Área de plantio adensado no Parque Estadual do Utinga Camillo Vianna, em Belém, PA, utilizando o Sistema Miyawaki de Restauração Florestal, 2023.



Fonte: Zuniga (2023).

Por conseguinte, o sistema radicular das árvores, "constituído de uma infinidade de filamentos microscópicos aderentes aos grãos de solo, dá uma solidez muito maior à sua estrutura, ao mesmo tempo em que aumenta sua porosidade" (BRANCO; ROCHA, 1977, p. 78), garantindo também uma alta infiltração da água que alimenta o lençol freático durante o ano todo.

Destaca-se ainda que o SIMREF possa contribuir para a mitigação das mudanças climáticas ao reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em diferentes escalas. Em Belém, áreas restauradas com o plantio de árvores têm a capacidade de absorver grandes quantidades de CO₂ da atmosfera durante seu crescimento, por meio da fotossíntese e da alocação de carbono estrutural e não estrutural, principalmente nos órgãos lenhosos (KÖRNER 2003; LOCOSSELLI; BUCKERIDGE, 2017). Um exemplo prático disso é o caso do plantio implantado no município de Sorocaba, em São Paulo, onde estudos demonstraram que a presença

de 134 mil árvores de 143 espécies diferentes neutralizou 1,7 mil toneladas de CO₂, trazendo melhorias no conforto térmico e na qualidade do ar para os moradores (BPMA, 2021).

Assim sendo, as árvores desempenham um papel significativo na interceptação da poluição do ar, retendo passivamente o material particulado e os elementos adsorvidos em suas superfícies, especialmente nas cascas devido à sua rugosidade, e absorvidos ativa ou passivamente pelos estômatos e cutícula das folhas (MCDONALD et al., 2007; JANHÄLL, 2015; JEANJEAN et al., 2016). Esse potencial de retenção aumenta com o tamanho das árvores, devido à maior área de deposição de folhas e cascas, resultando em uma capacidade que pode ser até 70 vezes maior do que árvores de pequeno porte (MCPHERSON et al., 1994).

Durante o plantio de mudas, não só se promove ativamente a restauração florestal, mas também se estimula a conscientização da comunidade local através da educação ambiental (Figura 15).

Figura 15: Promoção da educação ambiental no Parque Estadual do Utinga Camillo Vianna, em Belém, PA, 2019.



Fonte: Instituto Amigos da Floresta Amazônica (2020).

No que diz respeito à GRD, o SIMREF desempenha um papel fundamental nas fases de prevenção e preparação (Tabela 8).

Tabela 8: Articulação entre o Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais e a Gestão de Riscos e Desastres em Belém, Pará, Brasil.

GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES (GRD)	FASES	FUNÇÕES	BENEFÍCIOS	
	PREVENÇÃO		Promoção da Educação Ambiental	Cria ambientes propícios para atividades educativas, com o objetivo de sensibilizar a comunidade sobre a importância da preservação ambiental, contribuindo assim para a Redução de Riscos de Desastres (RRD).
			Aumento da biodiversidade e habitat para espécies nativas	Auxilia na prevenção de desequilíbrios ecológicos por meio da criação de ambientes favoráveis ao desenvolvimento e proteção de espécies locais, fortalecendo, assim, a resiliência ambiental.
			Melhoria da qualidade do ar e redução da poluição	Absorve o CO ₂ da atmosfera, auxiliando na mitigação dos impactos das mudanças climáticas, promovendo a purificação do ar e atuando na prevenção de riscos à saúde e ao meio ambiente.
			Redução do efeito ilha de calor	Favorece sombra e resfriamento, contribuindo para a proteção contra ondas de calor extremo e fortalecendo as medidas preventivas relacionadas aos impactos do calor excessivo.
			Proteção das nascentes e mananciais	Retém água no solo, reduzindo a erosão e visando à proteção dos recursos hídricos locais, promovendo assim a gestão sustentável dos recursos naturais, auxiliando na mitigação de secas.
			Estímulo à participação comunitária na conservação ambiental	Envolve os moradores no plantio e cuidado das miniflorestas, promovendo a participação ativa na preservação ambiental e na redução de riscos.
			Estabelecimento de ambientes mais seguros	Cria ambientes mais seguros ao contribuir para evitar o retorno da população a moradias desocupadas, promovendo o estabelecimento de florestas densas.
			Proteção contra incêndios florestais	Contribui para a umidade do ambiente, dificultando a propagação do fogo, enquanto o sistema radicular das árvores ajuda a reter a umidade do solo, tornando-o menos suscetível ao fogo.
		Redução dos riscos de hidrológicos	Absorve a água e estabiliza o solo por meio das árvores, bem como, reduz a velocidade da água durante chuvas intensas, aumenta a infiltração e mitiga possíveis desastres, além de diminuir o assoreamento de canais fluviais.	

