



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES
NATURAIS NA AMAZÔNIA

DENISSON COELHO DA SILVA

MAPEAMENTO E GESTÃO DE RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES EM UMA
UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NA AMAZÔNIA

BELÉM-PA

2022

DENISSON COELHO DA SILVA

**MAPEAMENTO E GESTÃO DE RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES EM UMA
UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres na Amazônia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

Área de concentração: Minimização de Riscos e Mitigação de Desastres Naturais na Amazônia

Linha de pesquisa: Vulnerabilidade da População em Áreas de Riscos

Orientador: Prof^o. Dr. Bergson Cavalcanti de Moraes

BELÉM-PA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586m Silva, Denisson Coelho da.
Mapeamento e gestão de risco de queda de árvores em uma
unidade de conservação na Amazônia / Denisson Coelho da Silva.
— 2022.
86 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Bergson Cavalcanti de Moraes
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Gestão
de Risco e Desastre na Amazônia, Belém, 2022.

1. Desastre. 2. População. 3. Gerenciamento. 4. Segurança.
I. Título.

CDD 582.16

DENISSON COELHO DA SILVA

**MAPEAMENTO E GESTÃO DE RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES EM UMA
UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres na Amazônia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

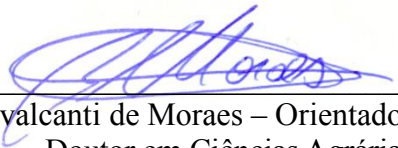
Área de concentração: Minimização de Riscos e Mitigação de Desastres Naturais na Amazônia

Linha de pesquisa: Vulnerabilidade da População em Áreas de Riscos

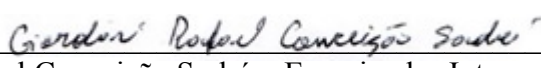
Orientador: Prof^o. Dr. Bergson Cavalcanti de Moraes

Data de Aprovação: 23/02/2022.

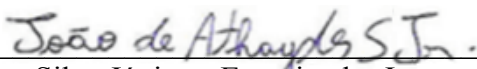
Banca Examinadora:



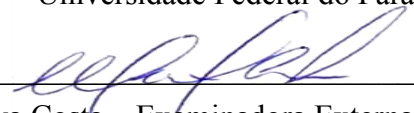
Prof^o. Bergson Cavalcanti de Moraes – Orientador
Doutor em Ciências Agrárias
Universidade Federal do Pará



Prof^o. Giordani Rafael Conceição Sodré – Examinador Interno
Doutor em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Pará



Prof^o. João de Athaydes Silva Júnior – Examinador Interno
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará



Prof^a. Merilene do Socorro Silva Costa – Examinadora Externa
Doutora em Ciências Agrárias
Universidade Federal Rural da Amazônia

Dedico esta dissertação aos meus pais, Severino Nascimento da Silva e Maria Auxiliadora Nonato Coelho, pelo apoio incondicional e por todo o esforço feito em nunca me deixar desfalecer, nas caminhadas da vida. O meu obrigado eterno.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por ter me possibilitado chegar onde 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, Severino Nascimento da Silva e Maria Auxiliadora Nonato Coelho, e meu irmão Jhemeson Coelho da Silva, pelo apoio e por apostarem em mim, mais que ninguém e que certamente, são os que mais vibram e compartilham de minha alegria.

Ao meu orientador, Prof^o. Dr. Bergson Cavalcanti de Moraes, pelas orientações, ensinamentos, paciência, incentivo, o meu muito obrigado.

Aos professores membros da banca de dissertação Prof^o. Dr. Giordani Rafael Conceição Sodré, Prof^o. Dr. João de Athaydes Silva Júnior e Prof^a. Dra. Merilene do Socorro Silva Costa, pelas idéias, críticas e colaborações fornecidas.

À Universidade Federal do Pará, em especial ao Instituto de Geociências, e a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, pelos valiosos conhecimentos transmitidos.

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente e, em especial, a Assessora Estratégica, Andriele Costa Raposo, por ter autorizado a realização desta pesquisa na área do Museu Parque Seringal.

Aos funcionários da Universidade Federal do Pará e, em especial ao Raimundo Claudio Silva da Silva, Secretário do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, por todo apoio dado durante a realização desta caminhada.

À minha amiga, Maria Beatriz Medeiros Batista (*in memoria*), que não pode me acompanhar até o final desta caminhada, mas sei que em algum lugar deve estar vibrando com a minha vitória. Saudades eternas!

À Eng.^a Flor., Ana Kethlen Menezes do Nascimento, pela amizade a mim dedicada e por não ter medido esforços para ir a campo realizar o que fosse necessário para que esta dissertação fosse concluída, obrigado por fazer parte desta caminhada.

À Eng.^a Agro. e Flor., Dayseanne Oliveira de Alencar, pela amizade a mim dedicada e pela contribuição na tradução do abstract, o meu muito obrigado.

Por último, mas não menos importante, agradeço à Suzanna Ramos dos Santos Mata, Janny Cristina Barata de Melo, Lana Carolina Ferreira Pinheiro e Romulo Almeida Sarmento, mesmo sabendo que iria sobrecarregá-los no trabalho, nunca disseram não ou deixaram de me apoiar para a conclusão desta dissertação, o meu muito obrigado.

"Não é a terra que é frágil. Nós é que somos frágeis. A natureza tem resistido a catástrofes muito piores do que as que produzimos. Nada do que fazemos destruirá a natureza. Mas podemos facilmente nos destruir."

James Lovelock

RESUMO

As unidades de conservação são espaços de interação social que oferecem diversos benefícios para a população. No entanto, as árvores abrigadas nestes espaços, podem possuir defeitos estruturais, e estão sujeitas as variáveis meteorológicas, como a precipitação hídrica e a rajadas de vento. Assim sendo, nunca estão livres de apresentarem riscos de queda ou de suas partes, podendo causar a qualquer momento algum dano material ou a vida humana. Neste sentido, vários métodos de avaliação de risco de queda de árvores têm sido propostos para o planejamento das ações coordenadas de prevenção, mitigação e preparação, com atuação sobre as ameaças e as vulnerabilidades. No presente trabalho, aplicou-se o método não invasivo, a qual se caracteriza pela diagnose visual subjetiva dos indivíduos arbóreos, sem o emprego de instrumentos sofisticados, com objetivo de elaborar um mapa de risco de queda de árvores do Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, no Estado do Pará. Para atender o objetivo deste trabalho, adotou-se uma metodologia quanti-qualitativa, a qual utiliza como parâmetros variáveis relacionadas à condição da copa, do tronco e da base do tronco. Foi analisado o porte das árvores, os riscos para os alvos e efeitos colaterais. Definiu-se um índice final como forma de categorização dos riscos. Os resultados mostraram que 25,87% das árvores apresentaram risco de queda muito alto, 46,15% apresentaram risco alto, 26,57% dos indivíduos mostraram risco mediano e 1,41% têm risco muito baixo. Com base nestes dados, foi elaborado um mapa de risco de queda de árvores, com auxílio do software ArcGIS PRO Student, que possibilitou uma análise da distribuição espacial dos indivíduos quanto ao nível de risco, subsidiando na tomada de decisões pelos órgãos responsáveis, especialmente os de Proteção e Defesa Civil, para reduzir ou até evitar a exposição dos transeuntes e/ou do patrimônio público e privado ao risco, em prol da garantia dos direitos individuais e coletivos a vida. Portanto, para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação do produto cartográfico como instrumento na elaboração de um Plano de Contingência, para os indivíduos arbóreos abrigados no Museu Parque Seringal, no sentido de orientar as ações de preparação e resposta, voltadas para garantir a integridade física da população e a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestado pelas árvores ou, ainda, para restabelecer as condições de normalidade.

Palavras-chave: desastre; população; gerenciamento; segurança.

ABSTRACT

Conservation units are spaces for social interaction that offer many benefits to the population. However, the trees sheltered in these spaces may have structural defects and are subject to meteorological variables, such as water precipitation and gusts of wind. Assim sendo, nunca estão livres de apresentarem riscos de queda ou de suas partes, podendo causar a qualquer momento algum dano material ou a vida humana. In this sense, several methods of risk assessment of falling trees have been proposed for the planning of coordinated prevention, mitigation, and preparation actions, acting on threats and vulnerabilities. In the present work, the non-invasive method was applied, which is characterized by the subjective visual diagnosis of the arboreal individuals, without the use of sophisticated instruments, to elaborate a map of the risk of falling trees at the Park Seringal Museum, in the city of Ananindeua, in the State of Pará. To meet the objective of this work, a quantitative-qualitative methodology was adopted, which uses variables related to the condition of the tree crown, trunk, and base of the trunk as parameters. The size of the trees, the risks to the targets, and the side effects were considered. The final index was defined as a form of risk categorization. The results showed that 25.87% of the trees had a very high risk of falling, 46.15% had a high risk, 26.57% of the individuals had a medium risk and 1.41% had a very low risk. Based on these, a tree fall risk map was prepared, with the help of ArcGIS PRO Student software, which made it possible to analyze the distribution of how many individuals at the spatial risk level, subsidizing the decision-making of responsible bodies, especially those of Protection and Civil Defense, to reduce or even avoid the exposure of passersby and/or public and private property to risk, to guarantee individual and collective rights to life. Therefore, for future work, it is recommended to apply the cartographic product as an instrument in the elaboration of a Contingency Plan, for the arboreal individuals sheltered in the Parque Seringal Museum, in the sense of guiding the preparation and response actions, aimed at guaranteeing the integrity population and the maintenance of ecosystem services provided by trees or even to restore normal conditions. Therefore, for future work, it is recommended to apply the cartographic product as an instrument in the elaboration of a Contingency Plan, for the arboreal individuals sheltered in the Park Seringal Museum, in the sense of guiding the preparation and response actions, aimed at guaranteeing the integrity population and the maintenance of ecosystem services provided by trees or even to restore normal conditions.

Keywords: disaster; population; management; safety.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Unidades de proteção integral e de uso sustentável registrado no cadastro nacional de unidades de conservação	18
Figura 2 -	Região da árvore (copa, tronco e raiz) e suas funções.....	20
Figura 3 -	Tipos de árvore quando ao alvo potencial.....	23
Figura 4 -	Gestão de riscos e desastres de queda de árvores nas unidades de conservação.....	25
Figura 5 -	Processo de gestão de riscos e desastres de queda de árvores nas unidades de conservação.....	26
Figura 6 -	Mapa de localização do Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará	29
Gráfico 1 -	Origem fitogeográfica das espécies arbóreas quantificadas no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.....	39
Gráfico 2 -	Distribuição em classe de diâmetro em relação ao percentual de indivíduos amostrados, no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará..	41
Gráfico 3 -	Distribuição em classe de altura em relação ao percentual de indivíduos amostrados no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará...	41
Gráfico 4 -	Distribuição percentual do estado fitossanitário e estrutural dos indivíduos avaliados no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.....	42
Figura 7 -	Exemplares de <i>Hevea brasiliensis</i> L. com problemas na região do tronco no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.....	43
Gráfico 5 -	Distribuição das médias diárias mensais da precipitação hídrica (mm) e de rajadas de vento (m s-1) no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará, no período de 1996-2021.....	44
Gráfico 6 -	Classificação da intensidade da precipitação acumulada em 24 horas, no período de 1996 a 2021, no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.....	45
Gráfico 7 -	Enquadramento da velocidade do vento a 10 m de altura nas classes da Escala de Beaufort, no período de 1996 a 2021, no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.....	46
Gráfico 8 -	Categorização do alvo numa eventual queda da árvore ou parte no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.....	47
Figura 8 -	Alvos potenciais de risco numa eventual queda da árvore ou parte no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.....	48
Figura 9 -	Espacialização das árvores avaliadas de acordo com o grau de risco de queda no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.....	50

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Classificação de intensidade da precipitação acumulada em 24 horas relacionadas às ordens quantílicas.....	21
Tabela 2 - Escala de Beaufort para classificação da força em função da velocidade do vento em terra.....	22
Tabela 3 - Metodologia para avaliação das condições gerais da árvore em unidade de conservação.....	32
Tabela 4 - Classificação de risco de desastre de queda de árvores em relação ao alvo.....	35
Tabela 5 - Classificação de risco de desastre de queda de árvores para efeitos colaterais...	36
Tabela 6 - Categorização de suscetibilidade de risco de queda de árvores.....	37
Tabela 7 - Distribuição quantitativa dos indivíduos arbóreos ocorrentes na composição florística do Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.....	38
Tabela 8 - Variáveis dendrométricas dos indivíduos arbóreos do Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.....	40
Tabela 9 - Categorização de suscetibilidade do risco de queda dos indivíduos avaliados no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.....	49

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
CF	Chuva Forte
CMF	Chuva Muito Forte
CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
CONPDEC	Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil
DAP	Diâmetro Altura do Peito
f_{Abs}	Frequência Absoluta
f_{Rel}	Frequência Relativa
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HFuste	Altura da Primeira Bifurcação
Ht	Altura Total
IGR	Índice Geral de Risco
MUPS	Museu Parque Seringal
ONU	Organização das Nações Unidas
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivos Específicos	15
3	JUSTIFICATIVA	16
4	REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1	Importância das unidades de conservação na área urbana	17
4.2	Ameaças, vulnerabilidades e riscos de queda de árvores	20
4.3	Gestão de riscos de desastres de queda de árvores	24
4.4	Avaliação de risco de queda de árvores	27
5	MATERIAIS E MÉTODOS	28
5.1	Caracterização da área de estudo	28
5.2	Coleta de dados	30
5.3	Metodologia de avaliação de risco de queda de árvore	31
5.3.1	Condições gerais da árvore	31
5.3.2	Índice geral de risco	36
5.3.3	Mapeamento de risco de queda de árvore	37
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
6.1	Análise quanti-qualitativa do censo florestal	38
6.2	Análise das ameaças, vulnerabilidades e riscos de queda de árvores	42
6.3	Mapeamento e gerenciamento de risco de queda de árvores	49
7	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	53
	APÊNDICE A - PRODUTO TÉCNICO	61

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a ONU, 55% da população mundial vivem nos centros urbanos e a expectativa é que a densidade demográfica aumente para 70% até 2050 (ONU, 2019). Este aumento desenfreado no ambiente das cidades tem proporcionado à substituição da vegetação arbórea pela área construída, comprometendo a composição química e física dos solos, os corpos hídricos, a biodiversidade e os ciclos biogeoquímicos (GRIMN et al., 2008). De forma complementar, podem-se prever maiores ondas de calor, emissão de dióxido de carbono na atmosfera, piora da qualidade do ar e o aumento de áreas de risco (RIBEIRO, 2008).