	Melhoria da drenagem em áreas urbanas	Contribui para a redução de enchentes e alagamentos ao estabelecer um sistema natural de drenagem, auxiliando na adaptação urbana diante dos riscos ambientais.
	Estabilização do solo e prevenção da erosão	Previne a erosão em áreas vulneráveis ao fortalecer o solo, contribuindo para a redução dos riscos associados à instabilidade geotécnica.
	Obstáculos contra vento e ruído	Age como obstáculo físico, reduzindo a velocidade do vento e, conseqüentemente, os danos causados por eventos climáticos severos, fortalecendo as medidas de mitigação e oferecendo proteção natural contra os impactos negativos do vento e do ruído.
PREPARAÇÃO	Fornecimento de alimentos e recursos emergências	Fornece frutas, ervas e materiais vegetais úteis em momentos críticos, contribuindo para a segurança alimentar e oferecendo recursos em situações de emergência.
	Segurança alimentar em áreas urbanas	Amplia as opções disponíveis para a população local, contribuindo para a segurança alimentar por meio do cultivo de uma variedade de alimentos.
	Conscientização para desastres naturais	Acompanhado por programas educativos que buscam conscientizar a população sobre os riscos de desastres naturais e como a vegetação densa pode ajudar na prevenção e mitigação desses eventos, preparando as comunidades para lidar com situações adversas.
	Corredores verdes para evacuações emergenciais	Facilita as evacuações em casos de emergência, proporcionando rotas seguras para a população e facilitando a resposta a desastres.
	Resiliência das comunidades diante de desastres naturais	Contribui para o bem-estar físico e mental das pessoas, fortalecendo as comunidades diante de desafios naturais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Com base na Tabela 8, nota-se que o SIMREF e a GRD operam de forma integrada, promovendo resiliência e proteção ambiental no município de Belém, Estado do Pará. Enquanto o SIMREF se concentra na restauração ecológica através de um plantio denso e diversificado, a GRD foca na identificação, redução de riscos e preparação para situações adversas. Assim, ao implementar o SIMREF em Belém, o instituto ASFLORA está diretamente colaborando para alcançar todos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Agenda 2030 da ONU, com foco nos ODS 4, 11, 13, 15 e 17 (Figura 16).

Figura 16: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Método Miyawaki de Restauração Florestal **Contribue para os ODS**



Fonte: Adaptado de Organização das Nações Unidas (2015).

Nesse sentido, o SIMREF se destaca como uma abordagem inovadora e promissora, baseada nos princípios da SbN. Essa metodologia não apenas visa à restauração ecológica, mas também busca promover a resiliência dos ecossistemas naturais, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais e para a adaptação às mudanças climáticas, sobretudo no que diz respeito à gestão eficaz dos riscos de desastres naturais em Belém.

5 CONCLUSÃO

O estudo atendeu às expectativas do objetivo geral, demonstrando que a implementação da SbN através do SIMREF tem o potencial de contribuir de forma positiva na redução dos riscos de desastres em Belém, através da educação ambiental, da recuperação de áreas desflorestadas, na mitigação dos desastres naturais, no aumento de segurança alimentar e na promoção da sustentabilidade ambiental, interagindo com a gestão de risco de desastre definida nas normas e práticas de Proteção e Defesa Civil.

O embasamento teórico apresentado no segundo capítulo proporcionou a compreensão do estudo, ao explorar os conceitos relacionados a desastres, destacar os principais tipos de ocorrências no Brasil, no Estado do Pará e no município de Belém. Além disso, abordou os principais tipos de soluções baseadas na natureza (conforme Tabela 4) e as etapas necessárias para a implementação do sistema Miyawaki de restauração.

A análise da expansão da implementação do SIMREF no Estado do Pará, no período de 1992 a 2023, conforme discutido no quarto capítulo, evidenciou o plantio de 613.445 mudas de espécies nativas em uma área de 23,37 hectares distribuída em onze municípios. Belém se destacou entre os municípios contemplados, com o plantio de 232.318 mudas em uma área de 9,32 hectares. Foi constatado que a expansão do SIMREF requer uma maior variedade e quantidade de mudas para garantir a densidade apropriada de árvores por hectare, o que pode resultar em benefícios relevantes na mitigação dos riscos de desastres naturais e na preservação das condições ambientais.

A implementação do SIMREF prevê um custo de R\$ 27.988,00 (vinte e sete mil, novecentos e oitenta e oito reais) para restaurar uma área de 300 m² através do plantio de 1.000 mudas, no Estado do Pará. Durante a análise, observou-se que os gastos com pessoal representaram a maior parte dos custos, seguidos pelos dispêndios com insumos, material, encargos e transporte. Os custos de manutenção não foram quantificados, pois essa responsabilidade é transferida para a comunidade após a implementação.

O investimento financeiro no SIMREF se mostra compensatório em relação aos custos associados aos danos e prejuízos causados por desastres de origem hidrológica, geológica ou geofísica, meteorológica e climatológica no Brasil e no

estado do Pará, conforme apresentado pelo MDR (Tabelas 2 e 3). A análise comparativa dos custos envolvidos nos serviços ecossistêmicos ressalta a viabilidade econômica e ambiental do SIMREF.

O objetivo específico de avaliar o impacto do SIMREF na redução de desastres naturais em Belém foi parcialmente alcançado devido ausência de monitoramento direcionado à Redução de Risco de Desastres (RRD). É fundamental destacar que o foco principal do instituto ASFLOA com a implementação do SIMREF é incentivar a participação comunitária na conservação ambiental, promover a educação ambiental e restabelecer processos ecológicos. Apesar dessa limitação no estudo, é crucial ressaltar que o SIMREF apresenta uma contribuição significativa para a RRD em Belém. Pesquisas realizadas em torno da fábrica da Toyota em Sorocaba, no estado de São Paulo, confirmam que a metodologia Miyawaki é eficaz na redução dos impactos de desastres naturais.

Ao ser implantado, o SIMREF garante maior solidez à estrutura do solo, aumenta sua porosidade e favorece a infiltração da água no lençol freático. Assim, o sistema desempenha um papel crucial na prevenção de alagamentos e inundações, ao absorver parte da água pela vegetação e reforçar a estabilidade do solo. Além disso, contribui para a redução das emissões de CO₂, a melhoria da qualidade do ar e o combate à poluição atmosférica, entre outros benefícios. Tornando-se assim uma solução multifuncional e sustentável para os desafios ambientais.