Diante desse quadro, a conservação das áreas verdes, como é o caso de determinados parques ambientais inseridos nas áreas urbanas, classificados como unidades de conservação, consolida-se como uma das principais formas para desacelerar este processo de degradação ambiental resultante da urbanização. Essas áreas, quando bem gerenciadas, oferecem diversos benefícios sustentáveis (STENICO et al., 2019), agregando valor à qualidade ambiental (ARCE et al., 2014) e à qualidade de vida da população (OPPLIGER et al., 2019).

Esses benefícios dar-se por intermédio das árvores que englobam funções ecossistêmicas responsáveis pela redução de ruído, regularização do ciclo hidrológico, conservação do solo, manutenção da biodiversidade, sequestro de carbono, filtro de poluição ambiental (BUCKERIDGE, 2015), aumento do conforto térmico pela diminuição da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar (BRUN et al., 2010) e a diminuição do efeito de ilhas de calor (BARROS; LOMBARDO, 2016).

Por outro lado, inclui-se, o embelezamento da paisagem (MULLANEY et al., 2015) e o atendimento das necessidades de lazer e de recreação, importantes funções ligadas às necessidades físicas, psíquicas e sociais (FERREIRA, 2007), atuando positivamente sobre a saúde humana (MOREIRA et al., 2020), por meio da redução de estresse e aceleração da recuperação de pacientes (BOWLER et al., 2010; BRATMAN et al., 2012).

A partir dessas considerações é inquestionável a importância das árvores para a sustentabilidade urbana e no bem-estar da população. No entanto, as árvores estão suscetíveis a queda natural em função das ameaças intrínsecas e extrínsecas, ou até mesmo em função da combinação destas ameaças (BRAZOLIN et al., 2010), entre as quais podemos destacar a atuação de ventos fortes, chuvas prolongadas, tempestades, raios, raiz instável, problemas fitossanitários e manejos inadequados (OLIVEIRA; LOPES, 2007; SAMPAIO et al., 2010).

Estas ameaças afetam a estabilidade da árvore, que pode causar à queda de galhos e/ou em cadeia, em razão da presença de cipós interligados as copas e/ou pela proximidade entre elas, potencializando as situações de risco ao patrimônio público e privado, além de pôr em risco a vida das pessoas que frequentam ou circulam em torno das unidades de conservação, uma vez que o maior risco é quando vidas humanas estão envolvidas e de menor risco quando envolve perdas de bens materiais (SAMPAIO et al., 2010).

No caso de risco envolvendo vidas humanas, temos registrado no Brasil, a queda de uma *Hymenaea courbaril* (jatobá), com 30 m de altura, que ceifou a vida de uma mulher que fazia caminhada no “Parque Municipal Américo Renê Giannett”, em Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais (ÁRVORE..., 2011). Caso semelhante, ocorreu no “Parque Farroupilha Redenção”, em Porto Alegre, também no Estado de Minas Gerais, uma espécie de *Eucalyptus* (eucalipto), com 18 m de altura caiu e deixou três pessoas feridas e ceifou a vida de homem (ÁRVORE..., 2013).

Em relação à queda de árvore, que envolve perdas de bens materiais, temos o caso registrado no “Parque Zoobotânico do Museu Goeldi”, em Belém, no Estado do Pará, uma *Andira surinamensis* (andirá-uxi) caiu e, atingiu o prédio do sistema de telefonia, a sala dos vigilantes e outras espécies regionais como a *Talisia esculenta* (pitomba), um exemplar de *Pouteria macrophylla* (cutite), um de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. (virola) e uma *Sterculia pilosa* (tacacazeira) (MCTI, 2016).

De acordo com Roatti et al., (2016) 10% desses casos envolve a queda de galhos e 90% a queda inteira da árvore, isto é, quebram na região do colo, ou são arrancadas pelas raízes, sofrendo um pivotamento. Por conta disso, analisar a estabilidade dos indivíduos arbóreos frente as ameaças intrínsecas e extrínsecas em uma unidade de conservação, torna-se fundamental para diminuir a possibilidade de danos e riscos à integridade das pessoas e ao patrimônio público e privado (ALVES; MARTINI, 2020).

Nessa circunstância, a prática da avaliação da qualidade, da funcionalidade e dos riscos associados, variáveis com o tempo, tem que fazer parte da agenda do Poder Público em termos de políticas de gestão de risco, para garantir a segurança da população e a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestado pelas árvores (PRADO FILHO, 2019; CARVALHO et al. 2019). Partindo desta explanação, se faz necessária a adoção de intervenções não estruturais, que consiste no conjunto de medidas estratégicas, voltadas para reduzir a probabilidade de queda de árvores ou, ainda, para que a sua intensidade seja atenuada, colaborando com uma cultura de redução de risco e atuando para minimizar as vulnerabilidades.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar um mapa de risco de queda de árvores do Museu Parque Seringal, através de uma abordagem sistemática e padronizada de avaliação não invasiva por meio do método de diagnose visual dos indivíduos arbóreos.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar um censo florestal para obter informações qualitativas e quantitativas sobre os recursos florestais do “Museu Parque Seringal”;
- b) Analisar as ameaças, vulnerabilidades e riscos dentro da zona de projeção da copa e de um raio equivalente à altura da árvore;
- c) Gerenciar e mapear o risco de queda de árvores de acordo com a probabilidade de ocorrência, que variam de muito alto (nível R4), alto (nível R3), médio (nível R2) e baixo (nível R1).

3 JUSTIFICATIVA

As unidades de conservação, presentes nas áreas urbanas, permitem a interação da população com os elementos naturais; agem como sendo uma contenção ao crescimento desenfreado nas cidades; e, fornecem serviços ecossistêmicos necessários para a qualidade de vida das presentes e futuras gerações (GARCIA; GUERRERO, 2006). Por conseguinte, oportunizam a seus frequentadores, exercer atividades físicas e de lazer ao ar livre e, que acomodam múltiplos usos para os residentes locais, especialmente àqueles que não têm acesso a esses espaços fora do perímetro urbano (FUREGATO, 2005).

Nesse cenário, destaca-se o Museu Parque Seringal, localizado na WE 36-A, Conjunto Cidade Nova VIII, Bairro Coqueiro, no Município de Ananindeua, do Estado do Pará, que proporciona aos residentes em geral, turistas e de crianças/jovens da rede de ensino condições de exercer atividades físicas, recreativas e de educação ambiental em uma de área de 1,348 hectares (ANANINDEUA, 2012). Além disso, o espaço abriga árvores de grande porte que fornecem inúmeros serviços ecossistêmicos (SAMPAIO et al., 2016).

No entanto, as árvores abrigadas neste espaço de interação social podem possuir defeitos estruturais, e estão sujeitas a eventos climáticos extremos, durante o “inverno amazônico”, entre os meses de dezembro a maio, como a precipitação hídrica e rajadas de vento (PEREIRA; SZLAFSZTEIN, 2016). Por conta disso, às árvores nunca está livre de apresentarem riscos de queda ou de suas partes, podendo causar a qualquer momento algum dano material ou a vida humana, em decorrência do grande fluxo de pessoas e tráfego de veículos nas áreas adjacentes (SAMPAIO et al., 2010).

Desse modo, para garantir a segurança da população e a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores no Museu Parque Seringal, há a necessidade de avaliar e mapear permanentemente as condições dos indivíduos arbóreos e de suas partes, quanto ao risco de queda, reduzindo-se os efeitos destrutivos e assegurando-se o manejo preventivo adequado (ABNT NBR 16246, 2019).

Neste contexto, o presente trabalho justifica-se pela necessidade de realizar a avaliação e o monitoramento periódico dos indivíduos arbóreos para averiguação das condições quali-quantitativas e das necessidades de ações para auxiliar na redução da exposição ao risco, em que estão expostos os transeuntes e/ou o patrimônio público e privado, e na preparação para situações em que se tenha de conviver com a exposição ao risco.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Importância das unidades de conservação na área urbana

As unidades de conservação são espaços que por suas características naturais são especialmente protegidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituída pela Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000, e são definidas no artigo 2º, inciso I, como sendo um

espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais com características naturais relevantes, legalmente instituídas pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

Em função de suas características, dividem-se em dois grupos, as de proteção integral e as de uso sustentável. Esses grupos são constituídos por meio de normas e regras especiais que visam garantir o equilíbrio do ecossistema, e buscam, por meio de um plano de manejo específico, promover o uso diversificado dos recursos naturais, além de conservar, preservar e incentivar a manutenção das espécies nativas e/ou endêmicas, e só podem ser alterados e/ou reduzidos mediante lei específica (SANTOS, 2011).

O grupo representado pelas unidades de proteção integral é composto pelas seguintes categorias: *i)* estação ecológica; *ii)* reserva biológica; *iii)* parque nacional; *iv)* monumento natural; *v)* refúgio da vida silvestre. Nesse grupo, regras e normas são mais restritivas, sendo permitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, com exceção dos casos previstos em leis, tais como em projetos educacionais e de pesquisa, com a autorização prévia dos gestores (BRASIL, 2000; MMA, 2019).

Por outro lado, o grupo das unidades de uso sustentável é composto pelas seguintes categorias: *i)* área de proteção ambiental; *ii)* reserva de desenvolvimento sustentável; *iii)* reserva particular do patrimônio natural; *iv)* área de relevante interesse ecológico; *v)* floresta nacional; *vi)* reserva de fauna; *vii)* reserva extrativista. Nesse grupo é permitido a compatibilização da conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais, mas desde que praticadas de forma a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos (COSTA et al., 2018; MMA, 2019).

No Brasil, temos registrado no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), 2.146 unidades de conservação, sendo 777 do grupo de proteção integral e 1669 do grupo de uso sustentável (Figura 1). Desse total, a região amazônica é a que possui maior área protegida, totalizando 28% da sua extensão, no qual 17,87% de uso sustentável e 9,79% de proteção integral (MMA, 2019).

Figura 1 - Unidades de proteção integral e de uso sustentável registrado no cadastro nacional de unidades de conservação.



Fonte: MMA (2010).

De maneira geral, as unidades de conservação na área urbana, desempenham um importante papel na agenda pública de promoção de cidades sustentáveis e constitui instrumento fundamental de democratização, que pode ser frequentada por todas as camadas sociais e pessoas de todas as idades, que usufruem não só de uma área de recreação e de prática de esportes, mas de um espaço ao ar livre que permite fazer diversas atividades, proporcionando melhoria na qualidade de vida e no bem-estar da população (ARCE et al., 2014; BUCKERIDGE, 2015; SAMPAIO, et al., 2016).

As árvores abrigadas nesses espaços englobam funções ecossistêmicas essenciais para a população e o meio ambiente, disponibilizando sombra para pedestres e veículos (LIMA NETO; SOUZA, 2009), interceptando o escoamento da água da chuva, reduzindo os impactos ocasionados por enchente (BERLAND et al., 2017), aumenta o conforto térmico pela diminuição da temperatura e da umidade relativa do ar (OLIVEIRA FILHO, et al., 2013) e diminui o efeito de ilhas de calor (BARROS; LOMBARDO, 2016).

Por conseguinte, influenciam na qualidade do ar, purificando-o, por meio da fixação de poeiras e materiais residuais, que viabilizam a reciclagem de gases tóxicos através da fotossíntese, além de colaborar na depuração bacteriana e de outros micro-organismos (GOMES; SOARES, 2003). Nestes termos, é notório que qualquer impacto sobre as árvores atinge indiretamente a população (BUCKERIDGE, 2015).

Destaca-se, ainda, os atributos ligados à satisfação sensorial e estética, como o embelezamento da paisagem e a amenização da aridez e da repetição dos prédios, garantindo um ambiente agradável e ânimo à população massificada nas áreas urbanas para o atendimento das necessidades de lazer, prática de esportes, exercícios físicos e recreação (MAGALHÃES; CRISPIM, 2003; FERREIRA, 2007).