Portanto, torna-se imprescindível que estudos futuros realizem atualizações, visando ampliar a compreensão do impacto do SIMREF na redução de desastres naturais em Belém, Pará, Brasil. A contínua evolução desses estudos não apenas impulsionará o progresso do conhecimento científico, mas também fornecerá dados essenciais para a implementação de medidas eficazes de prevenção e resposta a desastres. Esta abordagem se torna ainda mais crucial diante da necessidade urgente de fomentar a resiliência e sustentabilidade das áreas urbanas frente aos desafios decorrentes das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. 2023. **Painel El Niño 2023-2024**. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/painel-el-nino/boletins/mensal/painel_el_nino_boletim_mensal_no_02.pdf. Acesso em: 20 jun. 2024.
- ANDRADE, M. **Pesquisadora explica principais causas de alagamentos em Belém**. 2021. Disponível em: https://novo.ufra.edu.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2913:pesquisadora-explica-principais-causas-de-alagamentos-em-belem&catid=17&Itemid=121. Acesso em: 17 jun. 2024.
- ANUÁRIO. **Processo de Ocupação do Território de Belém**. 2020. Disponível em: <https://anuario.belem.pa.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/Aspectos-do-Municipio.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2024.
- ARAUJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 320 p., 2009.
- ASFLOA. Instituto Amigos da Floresta Amazônica. **Relatório Demonstrativo do Projeto Miyawaki (1996 a 2020)**. Marituba, PA: ASFLOA, 2020.
- ASFLOA. Instituto Amigos da Floresta Amazônica. **Relatório Demonstrativo do Projeto Miyawaki (1996 a 2023)**. Marituba, PA: ASFLOA, 2024.
- BALBINOT, R. et al O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. *Ambiência*, **Guarapuava**, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008.
- BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. *Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo*, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.
- BOSCH, M. V. D.; SANG, O. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – a systematic review of reviews. *Environmental*, p. 373-384, 2017.
- BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. **Elementos de Ciências do Ambiente**. CETESB / São Paulo, SP, 1987.
- BRASIL PELO MEIO AMBIENTE – BPMA. **Projeto morizukuri - toyota do brasil "criando florestas para todos e para sempre"**. 2021. Disponível em: <https://brasilpelomeioambiente.com.br/projeto-morizukuri/#:~:text=Toyota%20do%20Brasil&text=Para%20o%20desenvolvimento%20desse%20projeto,para%20crescer%20em%20condi%C3%A7%C3%B5es%20naturais>. Acesso em: 10 jan. 2024.

BRASIL. Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2012.

BRASIL. Lei nº 14.750, de 12 de dezembro de 2023. Altera as Leis nºs 12.608, de 10 de abril de 2012, e 12.340, de 1º de dezembro de 2010, para aprimorar os instrumentos de prevenção de acidentes ou desastres e de recuperação de áreas por eles atingidas, as ações de monitoramento de riscos de acidentes ou desastres e a produção de alertas antecipados. **Diário Oficial da União**, Brasília: 2023.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Departamento de Prevenção e Preparação. Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos**: livro base / Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. - Brasília: Ministério da Integração Nacional, Brasília/ DF, 2017.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional**. Portaria nº 260, de 2 de Fevereiro de 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/secretaria-nacional-de-protacao-e-defesa-civil/Portaria260e3646consolidao_.pdf. Acesso em: 23 jan. 2024.

BUCKERIDGE, M. S. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. **Estudos Avançados**, v.29, n.84, p.85-101, 2015.

CALLIARI, E.; STACCIONE, A.; MYSIAK, J. An assessment framework for climate-proof nature-based solutions. *Science of the Total Environment*, v. 656, p. 691-700, 2019.

CARBONE, A. S., CAMPOS, F. S.; Sulaiman, S. N. Cidades resilientes: A contribuição das Soluções baseadas na Natureza. *In*: SULAIMAN, S. (Ed.). Caderno Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres, Ministério do Desenvolvimento Regional, p. 108-119, 2021.

CARVALHO, D. W. Os serviços ecossistêmicos como medidas estruturais para prevenção dos desastres. **Revista de Informação Legislativa**, 206, 53-65, 2015.

CARVALHO, D. W.; DAMACENA, F. D. L. A intensificação dos desastres naturais, as mudanças climáticas e o papel do Direito Ambiental. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, n. 193, p. 83-97, 2012.

CASTRO, A. L. C. Desastres Naturais. **Manual de Desastres**, v. 1. Ministério da Integração Nacional. Brasília, 2003. Disponível em: http://www.campinas.sp.gov.br/governo/secretaria-de-governo/defesa-civil/desastres_naturais_vol1.pdf. Acesso em: 7 mar. 2023.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES - CEPED/RS-UFRGS. **Capacitação em gestão de riscos**. 2. ed. – Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. 270 p.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES (CEPED). **Capacitação em gestão de riscos**. 2ª ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. 270 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Carlos-Silva-Filho/publication/322801189_Capacitacao_em_gestao_de_riscos/links/5a70a5a8458515015e63f115/Capacitacao-em-gestao-de-riscos.pdf. Acesso em: 10 dez. 2023.

COMPANHIAS DOCAS DO PARÁ - CDP. **Diagnóstico ambiental do porto organizado de Belém**. 2021. Disponível em: https://cdp.com.br/wp-content/uploads/2021/07/Diagnostico-ambiental_Porto-Organizado-de-Belem.pdf. Acesso em: 12 fev. 2024.