Além disso, a árvore cumpre a função ecológica de fornecer abrigo e alimentação à fauna autóctone, viabilizando, em parte, a vida silvestre tanto no entorno como no interior das unidades de conservação urbana, que atuam como dispersores de sementes e/ou na germinação das espécies florestais, por meio da polinização, contribuindo para a manutenção do equilíbrio ecológico dos ecossistemas naturais (DANTAS; SOUZA, 2004).

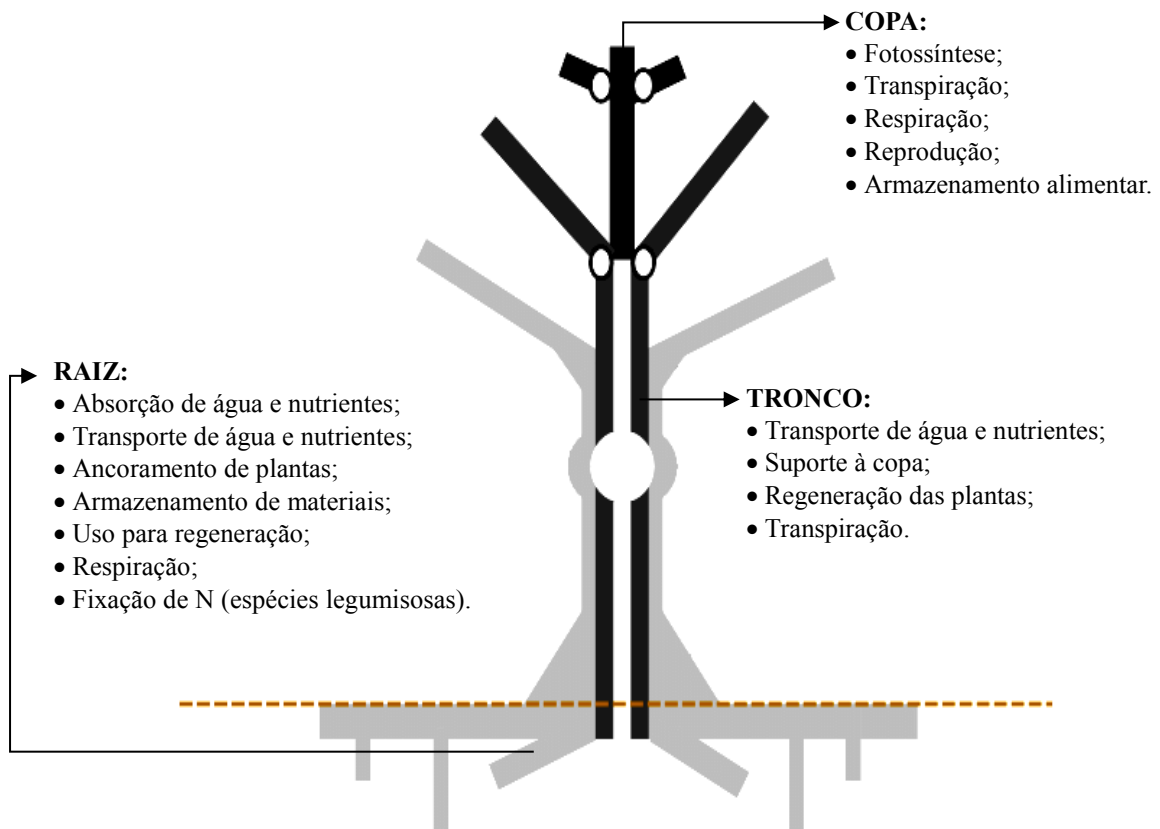
É importante destacar também que as árvores não contribuem apenas para as questões ambientais, mas também reflete na qualidade de vida humana propiciando a comunidade atendida, autoestima e bem-estar (SABADINI JR, 2017). Isto significa que elas trazem diversas outras vantagens, entre as quais influencia diretamente na redução de estresse e aceleração da recuperação de pacientes acometido por doenças como sedentarismo e algumas doenças mentais (BOWLER et al., 2010; BRATMAN et al., 2012; MALLER et al., 2006).

Assim, as unidades de conservação são uma das variáveis integrantes da estrutura urbana e o manejo correto das árvores nesses espaços, constitui-se elemento imprescindível na qualidade de vida humana beneficiando a comunidade atendida, autoestima e bem-estar (SABADINI JR, 2017), visto que “todos os membros de uma comunidade estão interligados numa vasta e intrincada rede de relações, teia da vida” (CAPRA, 2003).

4.2 Ameaças, vulnerabilidades e riscos de queda de árvores

Nas unidades de conservação, devido às condições favoráveis, a árvore cresce mais rapidamente em altura, até alcançar o dossel formado pelas demais árvores já existentes; a partir daí ela se ramifica, formando a copa, e o crescimento do tronco em altura cessa, tendo em vista não haver mais a gema apical do tronco, enquanto o crescimento em diâmetro torna-se mais rápido e constante após a formação da copa (Figura 2) (PAULA; ALVES, 2010).

Figura 2 - Região da árvore (copa, tronco e raiz) e suas funções.



Fonte: Adaptado de (CHANG, 2002; GASPERINI et al, 2016).

Durante este processo, as árvores são submetidas a forças de natureza estática, com pouco ou nenhum movimento, devido à própria estrutura e peso; e, dinâmica, com movimentos expressivos que geram o balanço do indivíduo (BOBROWSKI, 2010). Estas forças quanto presentes na estrutura da árvore diminui a integridade estrutural e aumenta o risco de queda em função da atuação das ameaças intrínsecas e extrínsecas, ou até mesmo em função da combinação destas ameaças que a predispõem a perigo (CARMELO; SEITZ, 2008).

As ameaças intrínsecas estão relacionadas a rachaduras, declínio da madeira, união fraca de galhos, cancrios, idade avançada, alteração da arquitetura, falhas no sistema de ancoragem das raízes e árvores ou galhos mortos (ALBERS et al., 2003). E, variam de acordo com a espécie, sendo as coníferas, mais propensas a rupturas com simples esforços devido às baixas adaptações biomecânicas. Contudo, as lenhosas possuem maior resistência mecânica e são capazes de desenvolver estruturas e mecanismos para suportar ou distribuir cargas externas (BOBROWSKI, 2010).

Por outro lado, temos as ameaças extrínsecas, que estão associadas aos problemas fitossanitários que mantêm relação de parasitismo afetando a estrutura e resistência da árvore (BOBROWSKI, 2010). Esse problema é causado na maioria das vezes, pela ausência de planejamento e de práticas de manejo adequado (OLIVEIRA et al., 2016); implantação de espécies exóticas invasoras (ZILLER, 2001); lesões provocadas por cortes ou furos (SEITZ, 2006); e, distribuição contínua de uma mesma espécie (PEREIRA et al., 2011). Dessa forma, a árvore fica mais propícia para a proliferação de doenças e pragas (SOUSA et al., 2013).

Quanto aos cipós, lianas e epífitas como as bromélias, mesmo não sendo consideradas parasitas, podem criar condições de maior acúmulo de umidade, favorecendo a ação de organismo degradadores ou causadores de doença, como também, facilita a ruptura por acréscimo de peso na estrutura da árvore (PORTO; BRASIL, 2013), deixando-as suscetível às cargas dinâmicas, como a precipitação hídrica e rajadas de vento.

Segundo Brazolin et al. (2010), a precipitação em maiores intensidades encharca o solo e diminui a aderência da raiz, aumentando assim sua carga sobre o solo, a ponto de ocasionar o seu cisalhamento e a queda da árvore. E, conseqüentemente, podem resultar incidentes de pequena proporção, promover um colapso de serviços de infraestrutura ou, até mesmo, causar perdas de vidas humanas (SOUZA et al., 2012). Sendo assim, conhecendo-se à classificação da intensidade, podem-se planejar medidas mitigadoras (Tabela 1) (BARRETO et al., 2013).

Tabela 1 - Classificação de intensidade da precipitação acumulada em 24 horas relacionadas às ordens quantílicas.

Classificação	Intensidade (mm)
Dia Seco (DS)	$P < 2,2$
Chuva Muito Fraca (Cmf)	$2,2 \leq P < 4,2$
Chuva Fraca (Cf)	$4,2 \leq P < 8,4$
Chuva Moderada (CM)	$8,4 \leq P < 18,6$
Chuva Forte (CF)	$18,6 \leq P < 55,3$
Chuva Muito Forte (CMF)	$P \geq 55,3$

Fonte: SOUZA et al. (2012).

Para Oliveira e Lopes (2007) as elevadas velocidades do vento sobre a região da copa da árvore, influência diretamente, na integridade estrutural, deixando-as mais suscetível à queda, podendo causar danos materiais e riscos à integridade física da população. Por isso, a importância da Escala de Beaufort (Tabela 2), que quantifica os ventos e contribuem para o planejamento das ações de Proteção e Defesa Civil, mitigando os impactos associados às rajadas de vento e colaborando com uma cultura de redução de risco (BRASIL, 2010).

Tabela 2 - Escala de Beaufort para classificação da força em função da velocidade do vento em terra.

Força	Descrição	Símbolo	Velocidade	Efeitos em Terra
0	Calmo		0 – 0,2	Fumaça sobe na vertical
1	Aragem		0,3 – 1,5	Fumaça indica direção do vento
2	Brisa Leve		1,6 – 3,3	As folhas das árvores movem; os moinhos começam a trabalhar
3	Brisa Fraca		3,4 – 5,4	As folhas agitam-se e as bandeiras desfraldam ao vento
4	Brisa Moderada		5,5 – 7,9	Poeira e pequenos papéis levantados; movem-se os galhos das árvores
5	Brisa Forte		8,0 – 10,7	Movimentação de grandes galhos e árvores pequenas
6	Vento Fresco		10,8 – 13,8	Movem-se os ramos das árvores; dificuldade em manter um guarda chuva aberto; assobio em fios de postes
7	Vento Forte		13,9 – 17,1	Movem-se as árvores grandes; dificuldade em andar contra o vento
8	Ventania		17,2 – 20,7	Quebram-se galhos de árvores; dificuldade em andar contra o vento; barcos permanecem nos portos
9	Ventania Forte		20,8 – 24,4	Danos em árvores e pequenas construções; impossível andar contra o vento
10	Tempestade		24,5 – 28,4	Árvores arrancadas; danos estruturais em construções
11	Tempestade Violenta		28,5 – 32,6	Estragos generalizados em construções
12	Furacão		≥ 32,7	Estragos graves e generalizados em construções

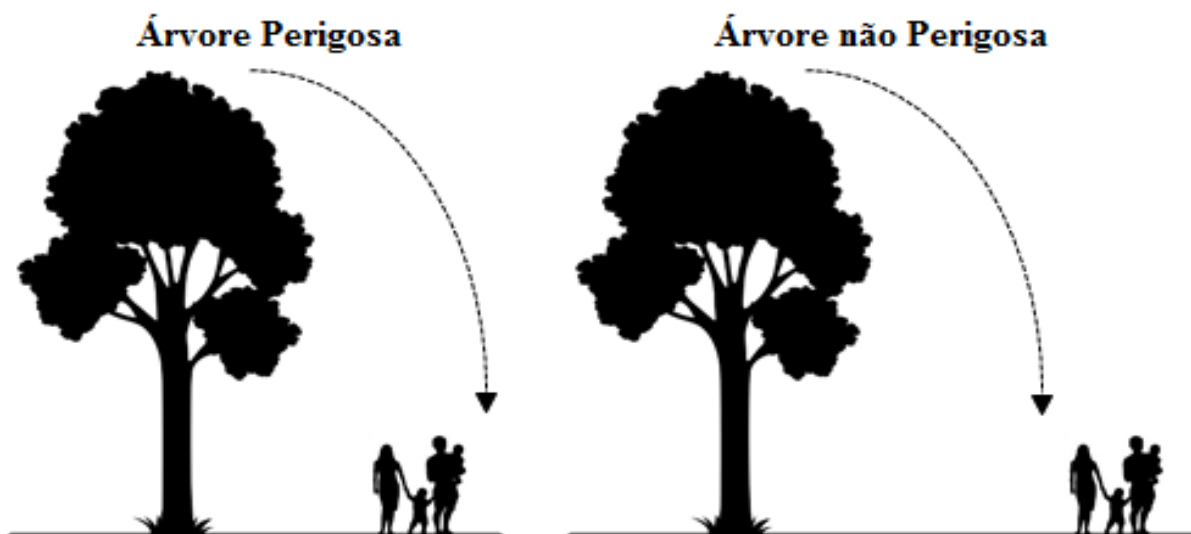
Fonte: Adaptado de (DEPDEC, 2022).

Outro fator importante a ser considerado e que afeta à integridade estrutural das árvores é a prática de manejo inadequado ou excessivo, tais como a poda drástica, poda de raiz ou uma combinação de diferentes tipos de poda (MARTINS et al., 2010). Esses tipos de prática prejudicam ou inibem o processo de compartimentalização do lenho onde é comum se observar ataques de insetos, favorecendo condições de risco de ruptura e queda do indivíduo arbóreo (BOBROWSKI, 2010).

Neste contexto, vale destacar que a ocorrência de desastres provocada por quebra de partes ou de toda a árvore dentro das unidades de conservação é o resultado da combinação das ameaças intrínsecas e extrínsecas que interagem entre si, e na maioria das vezes estão ligados ao período chuvoso na região amazônica (CARMELO; SEITZ, 2008; ESTEVES, 2011), podendo colocar as pessoas em perigo e/ou danificar as infraestruturas fornecidas por este espaço de interação social (KOESER et al., 2016).

Por isso, as árvores podem ser perigosas e ameaçam um número indeterminado de indivíduos, os quais podem gerar a possibilidade de vítimas fatais ou causar danos ao patrimônio público e privado. Isto significa que o risco de queda de árvores é concreto. No entanto, nem sempre é possível diminuir a frequência e a magnitude do risco, mas podemos realizar o monitoramento das ameaças intrínsecas e extrínsecas (Figura 3).

Figura 3 - Tipos de árvore quando ao alvo potencial.



Fonte: Autor.

Assim sendo, a queda de uma árvore é um perigo (*hazard*), uma ameaça em potencial aos bens e as pessoas que frequentam a unidade de conservação (*vulnerability*). Caso a árvore caia em direção a pista de cooper e/ou trilhas e sobre as instalações, teremos então uma situação de risco (*risk*), ou seja, existe uma possibilidade real de perdas e danos. Se a árvore atingir a pista de cooper e/ou trilhas e as instalações, provocando danos materiais e vítimas, será denominado como um desastre natural (*natural disaster*). Caso o mesmo ocorra e não ocasione danos, será considerado como um evento natural (*natural event*).

4.3 Gestão de riscos de desastres de queda de árvores

O risco é a probabilidade de que a população e seus bens materiais sofram consequências prejudiciais ou perdas diante da queda de uma árvore e a severidade das potenciais consequências dessa queda. Deste modo, o risco pode ser entendido como probabilidade versus consequências resultantes no caso da materialização do evento, ou seja, o risco não significa desastre (SMILEY et al., 2011).

Desse modo, o risco de desastre de queda de árvores envolve o potencial ou probabilidade de que a combinação das ameaças intrínsecas e extrínsecas ou materialização de um evento indesejado e as condições de vulnerabilidade resultem em perdas e danos às pessoas, ao meio ambiente e à infraestrutura, as quais excedem a capacidade dos transeuntes e gestores a lidar com a situação utilizando seus próprios recursos (EIRD/ONU, 2009; SÁNCHEZ, 2013).

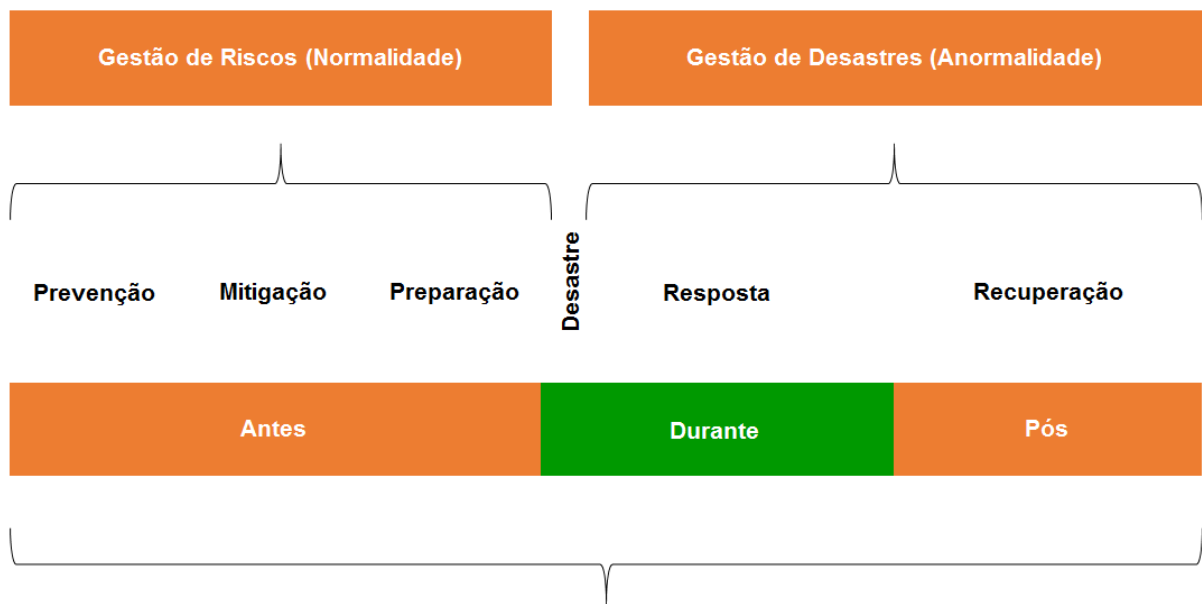
Marcelino (2008) conceitua o risco (R) como o produto que possui pelo menos duas variáveis interligadas, a ameaça (A) e a vulnerabilidade (V), conforme a fórmula a seguir (1):

$$R = A \times V \quad (1)$$

Por isso, as ameaças e as vulnerabilidades se constituem mutuamente e a sua relação compõe o grau de risco de desastre, com o objetivo de analisar integralmente uma condição de risco em determinado contexto temporal e espacial para a implantação de ações coordenadas de gestão de riscos e desastres de queda de árvores, destinadas a evitar danos ou minimizar seus impactos nas unidades de conservação, conforme a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC); o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC); e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC) (CEPED/UFSC, 2012).

De acordo com Kuhnen (2009), as ações coordenadas de gestão de risco e desastres segue a seguinte sequência: *i)* conhecimento; *ii)* percepção; e *iii)* aceitação do risco. Essas ações compreendem cinco etapas distintas e inter-relacionadas que atuam antes, durante e após a ocorrência da queda da árvore, sendo a prevenção, mitigação e preparação, pertencentes à gestão de riscos (normalidade), e a resposta e reconstrução pertencentes à gestão de desastres (anormalidade) (Figura 4).

Figura 4 - Gestão de riscos e desastres de queda de árvores nas unidades de conservação.



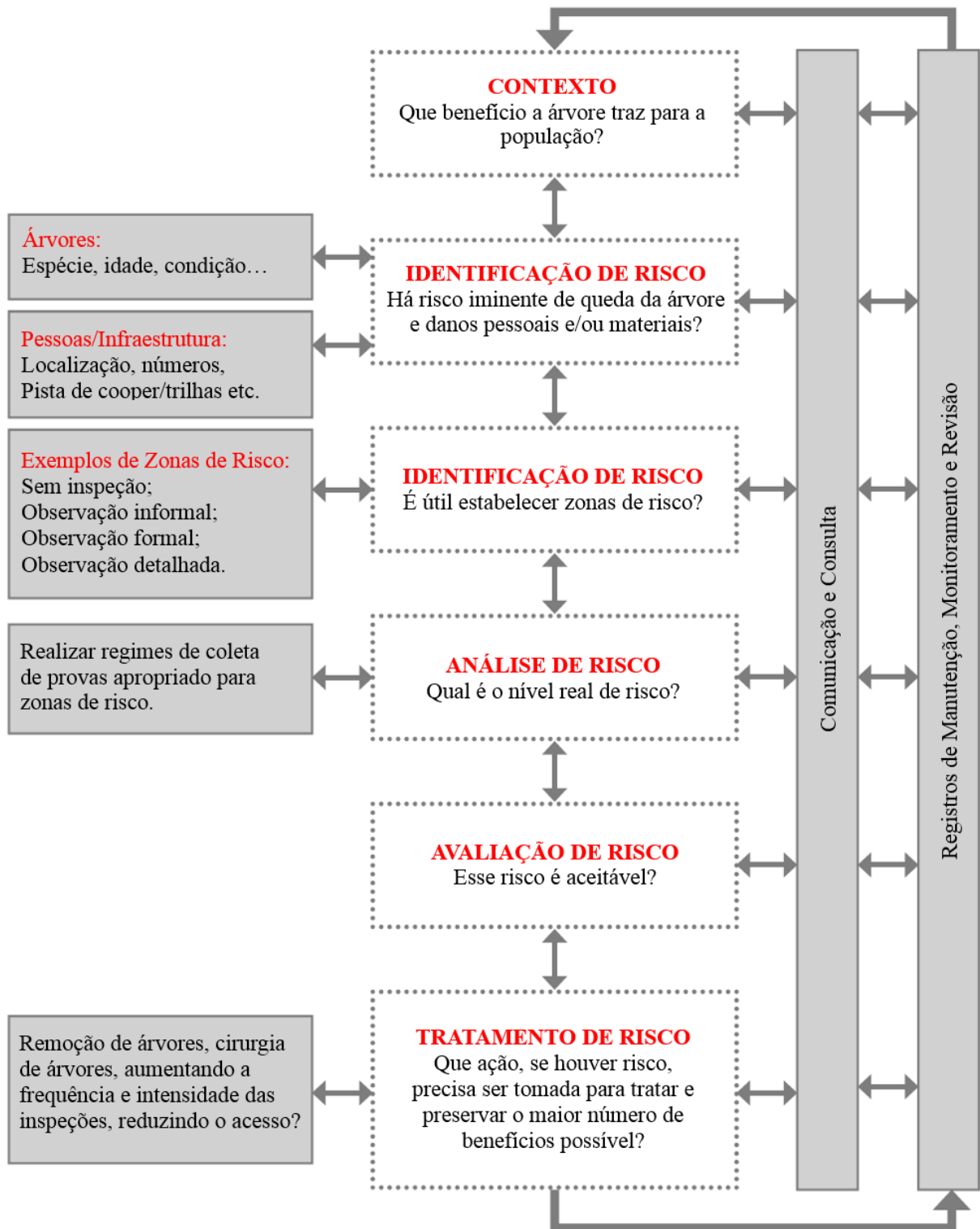
Fonte: Adaptado de (CDECMAT, 2019).

Nas etapas da gestão de riscos, as ações de prevenção são destinadas a reduzir a ocorrência e a intensidade de desastre por meio de políticas públicas, educativas e de conscientização, denominadas de intervenções não estruturais, que visam preparar o poder público e a população; a mitigação se baseia na diminuição ou na limitação dos impactos das ameaças e desastres; e, a preparação consiste em ações de gerenciamento, colaborando com uma cultura de redução de risco e atuando para minimizar as vulnerabilidades, uma vez que a população são os primeiros a enfrentar os desastres (SILVEIRA; CARDOSO, 2016).

No que diz respeito à gestão de desastres, a resposta se baseia nas direções, mobilizações e ações estratégicas que devem ser realizadas rapidamente, a fim de interceptar e reduzir os danos que as árvores podem causar; enquanto que a recuperação consiste nas decisões e ações tomadas após o desastre, para restabelecer as condições de normalidade na unidade de conservação afetada pelo desastre de queda de árvores (PINHEIRO, 2017).

A gestão do risco de queda de árvore segue um conjunto de ações coordenadas de preparação e prevenção, sendo composto por dois pilares essenciais: a identificação do risco, que consiste na fase de desconfiância visual quanto à segurança de uma árvore; e, a análise do risco, que se baseia na fase de caráter técnico, em que estão envolvidos profissionais habilitados para a avaliação do risco de queda (Figura 5) (SMILEY et al., 2011).

Figura 5 - Processo de gestão de riscos e desastres de queda de árvores nas unidades de conservação.



Fonte: Adaptado de (SMILEY et al., 2011).

De acordo com Marcelino et al. (2006) um dos instrumentos mais eficazes na análise de risco é o mapeamento dos indivíduos arbóreos que ofereçam dano potencial. A partir deste mapa é possível dimensionar a suscetibilidade segundo classes de probabilidade de ocorrência de queda da árvore, que variam de muito alto (nível R4), alto (nível R3), médio (nível R2) e baixo (nível R1) (IPT, 2007).

Além do mais, estabelecer ações de Proteção e Defesa Civil nas diferentes etapas, em especial na prevenção, podendo ampliar a percepção de riscos dos transeuntes e do poder público, colaborando com uma cultura de redução de risco e atuando para minimizar as vulnerabilidades (BRASIL, 2010; PEREIRA et al., 2011).

4.4 Avaliação de risco de queda de árvores

A avaliação de risco de queda de árvores é uma técnica que abrangem a obtenção de informações qualitativas e quantitativas, que consiste em identificar, analisar e avaliar o risco associado às falhas estruturais (DUNSTER et al., 2013). Esta técnica dá-se por meio de procedimentos invasivos e não invasivos, visando melhorar a funcionalidade da árvore, garantir a segurança da população e evitar danos às infraestruturas (SACRAMENTO, 2013).

De acordo com Nicolotti et al. (2003), procedimentos realizados com o emprego da tomografia de impulso na região do tronco da árvore, caracteriza-se por ser uma técnica invasiva e gera informações precisas sobre o estado real das condições interna do lenho. Por outro lado, a avaliação não invasiva dá-se por meio dos métodos de diagnose visual pautada na verificação dos fatores intrínsecos e extrínsecos do indivíduo arbóreo (MENEGETTI, 2003).

5 MATERIAL E MÉTODOS

O método de abordagem da pesquisa realizada foi o quanti-qualitativa de cunho exploratório de natureza aplicada e dedutivo, que parte da observação sistemática da premissa e por tentativas de experimentar as conjecturas (VIEIRA, et al., 2017). Para o desenvolvimento do estudo, realizou-se um levantamento em *sites* de busca com acesso aberto, tais como Google Scholar, *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO), *Science Diretc*, *Web Science* e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES).