DEFESA CIVIL DE SÃO BERNARDO DOS CAMPOS – COMDEC/ABC. **Perfil esquemático de enchente, inundação e alagamento**. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Perfil-esquematico-de-enchente-inundacao-e-alagamento-Defesa-Civil-de-Sao_fig1_311992836. Acesso em; 14 jan. 2024.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT - GIZ. **Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) GmbH**. 2015. Disponível em: <https://www.giz.de/de/html/index.html>. Acesso em: 15 jun. 2024.

ECOSSISTEMA. **Relatório de Impacto Ambiental - Rima do Terminal Pesqueiro Público de Belém – Pará**. 2008. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/398172539/RIMA-TPP-Belem-pdf>. Acesso em: 11 jan. 2024.

EGGERMONT, H.; BALIAN, E.; AZEVEDO, J. M. N.; BEUMER, V.; BRODIN, T.; CLAUDET, J.; FADY, B.; GRUBE, M.; KEUNE, H.; LAMARQUE, P.; REUTER, K.; SMITH, M.; HAM, C. V.; WEISSER, W. W.; ROUX, X. L. Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe. **GAIA**, 243-24, 2015.

EGIS-AMPLA CONSÓRCIO. **Plano de Saneamento Básico de Belém**. 2020. Disponível em: <https://arbel.belem.pa.gov.br/wp-content/uploads/2022/05/VOLUME-I-CARACTERIZACAO-GERAL-DE-BELEM.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2024.

ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES - EIRD. ONU. Organização EIRD/ONU, **Estratégia Internacional para Redução de desastres da Organização das Nações Unidas**. Terminologia sobre reducción del riesgo de desastres. Suíça: ONU: 2009. Disponível em: <https://www.pnrrc.pt/index.php/documentos-estruturantes/#:~:text=A%20Estrat%C3%A9gia%20Internacional%20de%20Redu%C3%A7%C3%A3o,Na%C3%A7%C3%B5es%20Unidas%20e%20demais%20Organiza%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em 21 jul. 2014.

EVERS, H.; INCAU, B.; CACCIA, L.; E CORRÊA, F. **Soluções baseadas na natureza para adaptação em cidades**: o que são e por que implementá-las. WRI Brasil. 2022. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/solucoes-baseadas-na-natureza-para-adaptacao-em-cidades-o-que-sao-e-por-que-implementa-las>. Acesso em: 27 jan. 2024.

FARBER, D.; FAURE, M. G. **Disaster Law**. London: Edward Elgar, 2010.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ - FIEP. **Eventos extremos**. 2024. Disponível em:

<https://paineldemudancasclimaticas.org.br/noticia/eventos-extremos#:~:text=Os%20eventos%20extremos%20s%C3%A3o%20fen%C3%B4menos,impactos%20significativos%20em%20diversas%20%C3%A1reas>. Acesso em: 10 jun. 2024.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 3.ed. rev. e atual. São Paulo: Fundação Dorina Nowill para Cegos, 2009.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FOREST IMPACT. **Método Miyawaki**. 2023. Disponível em:

<https://www.forestimpact.com/the-methodology>. Acesso em: 10 jan. 2024.

FRAGA, R. G.; SAYAGO, D. A. V. **Soluções baseadas na Natureza**: uma revisão sobre o conceito. *Parcerias Estratégicas*, 25.67-82, 2020.

FREITAS, C. M.; ROCHA, V. (Org.). **Agentes locais em desastres naturais**: defesa civil e saúde na redução de riscos: livro do aluno. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2014.

FREITAS, C. M.; XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1601-1616, 2012.

FURTADO, J. R. **Gestão de riscos e desastres**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012, 14 p.

GANN, G. D.; MCDONALD, T.; WALDER, B.; ARONSON, J.; NELSON, C. R.; JONSON, J.; HALLETT, J. G.; EISENBERG, C.; GUARIGUATA, M. R.; LIU, J.; HUA, F.; ECHEVERRÍA, C.; GONZALES, E.; SHAW, N.; DECLEER, K.; DIXON, K. W. International principles and standards for the practice of ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 27, n. S1, p. S1-S46, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONTIJO, N. T. **Avaliação das relações de frequência entre precipitações e enchentes raras por meio de séries sintéticas e simulação hidrológica**. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2007.

HERZOG, C.; ROZADO, C. Diálogo Setorial UE-Brasil sobre soluções baseadas na natureza. **Contribuição para um roteiro brasileiro de soluções baseadas na natureza para cidades resilientes**. Bruxelas: Comissão Europeia, 2019.

HUBBELL, S. P.; HE, F.; CONDIT, R.; BORDA-DE-ÁGUA, L.; KELLNER, J.; TER STEEGE, H. How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct?. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. Supplement 1, p. 11498- 11504, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades e Estados**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/>. Acesso em: 12 abr. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Divisão Regional do Brasil**. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html>. Acesso em: 9 mar. 2024.

IPBES. **Relatório de Avaliação Regional sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos para as Américas**. 2018. Disponível em: <https://www.ipbes.net/assessment-reports/americas>. Acesso em: 14 jan. 2024.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION – ISDR. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives**. Geneva: UN/ISDR, 2004.

JANHÄLL, S. Review on urban vegetation and particle air pollution - Deposition and dispersion. **Atmospheric Environment**, v.105, p.130-7, 2015.

JEANJEAN, A. P. R.; MONKS, O. S.; LEIGH, R. J. Modelling the effectiveness of urban trees and grass on PM_{2.5} reduction via dispersion and deposition at a city scale. **Atmospheric Environment**, v.147 p.1-10, 2016.

KESSTRA, S.; NUNES, J.; NOVARA, A.; FINGER, D.; AVELAR, D.; KALANTARI, Z.; CERDA, A. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. **Science of the Total Environment**, v. 610-611, pp. 997-1009, 2018.

KNABB, R. D.; RHOME, J. R.; BROWN, D. P. **Tropical Cyclone Report: Hurricane Katrina**. Miami: NHC, 2005. 43 p. Disponível em: www.nhc.noaa.gov/pdf/TCR-AL122005_Katrina.pdf. Acesso em: 16 jan. 2024.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Florianópolis: Organic Trading, 2006, 109 p.

KÖRNER, C. **Carbon limitation in trees**. *Journal of Ecology*, v.91, p.4-17, 2003.

LAVELL, A. Desastres y desarrollo: hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un desastre: el caso de mitch en centroamérica. **In:** GARITA, Nora; NOWALSKI, Jorge. *Del desastre al desarrollo sostenible: huracán mitch en centroamérica*. San Jose, Costa Rica: BID, CIDHS, 2000.

LEOPOLD, L. B. **A view of the river**. Cambridge: Harvard University Press, 1994. p. 110-125.

LIVESLEY, S. J.; BAUDINETTE, B.; GLOVER, D. Rainfall interception and stem flow by eucalypt street trees – The impacts of canopy density and bark type. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.13, n.1, p.192-7, 2014.

LOCAL GOVERNMENTS FOR SUSTAINABILITY - ICLEI. **Adaptação baseada em Ecossistemas: oportunidades para políticas públicas em mudanças climáticas**. Fundação Grupo Boticário, 2015.

LOCOSSELLI, G. M.; BUCKERIDGE, M. S. **Dendrochemistry, a missing link to further understand carbon allocation during growth and decline of trees**. *Trees, Structure and Function*, v.31, n.6, p.745-58, 2017.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução a hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MARQUES, T. H. N.; RIZZI, D.; FERRAZ, V.; HERZOG, C. P. Soluções baseadas na natureza: conceituação, aplicabilidade e complexidade no contexto latino-americano, casos do Brasil e Peru. **Revista LABVERDE**, São Paulo, v. 11, n. 01, p. 15-49, 2021.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e áreas de mineração. 3. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2013. 264 p.

MATTA, M. A. S. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil**. Tese de Doutorado em Geologia. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, 2002. p. 292.

MAZZEO, T. E. 1991. **Avaliação Ambiental das Vias de Drenagem da Região Metropolitana de Belém (PA), quanto a distribuição dos elementos Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn**. Belém. Dissertação. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 1991. 141p.

MCDONALD, A. G. et al. Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM₁₀ in two UK conurbations. **Atmospheric Environment**, v.41, n.38, p.8455-67, 2007.