5.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na unidade de conservação de uso sustentável inserido no Bioma Amazônico, na categoria de Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), denominado Museu Parque Seringal (MUPS), localizado na WE 36-A, Conjunto Cidade Nova VIII, Bairro Coqueiro, no perímetro urbano da cidade de Ananindeua, no Estado do Pará, em uma área total de 1,348 hectares e perímetro de 513,00 metros, conforme as coordenadas geográficas 1°21'35.15" S e 48°24'39.28" W (ANANINDEUA, 2012).

A área onde está inserido o MUPS apresenta um relevo de nível baixo, terraço em que predominam os baixos platôs. O solo caracteriza-se pela diversidade como destaque para os concrecionários lateríticos indiscriminados distróficos, textura indiscriminada e o latossolo amarelo distrófico. O clima, megatérmico, úmido, temperatura elevada em torno de 25°C, pequena amplitude térmica. O regime pluviométrico está em torno de 2.250 a 2.500 mm com chuvas regulares, com maior concentração de janeiro a junho. A umidade relativa do ar fica em torno de 85% (IDESP, 2013).

O MUPS foi criado pela Lei nº 2.560, de 29 de março de 2012, com o objetivo de garantir a preservação e a proteção da fauna e da flora, promover a utilização dos componentes naturais na educação ambiental, com a finalidade de tornar a comunidade parceira na conservação do patrimônio e, além disso, proporcionar à população condições de exercer atividades culturais, educativas, recreativas e de lazer em um ambiente natural equilibrado (Figura 6). Sua criação objetivou resgatar a identidade histórica e cultural, com destaque à valorização do ciclo da borracha (ANANINDEUA, 2012).

Figura 6 - Mapa de localização do Museu Parque Seringal, Município de Ananindeua, Pará.



Fonte: IBGE (2021).

5.2 Coleta de dados

Para obter informações quantitativa e qualitativa sobre os recursos florestais no MUPS, foi realizado um censo florestal, onde foram inventariadas e identificadas todas as árvores, com DAP (diâmetro altura do peito), igual ou superior a 20 cm, no período de junho a julho de 2021, sendo que, para cada árvore, foram tomadas informações sobre a denominação da espécie, DAP, altura da primeira bifurcação (H_{Fuste}) e altura total (H_t).

A denominação da espécie foi realizada por padrões clássicos utilizados pela taxonomia, de acordo com o APG III (2019). Os nomes das espécies e famílias botânicas foram atualizados junto à base de dados da lista de espécies da flora do Brasil (FORZZA et al., 2010) e do Missouri Botanical Garden (TROPICOS, 2014).

O DAP das árvores foi medido utilizando uma fita métrica a 1,30m de altura em relação ao nível do solo e a medição da altura da primeira bifurcação (H_{Fuste}), bem como, a altura total (H_t) foram obtidas com o auxílio de um clinômetro. Cada árvore avaliada, receberam uma etiqueta metálica (8 por 2 cm), presas ao caule com um fio de náilon.

Para cada espécie amostrada foi calculado o diâmetro altura do peito (2), frequência relativa (3) e o índice de riqueza de espécies (4), obtidos através das seguintes fórmulas:

a) Diâmetro Altura do Peito (SOARES et al., 2012):

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (2)$$

Onde:

DAP = diâmetro altura do peito;

CAP = circunferência à altura do peito é uma medida realizada no tronco da árvore por uma fita métrica a 1,30m de altura em relação ao nível do solo;

$\pi = 3,14$.

b) Frequência Relativa (LAPRECHT, 1964):

$$FR = \frac{FA_i}{\sum FA} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

FA_i = frequência absoluta de uma determinada espécie.

$\sum FA$ = somatório das frequências absolutas de todas as espécies amostradas.

c) Índice de Riqueza de Espécies (ODUM, 1988):

$$d = (S - 1) / \log_{10} N \quad (4)$$

Onde:

d = índice de riqueza;

S = número de espécies na unidade de conservação;

N = número total de espécies na unidade de conservação.

5.3 Metodologia de avaliação de risco de queda de árvore

Em decorrência dos custos e tempo envolvidos em uma avaliação invasiva da árvore, optou-se pela utilização da metodologia não invasiva, a qual se caracteriza pela diagnose visual subjetiva dos indivíduos arbóreos, sem o emprego de instrumentos sofisticados. Esse método é eficaz e se destaca por fornecer informações que auxiliam na gestão de risco de queda de árvores, possibilitando indicar quais intervenções são necessárias para prevenir e/ou mitigar a possibilidade de danos e riscos à integridade das pessoas e patrimônio, cabendo ao gestor identificar, analisar, avaliar e controlar o risco de queda de árvore a um nível aceitável.

5.3.1 Condições gerais da árvore

As condições gerais da árvore foram verificadas através da diagnose visual da copa, tronco e base do tronco, onde se atribuiu graus de risco que variam de 0 a 5 para cada parâmetro avaliado conforme a iminência do problema. Em que 0 = nenhum risco aparente; 1 = riscos pequenos; 2 e 3 = riscos intermediários e 4 e 5 = riscos elevados (SEITZ, 2006). “Com isso, pode-se obter uma consistência maior do diagnostico, podendo ser comparada ao longo do tempo com informações coletadas posteriormente, garantindo assim um melhor monitoramento” (ALVES; MARTINI, 2020) (Tabela 3).

Tabela 3 - Metodologia para avaliação das condições gerais da árvore em unidade de conservação.

SEÇÃO	PARÂMETRO	ITEM	RISCO
COPA	1. Galhos interferindo a rede	Não há contato com a rede elétrica.	0
		Contato com a rede de baixa tensão.	1
		Contato com a rede de média ou alta tensão.	5
	2. Galhos secos (podres)	Inexistente	0
		Finos (< 5 cm Ø).	1
		Diâmetro entre 5 até 10 cm.	2
		Diâmetro em torno entre mais que 10 até 15 cm.	3
		Diâmetro entre mais que 15 cm até 20 cm.	4
		Diâmetro maior que 20 cm	5
	3. Galhos angulados	Inexistente	0
		Finos angulados (< 5 cm Ø).	1
		Angulados com Ø entre 5 e 10 cm.	2
		Angulados com Ø entre 10 e 15 cm.	3
		Angulados com Ø entre 15 e 20 cm.	4
		Angulados com Ø maior que 20 cm.	5
	4. Galhos esguios	Inexistente	0
		Comprimento < que 1 m.	1
		Comprimento em torno de 2 m.	2
		Comprimento em torno de 3 m.	3
		Comprimento em torno de 4 m.	4
		Comprimento acima de 4 m.	5
	5. Lesões na casca de galhos e copa	Inexistente	0
		Galhos com Ø < 10 cm e com lesões < que ¼, do perímetro em galhos.	1
		Falhas com Ø < 10 cm e com lesões > que ¼, do perímetro em galhos.	2
		Falhas com Ø em torno de 15 cm e com lesões < que ¼, do perímetro em Galhos.	3
		Falhas com Ø em torno de 15 cm e com lesões > que ¼, do perímetro em galhos.	4
		Falhas com Ø > 15 cm e com lesões > que ¼, do perímetro em galhos.	5
	6. Fungos	Inexistente	0
		Existente nos galhos.	5
	7. Insetos Perfuradores	Inexistente	0
		Engloba até 10% dos galhos da copa.	1
		Engloba cerca de 20% dos galhos da copa.	2
		Engloba cerca de 30% dos galhos da copa.)	3
		Engloba cerca de 40% dos galhos da copa.	4
		Engloba cerca de 50% ou mais dos galhos da copa, ou presentes em galhos grossos (Ø > 15 cm.	5
	8. Erva-de-passarinho	Inexistente.	0
		Engloba até 10% dos galhos da copa.	1
		Cerca de 20% dos galhos da copa.	2
		Cerca de 30% dos galhos da copa.	3
		Cerca de 40% dos galhos da copa.	4
		Cerca de 50% ou mais dos galhos da copa.	5

(continua)

(continuação)

SEÇÃO	PARÂMETRO	ITEM	RISCO
	9. Folhagem rala / Coloração / Quantidade e tamanho de folhas	Inexistente de problemas evidentes na folhagem.	0
		Problemas na folhagem englobando até 10% dos galhos da copa.	1
		Problemas na folhagem englobando cerca de 20% dos galhos da copa.	2
		Problemas na folhagem englobando cerca de 30% dos galhos da copa.	3
		Problemas na folhagem englobando cerca de 30% dos galhos da copa.	4
		Problemas na folhagem englobando 50% ou mais dos galhos da copa	5
	10. Poda unilateral e drástica	Inexistente.	0
		Poda unilateral, considerando-se até 50% de retirada dos galhos da copa.	4
		Poda drástica, considerando mais de 50% dos galhos da copa retirados	5
TRONCO	1. Invasão da trilha e lateral (inclinação do tronco)	Inexistente.	0
		Inclinação menor que 10°.	1
		Inclinação entre 10° e 20°.	2
		Inclinação entre mais que 20° e 30°.	3
		Inclinação entre > 30° até 40°.	4
		Inclinação de 50° ou mais	5
	2. Cavidades (oco)	Inexistente.	0
		Compromete menos que 50% da área transversal do tronco.	1
		Compromete entre 50% até 70% da área transversal do tronco.	3
		Compromete mais de 70% da área transversal do tronco.	5
	3. Lesões e aspecto da casca	Inexistente.	0
		Engloba menos que 25%, do perímetro do tronco.	1
		Engloba de 25% até 50% do perímetro do tronco.	2
		Engloba entre mais de 50% até 75% do perímetro do tronco.	3
		Lesões maiores que 75% do perímetro do tronco.	4
		Lesões profunda e maior que 75% do perímetro do tronco.	5
	4. Orifícios de insetos (cupim)	Inexistente.	0
		Engloba menos de 10% da área do tronco.	1
		Engloba entre 10% até 20% da área do tronco.	2
		Engloba entre mais de 20% até 30% da área do tronco.	3
		Engloba entre mais 30% até 40% da área do tronco.	4
		Engloba mais de 50% da área do tronco ou com presença de cupins	5
	5. Fungos	Inexistente.	0
		Presente no tronco.	5

(continua)

(continuação)

SEÇÃO	PARÂMETRO	ITEM	RISCO
	6. Cancro	Inexistente.	0
		Área entorno de 200 cm ² .	1
		Área maior que 200 cm ² até 1000 cm ² .	2
		Área maior que 1000 cm ² até 5000 cm ² .	3
		Área maior que 5000 cm ² até 10000 cm ² .	4
		Área maior que 1000 cm ² , ou com mais de 50% do tronco atingido	5
	7. Injúrias mecânicas	Inexistente.	0
		Desenhos e escritos no tronco.	1
		Ervas-de-passarinho englobando cerca de 20% dos galhos da copa.	2
		Ervas-de-passarinho englobando cerca de 30% dos galhos da copa.	3
		Ervas-de-passarinho englobando cerca de 40% dos galhos da copa.	4
		Ervas-de-passarinho englobando cerca de 50% ou mais dos galhos da copa.	5
BASE DO TRONCO	1. Brotação epicórmica	Inexistente.	0
		Existência de epicórmica.	1
	2. Lesões na base do tronco	Inexistente.	0
		Engloba menos que 25%, do perímetro da base do tronco.	1
		Engloba de 25% até 50% do perímetro da base do tronco.	2
		Engloba entre mais de 50% até 75% do perímetro da base do tronco.	3
		Presença de lesões maiores que 75% do perímetro da base do tronco.	4
		Presença de lesões profundas e maiores que 75% do perímetro da base do tronco.	5
	3. Cavidades na base do tronco	Inexistente.	0
		Compromete menos que 50% da área transversal da base do tronco.	1
		Compromete entre 50% até 70% da área transversal da base do tronco.	3
		Compromete mais de 70% da área transversal da base do tronco.	5
	4. Fungos	Inexistente.	0
		Presente na base do tronco	5
	5. Raízes adventícias aparentes	Inexistente.	0
		Concentradas apenas em uma região da base do tronco.	1
		Espalhadas por todo o perímetro da base do tronco.	2
		Concentradas apenas em uma região da base do tronco.	3
		Espalhadas por até 50% do perímetro da base do tronco.	4
		Espalhadas por todo o perímetro da base do tronco.	5

(continua)

(continuação)

SEÇÃO	PARÂMETRO	ITEM	RISCO
	6. Injúrias mecânicas	Inexistente.	0
		Desenhos e escritos no tronco.	1
		Ervas-de-passarinho englobando cerca de 20% dos galhos da copa.	2
		Ervas-de-passarinho englobando cerca de 30% dos galhos da copa.	3
		Ervas-de-passarinho englobando cerca de 40% dos galhos da copa.	4
		Ervas-de-passarinho englobando cerca de 50% ou mais dos galhos da copa.	5
	7. Espaço permeável (Área livre)	Maiores que 1,5 m ² .	1
		Entre 1 até 1,5 m ² .	3
		Sem espaço, tronco cercado por área impermeável.	5
	8. Ausência de neilóide	Existência.	0
		Ausência.	5
	9. Raízes cortadas	Inexistente.	0
		Evidência de pelo menos 2 raízes cortadas.	1
		Evidência de mais de 2 raízes cortadas em uma região do tronco.	3
		Evidência de mais de 2 raízes cortadas em todo o perímetro da base do tronco.	5

(conclusão)

Fonte: Adaptado de (SEITZ, 2006).

A partir das condições gerais da árvore, foram determinados os alvos de riscos no ambiente interno e nas áreas adjacentes do MUPS, que com frequência pode trazer danos materiais, assim como comprometer a segurança dos transeuntes, sendo eles divididos em três graus de riscos (PEREIRA et al., 2011) (Tabela 4).

Tabela 4 - Classificação de risco de desastre de queda de árvores em relação ao alvo.

RISCO	PONTUAÇÃO	CATEGORIA	ALVOS DE RISCOS
R1	I	Desprezível	Pista de cooper e/ou rua lateral pouco movimentada; e áreas de pouca visitação ou estais no caso de fiação elétrica.
R3	III	Crítica	Herbário, áreas de recreação; viveiro florestal, estacionamentos ou redes de baixa tensão.
R5	V	Catastrófica	Pista de cooper e/ou rua lateral com grande fluxo, sede administrativa, escolas, playground, anfiteatro, calçadas ou redes de média tensão.

Fonte: Adaptado de (PEREIRA et al., 2011).

Para obter informações dos alvos em relação ao risco de danos às pessoas com a queda de árvores, foi estabelecida a avaliação de riscos de efeitos colaterais. Dessa forma a queda de uma árvore em uma pista de cooper movimentada teve maior grau de risco do que a queda de uma árvore sem alvo em potencial. Assim sendo, foi atribuído grau de risco para os efeitos colaterais (PEREIRA et al., 2011) (Tabela 5).

Tabela 5 - Classificação de risco de desastre de queda de árvores para efeitos colaterais.

RISCO	PONTUAÇÃO	CATEGORIA	EFEITOS COLATERAIS
R5	V	Catastrófica	Pista de cooper e/ou rua lateral movimentada.
R4	IV	Critica	Pista de cooper próxima de infraestrutura.
R3	III	Marginal	Pista de cooper de uso múltiplo.
R1	I	Desprezível	Pista de cooper sem alvo em potencial.

Fonte: Adaptado de (PEREIRA et al., 2011)

5.3.2 Índice geral de risco

O Índice Geral de Risco (IGR) foi determinado a partir do somatório dos subíndices avaliados visualmente em trabalho de campo. Para tanto foi adotado o maior grau de risco da árvore em uma escala de 0 a 5, dentre os três aspectos avaliados – copa, tronco e base do tronco; alvo atingido (I, II e V); e, os efeitos colaterais (V, IV, III e I). O cálculo da pontuação geral é dado pela equação (4) (PEREIRA et al., 2011):

$$IGR = R_{\text{árvore}} + R_{\text{alvo}} + R_{\text{efeitos colaterais}} \quad (5)$$

Onde:

IGR = risco geral de queda da árvore;

R_{árvore} = índice de risco das condições gerais da árvore;

R_{alvo} = índice de risco em relação ao alvo;

R_{efeitos colaterais} = índice de risco em relação ao efeito colateral.

5.3.3 Mapeamento de risco de queda de árvore

Para identificar as árvores suscetíveis ao risco de queda no MUPS, usou-se um aparelho GPS (Sistema de Posicionamento Global) configurado no o Sistema de Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 e Zona 22 S. Em seguida, os dados foram copilados para planilhas eletrônicas e posteriormente exportados para software ArcGIS PRO Student.

No software, os indivíduos foram categorizados segundo classes de sucessitibilidade ao risco de queda, que variam de muito alto (nível R4), alto (nível R3), médio (nível R2) e baixo (nível R1). Em termos gerais considera-se que: índice de 3 até 6 pontos = risco baixo; índice de 7 até 9 pontos = risco médio; índice de 10 até 12 pontos = risco alto; e, índice de 13 até 15 pontos = risco muito alto (Tabela 6) (SAMPAIO et al., 2010; SANTOS, 2017).

Tabela 6 - Categorização de suscetibilidade de risco de queda de árvores.

ZONA DE RISCO	NÍVEL DE RISCO	DESCRIÇÃO
R1	RISCO BAIXO	Danos leves em função das baixas dimensões do indivíduo arbóreo ou menor movimentação.
R2	RISCO MÉDIO	Danos ou efeitos colaterais moderados em função das dimensões do indivíduo arbóreo e/ou número de alvos.
R3	RISCO ALTO	Danos relevantes a estruturas, patrimônio e pessoas em função das dimensões do indivíduo arbóreo, raio de projeção e número de vítimas ou serviços afetados.
R4	RISCO MUITO ALTO	Danos e efeitos colaterais severos a estruturas, patrimônios e pessoas em função das grandes dimensões do indivíduo arbóreo, raio de projeção, número de vítimas e serviços afetados ou interrompidos.

Fonte: Adaptado de (SAMPAIO et al., 2010; SANTOS, 2017).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Análise quanti-qualitativa do censo florestal

No MUPS foram inventariados 143 indivíduos, pertencentes a 10 espécies, 9 gêneros e 8 famílias botânicas. Do total de indivíduos, houve maior frequência da espécie *Hevea brasiliensis* L. ($f_{Abs}=101$; $f_{Rel}=70,62\%$), seguida por *Tabebuia roseo-alba* (Ridley) Sandwith ($f_{Abs}=14$; $f_{Rel}=9,79\%$) e *Mangifera indica* L. ($f_{Abs}=10$; $f_{Rel}=6,99\%$). Por outro lado, as espécies *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., *Terminalia catappa* Linn., *Inga edulis* Mart. e *Spondias mombin* L., representaram a mesma frequência ($f_{Abs}=01$; $f_{Rel}=0,70\%$) (Tabela 7).

Tabela 7 - Distribuição quantitativa dos indivíduos arbóreos ocorrentes na composição florística do Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.

Família/Espécie	Nome Popular	O	f_{Abs}	$f_{Rel} (\%)$
Euphorbiaceae <i>Hevea brasiliensis</i> L.	Seringueira	N	101	70,63
Bignoniaceae <i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridley) Sandwith	Ipê-Branco	E	14	9,79
Anacardiaceae <i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira	E	10	6,99
Bignoniaceae <i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. Ex A.DC.) Standl	Ipê-Amarelo	E	08	5,59
Moraceae <i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson ex F.A.Zorn) Fosberg	Fruta-Pão	E	04	2,80
Myrtaceae <i>Syzygium malaccense</i> (L) Merr. & L. M. Perry	Jambeiro	E	02	1,40
Annonacea <i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Biribá	N	01	0,70
Combretaceae <i>Terminalia catappa</i> Linn.	Castanhola	E	01	0,70
Fabaceae <i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá	N	01	0,70
Anacardiaceae <i>Spondias mombin</i> L.	Taperebá	N	01	0,70
Total			143	100

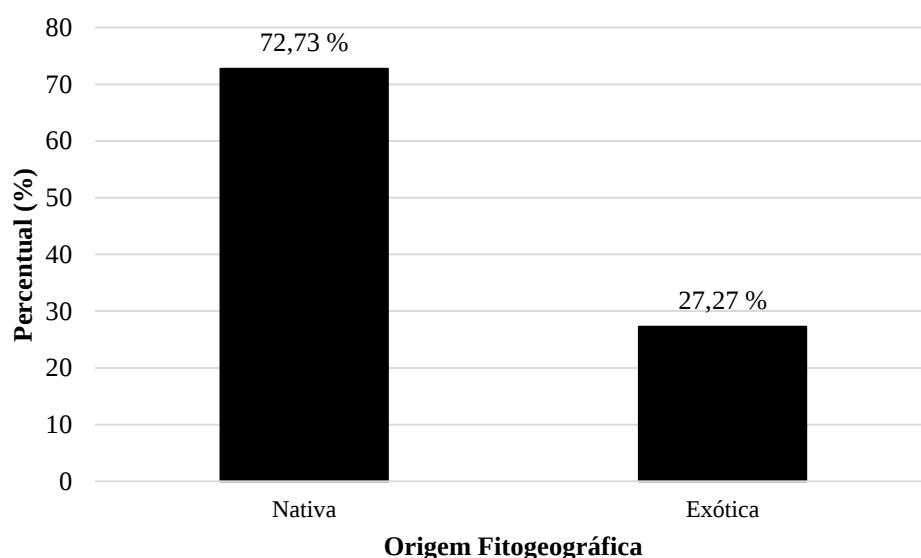
Legenda: O = Origem; N = Nativa; E = Exótica; f_{Abs} = Frequência Absoluta; $f_{Rel} (\%)$ = Frequência Relativa.
Fonte: Autor.

Conforme os dados apresentados na Tabela 5 obteve-se um índice de riqueza de espécies igual a 4,18. Este índice não é o ideal, indicando baixa diversidade de espécies na área em estudo, com abundância de 70,63% para a espécie *Hevea brasiliensis* L., gênero *Hevea* e da família *Euphorbiaceae*. Esse percentual encontra-se acima dos limites recomendados, onde não é permitido ultrapassar mais que 10% da mesma espécie, 20% de um gênero e 30% de uma família botânica (SANTAMOUR JÚNIOR, 1990).

A predominância da população de *Hevea brasiliensis* L., expõe à saúde do conjunto arbóreo a inúmeros riscos em longo prazo, como ao ataque de pragas e doenças (SILVA et al., 2007), que atuam de forma invisível e se proliferam facilmente (PEREIRA et al., 2011). Portanto, faz-se necessário a implantação de novas espécies nativas do Bioma Amazônico, pois quanto maior a diversidade de espécies, maiores as probabilidades de serem evitados problemas fitossanitários que podem levar a dizimação ou redução dos indivíduos (BIZ et al., 2015).

Quanto à origem fitogeográfica, verificou-se que 27,27% das espécies arbóreas inventariadas são exóticas e 72,73% é nativo, o que representa 104 indivíduos dos 143 que foram quantificados. Dentre as nativas, a espécie com maior número de indivíduos foi a espécie *Hevea brasiliensis* L. (70,63%) e para as exóticas foram *Tabebuia roseo-alba* (Ridley) Sandwith (9,79%), *Mangifera indica* L. (6,99%) e *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A.DC.) Standl (5,59%) (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Origem fitogeográfica das espécies arbóreas quantificadas no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.



Fonte: Autor.

No entanto, a presença de espécies exóticas nas unidades de conservação é proibida (BRASIL, 2000), por ameaçar a manutenção da biodiversidade, comprometer o estabelecimento e a regeneração das espécies nativas e, retardar o processo de sucessão ecológica (ZILLER, 2001; MIYAMURA et al., 2019). Neste caso, a recomendação técnica é de remoção das espécies invasoras, ainda que haja avaliação de aparentes benefícios a processos de sucessão ecológica ou à alimentação da fauna (CAMPOS et al., 2006).

Em relação às variáveis dendrométricas, foram encontradas alturas médias de 17,12 m e um DAP médio de 49,68 cm, com desvio padrão de 7,28 m e 15,39 m respectivamente, na população de indivíduos arbóreos. Pelo valor do DAP médio, pode-se inferir que a comunidade vegetal observada no MUPS pertence silviculturalmente a uma estrutura arbórea de porte alto, com destaque da população de *Hevea brasiliensis* L., que representou a espécie de maior DAP (Tabela 8).

Tabela 8 - Variáveis dendrométricas dos indivíduos arbóreos do Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.

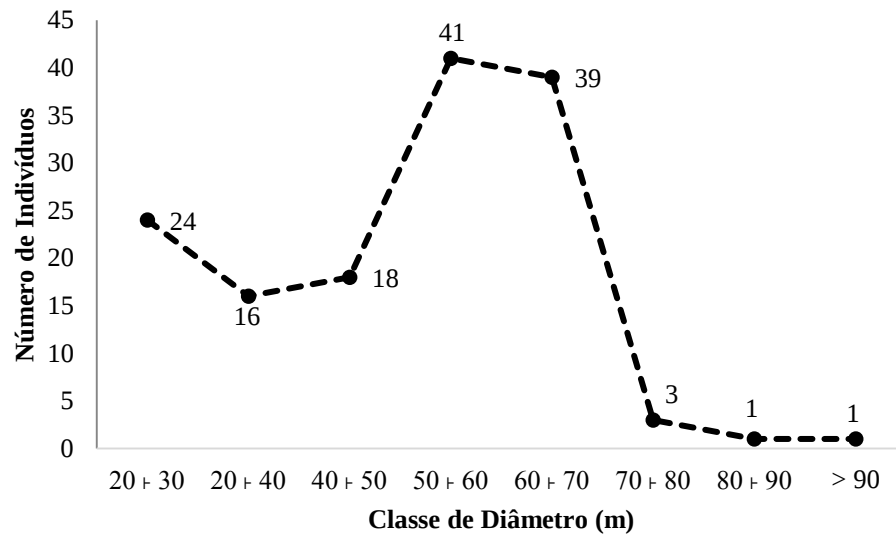
VARIÁVEIS	Altura (m)	CAP (cm)	DAP (cm)
$\bar{X}$	17,12	156,1	49,68
S	7,28	48,35	15,39
X_{Med}	19	169	53,79
X_{Mo}	25	200	63,7
$V_{Máx}$	30	299	95,17
V_{Min}	5	66	21,01

Legenda: $\bar{X}$ = Média; S = Desvio Padrão; X_{Med} = Mediana; X_{Mo} = Moda; $V_{Máx}$ = Máximo; V_{Min} = Mínimo.