MCPHERSON, E. G.; NOWAK, D. J.; ROWNTREE, R. A. Chicago's urban forest ecosystem: Results of the Chicago urban forest climate project. *In*. USDA Forest Service Northeastern Forest Experiment Station general technician report: NE-186, 1994.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT - MEA. **Ecosystems and human well being: biodiversity synthesis**. Washington, DC: World resources institute, 2005.
MIN – Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Defesa Civil. Política Nacional de Defesa Civil. Brasília: MIN, 2007. 81p.

MINAYO, M. C. **O Desafio do Conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. Rio de Janeiro: Abrasco, 2007.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL – MDR. **Registros de desastres ocorridos no território nacional entre os anos de 1991 e 2023**. 2024. Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/index.xhtml>. Acesso em: 14 jul. 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MIN. Secretaria de Defesa Civil. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília: MIN, 2007. 81p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Acordo de Paris**. 2019. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em: 20 jan. 2024.

MIYAWAKI, A. Restoration of living environment based on vegetation ecology: theory and practice. **Ecol Res**, v.19, n.1, p.83–90. 2004.

MIYAWAKI, A. Creative ecology: restoration of native forests by native trees. **Plant Bio-technol**, v. 16, n.1, p.15-25, 1999.

MIYAWAKI, A.; GOLLEY, F. B. Forest reconstruction as ecological engineering. **Ecologi-cal Engineering**, v. 2, n.4, p.333-345. 1993.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. A. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005.

MOTTA, R. S. **Oportunidades e barreiras no financiamento de Soluções Baseadas na Natureza**. CEBDS e iCS., 2020.

OICS. **Conhecendo e entendendo Sbn**. 2023. Disponível em: <https://catalogo-sbn-oics.cgee.org.br/capitulos/conhecendo-e-entendendo-sbn/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

OLIVEIRA, A. G.; CORREIA, R. L. J.; SOUZA FILHO, R. P.; MENEZES, J. E. X. Soluções baseadas na natureza (sbn) para cidades mais resilientes e menos desiguais: um estudo exploratório sobre o potencial das sbn em áreas urbanas vulnerabilizadas. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, p. 8-28, 2023. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/8763/5120>. Acesso em: 10 jun. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>. Acesso em: 12 nov. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Relatório da ONU revela aumento alarmante nos efeitos da mudança climática**, ONU News. 2023. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/04/1813222>. Acesso em: 06 jun. 2024.

PEREIRA, D. M.; SZLAFSZTEIN, C. F. Ameaças e desastres naturais na Amazônia Sul Ocidental: análise da bacia do rio Purus. **Raega: o Espaço Geográfico em Análise**, v. 35, p. 68-94, 2016.

PEREIRA, I.C.B.; RODRIGUES, T.E.; GARNA, J.R.N.F.; SOUZA-FILHO, P.W.M. **Reconhecimento da cobertura vegetal da várzea do rio Guamá (Pará) a partir de imagens de sensores remotos**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi . Belém, v. 1, n. 1, p. 209-220, jan/abr. 2005.

PONTES, M. L. C., LIMA, A.M., JUNIOR, J.A.S. Dinâmica das áreas de várzea do município de Belém/PA e a influência da precipitação pluviométrica na formação de pontos alagamentos. **Caderno de Geografia**, v. 27, n.49, p. 285-303. 2017.

SANTOS, C. D. A formação e produção do espaço urbano: discussões preliminares acerca da importância das cidades médias para o crescimento da rede urbana brasileira. **Rev. Bras. de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 5, n. 1, p. 177-190, 2009.

SANTOS, F. A. A. **Alagamento e inundação urbana: modelo experimental de avaliação de risco**. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi e EMBRAPA, Belém, 2010.

SANTOS, F. A. A.; ROCHA E. J. P. Alagamento e inundação em áreas urbanas estudo de caso: cidade de Belém. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 02, n. 2, p. 33 - 55, jul./dez. 2013.

SCORTEGAGNA, A; REBOLHO, B. C. S. Principais áreas de risco para desastres naturais na cidade de Curitiba-PR no ano de 2009. **12º. PAIC**. Caderno de Iniciação Científica. FAE. Núcleo de Pesquisa Acadêmica. Curitiba, 2010.