Fonte: Autor.

Distribuídos os DAPs do total de indivíduos amostrados, em classes de diâmetro com 10 cm de intervalo, verificou-se que foram estabelecidas 8 classes diamétricas, na amplitude de 20 a > 90 cm. A distribuição por classe de diâmetro mostrou irregularidade estrutural da vegetação arbórea, ocorrendo concentração da população de *Hevea brasiliensis* L., com diâmetros entre 50 cm e 69,1 cm. Esse dado é um reflexo das condições do uso e manejo do solo, que foi utilizado na época do ciclo da borracha e período de grande ascensão econômica na Região Amazônica, para o manocultivo de *Hevea brasiliensis* L. (Gráfico 2).

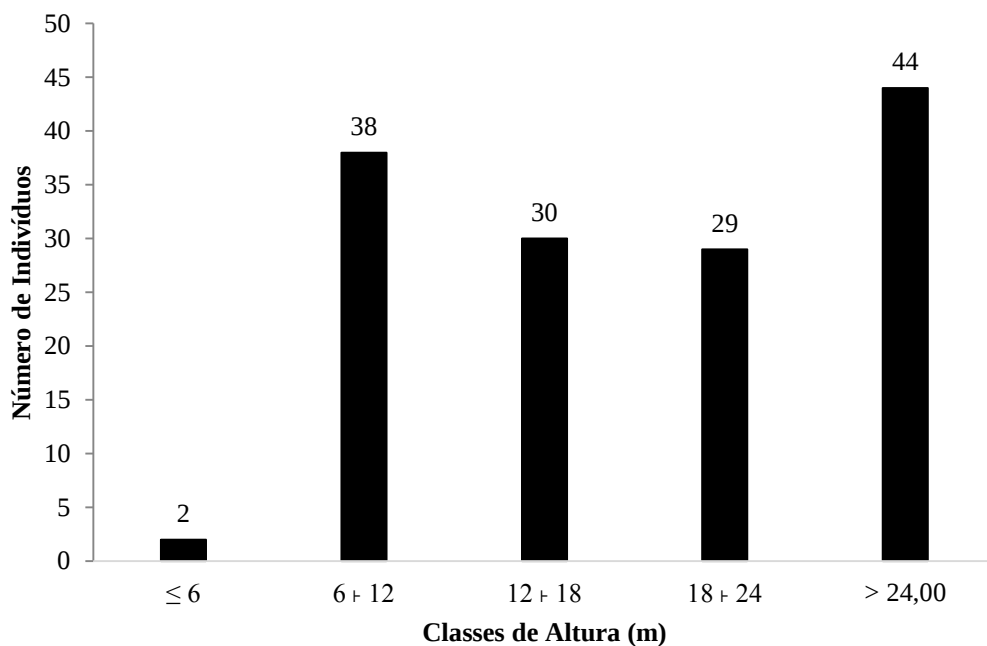
Gráfico 2 - Distribuição em classe de diâmetro em relação ao percentual de indivíduos amostrados, no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.



Fonte: Autor.

A estratificação vertical da população de indivíduos arbóreos demonstrou predominância de espécies classificadas como do estrato superior, ou seja, com alturas iguais ou superiores a 12,45 m, seguida por espécies do estrato intermediário, com alturas menores que 12,45 e superiores ou iguais a 4,74 m (SOUZA et al., 2003) (Gráfico 3).

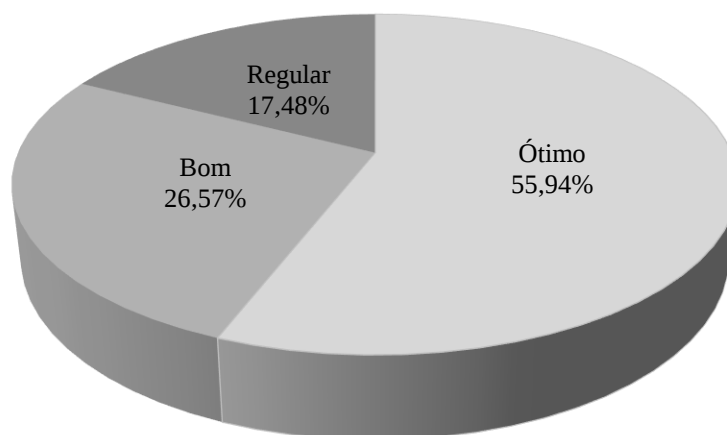
Gráfico 3 - Distribuição em classe de altura em relação ao percentual de indivíduos amostrados no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.



Fonte: Autor.

Em relação aos parâmetros qualitativos, em geral a qualidade dos indivíduos arbóreos foi caracterizado como ótimo estado fitossanitário e/ou estrutural para 55,94%, sem sinais de ataque de insetos, doenças ou injúrias mecânicas; bom para 26,57%, que necessitam de pequenos reparos ou tratos culturais; e, regular para 17,48%, que estão em estágio inicial de declínio, descaracterizando sua arquitetura que requer reparos e tratos culturais (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Distribuição percentual do estado fitossanitário e estrutural dos indivíduos avaliados no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.



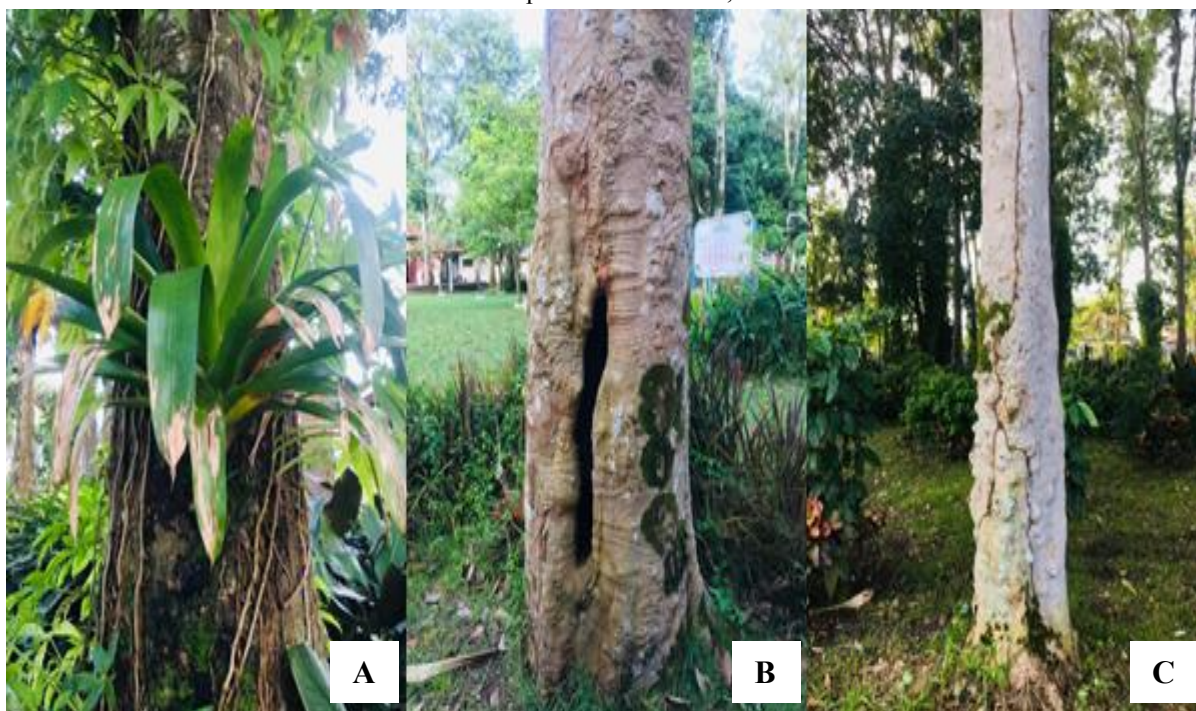
Fonte: Autor.

As árvores em estado bom e regular de qualidade, que representam 44,06% dos indivíduos avaliados, define a necessidade na elaboração e execução de um plano de manejo para manutenção desses indivíduos. Nessa fase, a reparação dos danos ainda pode ser reversível e, dependendo da qualidade das manutenções e reparos empregados, os indivíduos podem recuperar o seu ótimo estado de qualidade (SANTOS et al., 2015).

6.2 Análise das ameaças, vulnerabilidades e riscos de queda de árvores

No que tange a avaliação geral das árvores, verificou-se que as ameaças estão associadas a seção da árvore, carga estática e dinâmica. E, as vulnerabilidades e riscos aos alvos atuais e potenciais. Em termos de seção da árvore, os principais problemas se concentram na região do tronco, devido à presença de injúrias mecânica, bromélias, inclinação, cavidade e de cupins. Estes fatores interferem diretamente na estabilidade e qualidade da árvore, favorecendo condições de risco de ruptura e queda (Figura 7) (BOBROWSKI, 2010).

Figura 7 - Exemplares de *Hevea brasiliensis* L. com problemas na região do tronco no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.



Legenda: A = Bromélias; B = Cavidade; C = Cupins.

Fonte: Autor.

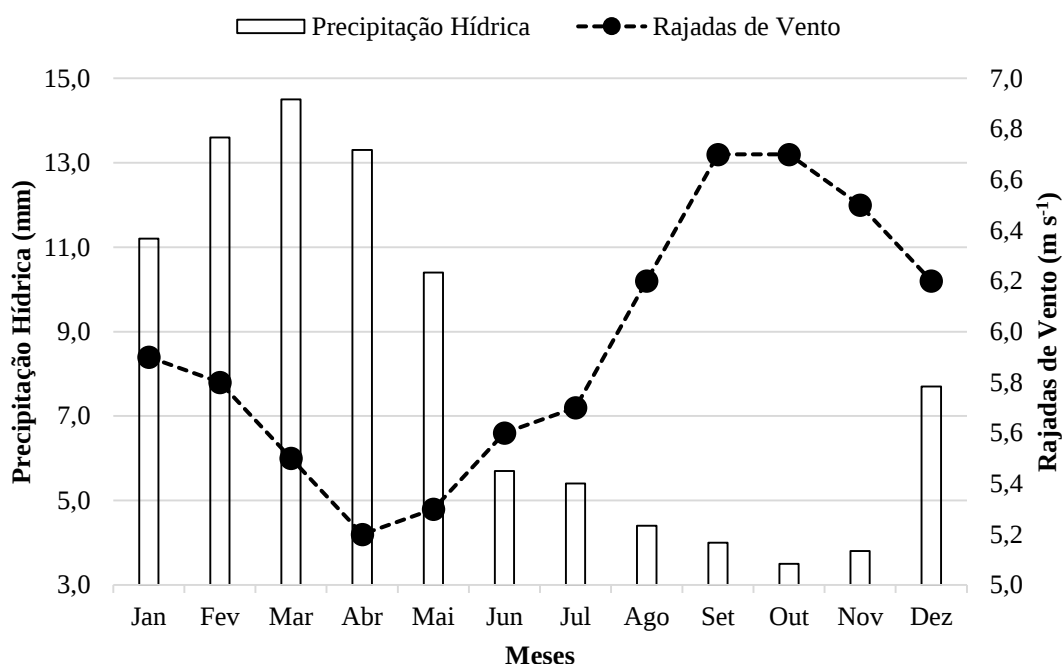
Por outro lado, na seção da copa, foi observado que poucos indivíduos apresentaram interferências e prejuízos, tais como: galhos interferindo a rede, galhos secos e podas efetuadas em galhos com diâmetro entre 10 e 20 cm. Isso é um bom indicativo, pois é a maior área da árvore onde acontecem às principais atividades fenológicas, sendo, por isso, fundamental a perpetuação e ao crescimento da espécie, além dos frutos e flores ser atrativos à avifauna (SAMPAIO et al., 2010).

Neste seguimento, a base do tronco, também, foi uma das regiões da árvore que se apresentou em condições saudáveis, com menor grau de risco. Isso se deve ao fato das árvores estarem implantadas em uma área planejada, com espaço superior a 1,5 m² de área livre disponível para desenvolvimento do sistema radicular (SEITZ, 2006).

Em relação à carga estática, constatou-se que toda a população de *Hevea brasiliensis* L. avaliada, apresentam grande quantidade de bromélias em seu tronco e copa. As bromélias, apesar de não serem parasitas, podem criar condições de maior acúmulo de umidade, favorecendo a instalação de organismos degradadores da madeira e sua ocorrência nas árvores pode alterar a estrutura anatômica e, conseqüentemente, a resistência do indivíduo, deixando-os mais propensos a quedas (BRAZOLIN et al., 2010).

No que concerne à carga dinâmica, foram analisadas as médias diárias mensais das condições meteorológicas, como a precipitação hídrica acumulada em 24 horas e a distribuição temporal das rajadas de vento, no período de 1996 a 2021, em um intervalo de vinte e seis anos. Assim sendo, para cada dia do período tinha-se a intensidade da precipitação acumulada e o valor da velocidade média do vento (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Distribuição das médias diárias mensais da precipitação hídrica (mm) e de rajadas de vento (m s^{-1}) no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará, no período de 1996-2021.