SILVA, D. C. **Especialização e Análise do Sistema Miyawaki de Restauração de Ecossistemas Florestais Implantado na Região de Integração do Guajará, PA, período de 1996-2020**. 7 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Instituto Ciber Espacial, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belem, 2021.

SILVA, D. C.; SILVA JUNIOR, J. A. Utilização do sistema miyawaki de restauração de ecossistemas registrada nos últimos anos na região metropolitana de Belém-Pará-Brasil. In: Simposio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazonia, 09., 2020, Belém - PA. [Anais...] Disponível em: https://paginas.uepa.br/pcambientais/simposio/anais_simposio_ppgca_2020_volume_3_trabalho_completo.pdf. Acesso em: 10 fev. 2024.

SMITH, K. **Environmental hazards**: assessing risk and reducing disaster. Florence: Routledge Publisher, 2000.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL – SER. **The SER primer on ecological restoration**. Society for Ecological Restoration International, Science and Policy Working Group, 2004. Disponível em: <http://www.ser.org>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SPURR, S. J.; BARNES, B. V. **Ecologia Florestal**. New York, Ronald Press, 1980. 571 p.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. **Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest**: Lessons from aging human-modified landscapes. 2010. Disponível em: https://www.academia.edu/26649744/Prospects_for_biodiversity_conservation_in_the_Atlantic_Forest_Lessons_from_aging_human-modified_landscapes. Acesso em: 11 jan. 2024.

TEODORO, P. H. M.; NUNES, J. O. R. Os alagamentos em presidente prudente-sp: um trabalho interdisciplinar embasado no mapeamento geomorfológico. **Revista Formação**, n.17, vol. 2, p. 81-102, 2011.

TOBIN, G. A; MONTZ, B. E. **Natural hazards**: explanation and integration. New York: The Guilford Press, 1997. 388p.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (orgs.) **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

TUCCI, C. M. Controle de enchentes. In: TUCCI, C.M. (Org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade/Edusp; ABRH, 1993. 944 p.

UNASUS/UNIFESP. **Gestão local de desastres naturais para a atenção básica**. 2016. p. 98-113. Disponível em: <http://moodle.unasus.unifesp.br>. Acesso em: 13 jan. 2024.

UNIÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – UICN. **Relatório Anual de 2019**. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-012-Pt.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2024.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNISDR. **Hyogo Framework for Action 2005-2015**: Building the resilience of nations and communities to disasters. Terminology, 2017. Disponível em: <https://www.unisdr.org/we/inform/terminology>. Acesso em: 09 jan. 2024.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-based solutions for water**. Paris: UNESCO, 2018. ISBN: 978-92-3-100264-9. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. Acesso em: 21 mai. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC - Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil - CEPED. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 – 2019/ Banco Mundial**. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Florianópolis: FAPEU, 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil – Ceped/UFSC. **Capacitação em Proteção e Defesa Civil**, Curso 1: Introdução à política nacional, 2021. E.V.G – Escola Virtual. Disponível em: www.escolavirtual.gov.br. Acesso em: 10 abr. 2024.

WANG, J.; ENDRENY, T. A.; NOWAK, D. J. Mechanistic simulation of tree effects in an urban water balance model. **Journal of the American Water Resources Association**, Middleburg, v. 44, p. 74-85, 2008.

YOUNG, A. F.; MARENGO, J. A.; MARTINS COELHO, J. O.; SCOFIELD, G. B.; OLIVEIRA SILVA, C. C.; PRIETO, C. C. The role of nature-based solutions in disaster risk reduction: The decision maker's perspectives on urban resilience in São Paulo state. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, 39, 1-10, 2019.

ZIMMERMANN, B. et al. Changes in rainfall interception along a secondary forest succession gradient in lowland Panama. **Hydrology and Earth System Science**, v.17, p.4659-70, 2013.

ZUNIGA, N. **Do Japão ao Brasil: Reflorestando a Amazônia com o método Miyawaki**. 2023. MONGABAY. Disponível em: <https://news.mongabay.com/2023/01/from-japan-to-brazil-reforesting-the-amazon-with-the-miyawaki-method/>. Acesso em: 11 jan. 2024.