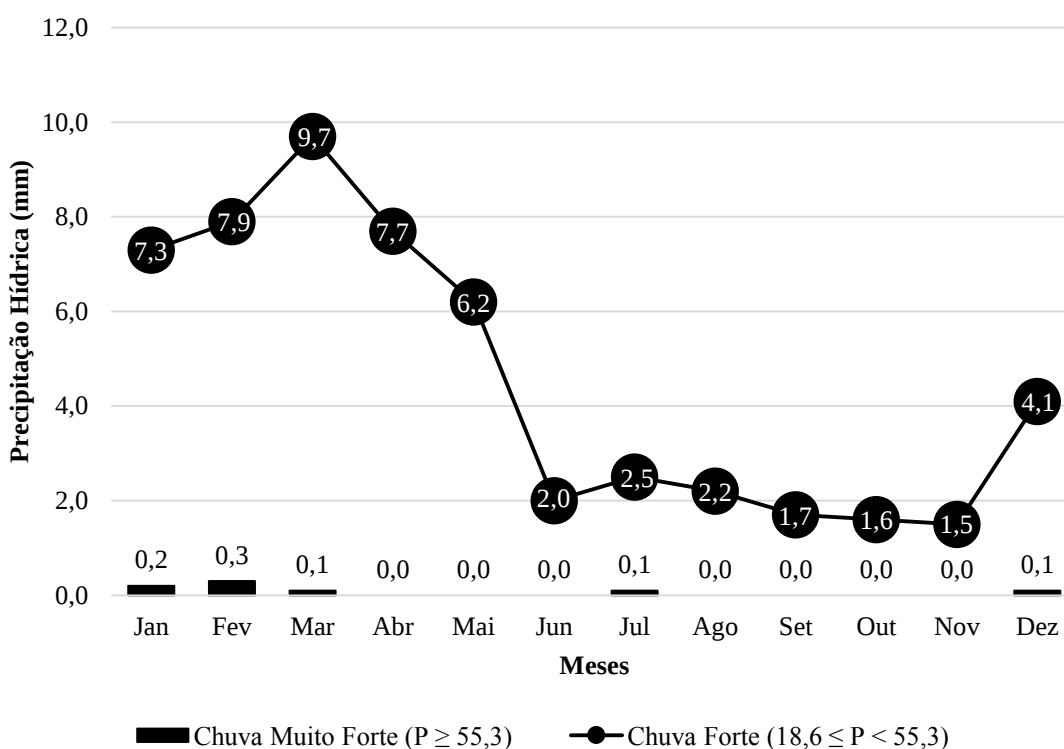
Fonte: CHIRPS (2022); CDS (2022).

De acordo com o Gráfico 5, a precipitação média diária oscilou de 3,5 mm em outubro a 3,8 mm em novembro. No longo prazo, a intensidade da precipitação acumulada em 24 horas revelou tendência de crescimento entre os meses de janeiro a março, responsáveis por cerca de 40 mm da precipitação anual. Dentro desta análise, março foi o mês que maior contribuiu com o regime pluviométrico, em média, de 14,5 mm.

Por outro lado, percebeu-se que os meses menos chuvosos sobre a unidade de conservação acusaram as maiores médias diárias mensais de rajadas de vento, sendo setembro e outubro os meses que registraram as maiores médias, de $6,7 \text{ m s}^{-1}$. Desse modo, pode-se inferir que as médias diárias mensais analisadas, com o maior regime de chuvas apresentaram menor intensidade de rajadas de vento.

Analisando-se o Gráfico 6, onde é apresentada a média da intensidade da precipitação acumulada em 24 horas, para o período de 1996 a 2021, observou-se que o maior registro pluviométrico diário ocorreu em março, que foi de 9,7 mm, classificado como Chuva Forte (CF). Na classe de Chuva Muito Forte (CMF), o mês de fevereiro, quando comparado com os demais meses, foi o período que registrou maior ocorrência de chuvas, em média, de 0,3 mm, no período avaliado.

Gráfico 6 - Classificação da intensidade da precipitação acumulada em 24 horas, no período de 1996 a 2021, no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.

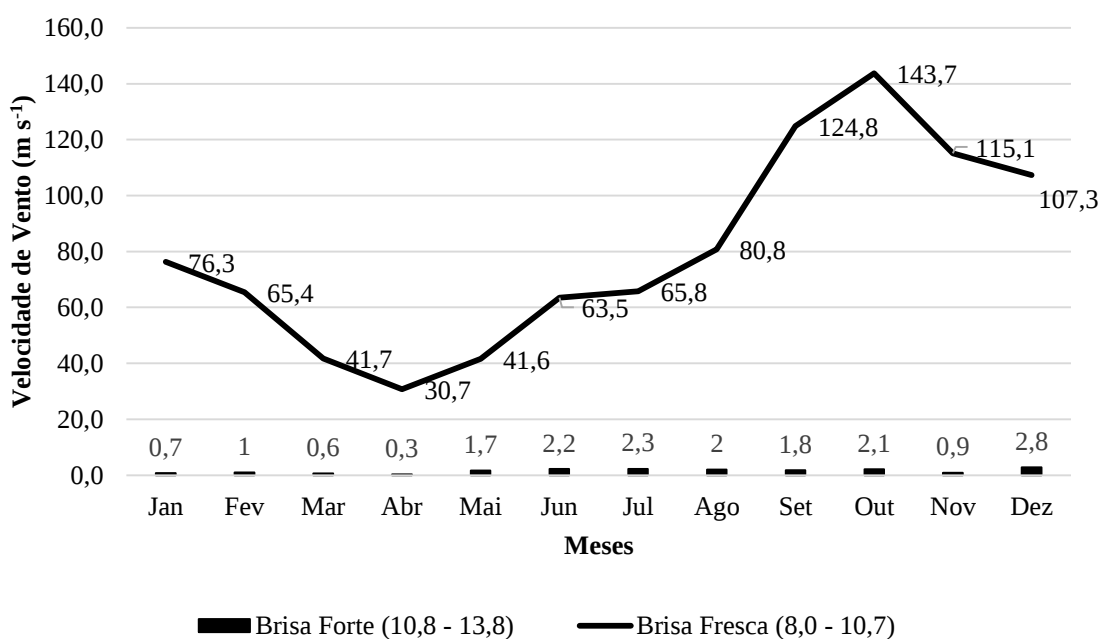


Fonte: CHIRPS (2022).

De acordo com análise dos dados do Gráfico 6, após a classificação da intensidade da precipitação como chuva forte e muito forte, verificou-se que os indivíduos arbóreos de porte avantajado, em espaçamentos retangulares e com idade avançada, com destaque para a população de *Hevea brasiliensis* L., apresentam maior susceptibilidade, com chances superiores de serem derrubadas pelos regimes pluviométrico (RICE; RONGZHOU, 2011), principalmente durante o “inverno amazônico” (PEREIRA; SZLAFSZTEIN, 2016), época em que o solo está mais saturado de água, e, consequentemente, as raízes têm um poder de fixação menos efetivo (BOBROWSKI, 2010).

No Gráfico 7 é apresentado a distribuição média dos episódios mensais da velocidade do vento a 10 m de altura, no período de 1996 a 2021, através das classes de intensidade da Escala de Beaufort. De acordo com a análise dos dados, as observações do período se dividiram principalmente entre as classes de brisa forte, que movimentam grandes galhos e árvores de pequeno porte; e, vento fresco, que movimentam os ramos das árvores.

Gráfico 7 - Enquadramento da velocidade do vento a 10 m de altura nas classes da Escala de Beaufort, no período de 1996 a 2021, no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.



Fonte: CDS (2022).

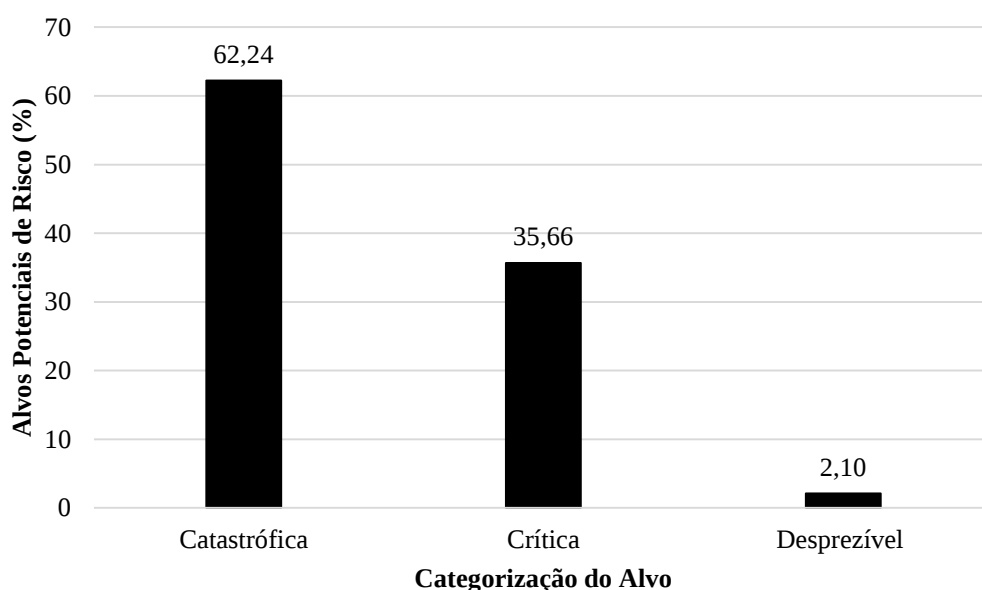
Na classe de brisa forte, observou-se que o maior registro de velocidade do vento acumulada mensal no período analisado ocorreu em outubro, em média, de 143,7 m s⁻¹. O segundo maior registro aconteceu em setembro, em média, de 124,8 m s⁻¹. A classe de vento fresco foi classificada como baixa distribuição média em comparação com a classe de brisa forte, sendo que os meses de dezembro e julho registraram maiores valores médios de velocidade do vento, com 2,8 e 2,3 m s⁻¹, respectivamente.

Essa variável meteorológica ao incidir horizontalmente sobre a parte exposta da árvore gera uma combinação de torques por torção e flexão na base desta, e, caso esse torque seja maior que a resistência do sistema de ancoragem da árvore, pode contribuir para a queda do indivíduo (ATAÍDE et al., 2015).

De modo geral, os resultados descritos indicam que, as variáveis meteorológicas, como a precipitação hídrica e a rajadas de vento, podem provocar danos às árvores abrigadas no MUPS. Neste contexto, as classificações da intensidade da chuva diária e de velocidade do vento contribuem para as ações de gestão de risco de queda de árvores dos órgãos de Proteção e Defesa Civil, auxiliando na prevenção e na mitigação dos impactos associados a estas variáveis (SOUZA et al., 2012).

Em relação aos alvos atuais e potenciais, observou-se que 62,24% destes alvos foram categorizados como catastróficos; 35,66% como crítico; e, 2,10% como desprezível. A alta incidência de alvos categorizados como catastróficos e crítico, dá-se em função da altura e diâmetros dos indivíduos arbóreos. No entanto, quando se refere à categoria desprezível, pode estar associado ao baixo porte do indivíduo, em alguns casos pela baixa circulação de pessoas ou veículos, ou a combinação de ambos (Gráfico 8).

Gráfico 8 - Categorização do alvo numa eventual queda da árvore ou parte no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.



Fonte: Autor.

Contatou-se, também, que numa eventual queda da árvore ou parte desta, pode acarretar danos ao patrimônio público e privado, assim como comprometer a segurança dos transeuntes dentro da “zona de impacto”, por conta do uso intenso do playground, museu do seringueiro, sede administrativa, academia ao ar livre, pista de cooper e posto da guarda municipal. Estas infraestruturas encontram-se na zona de projeção das copas das árvores (Figura 8).

Figura 8 - Alvos potenciais de risco numa eventual queda da árvore ou parte no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.



Legenda: A = Playground; B = Museu do Seringueiro; C = Sede Administrativa; D = Academia ao ar livre; E = Pista de Cooper; F = Posto da Guarda Municipal.

Fonte: Autor.

Por conseguinte, foi observada dentro de um raio equivalente à altura total das árvores avaliadas, a rede de distribuição de energia elétrica, bem como, a circulação frequente de pedestres e veículos, nas áreas adjacentes, sendo de difícil remoção ou restrição de acesso à área do alvo, por isso numa eventual queda da árvore implicará na necessidade de ser traçado um novo percurso para a rede distribuição de energia e na obstrução das áreas adjacentes.

6.3 Mapeamento e gerenciamento de risco de queda de árvores

No que tange a categorização de suscetibilidade do risco de queda de árvores, verificou-se, que apenas 1,41% encontraram-se no nível de risco baixo (R1), em decorrência do porte dos indivíduos ou menor movimentação na área avaliada. Por conseguinte, 26,57%, foram avaliados como sendo de nível de risco médio (R2), com danos ou efeitos colaterais moderados. Já no nível de risco alto (R3), notou-se que 46,15% dos indivíduos podem acarretar danos materiais e pessoais em função das dimensões das árvores. Além disso, os indivíduos enquadrados no nível de risco muito alto (R4), com 25,87%, também podem acarretar danos e efeitos colaterais severos (Tabela 9).

Tabela 9 - Categorização de suscetibilidade do risco de queda dos indivíduos avaliados no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.

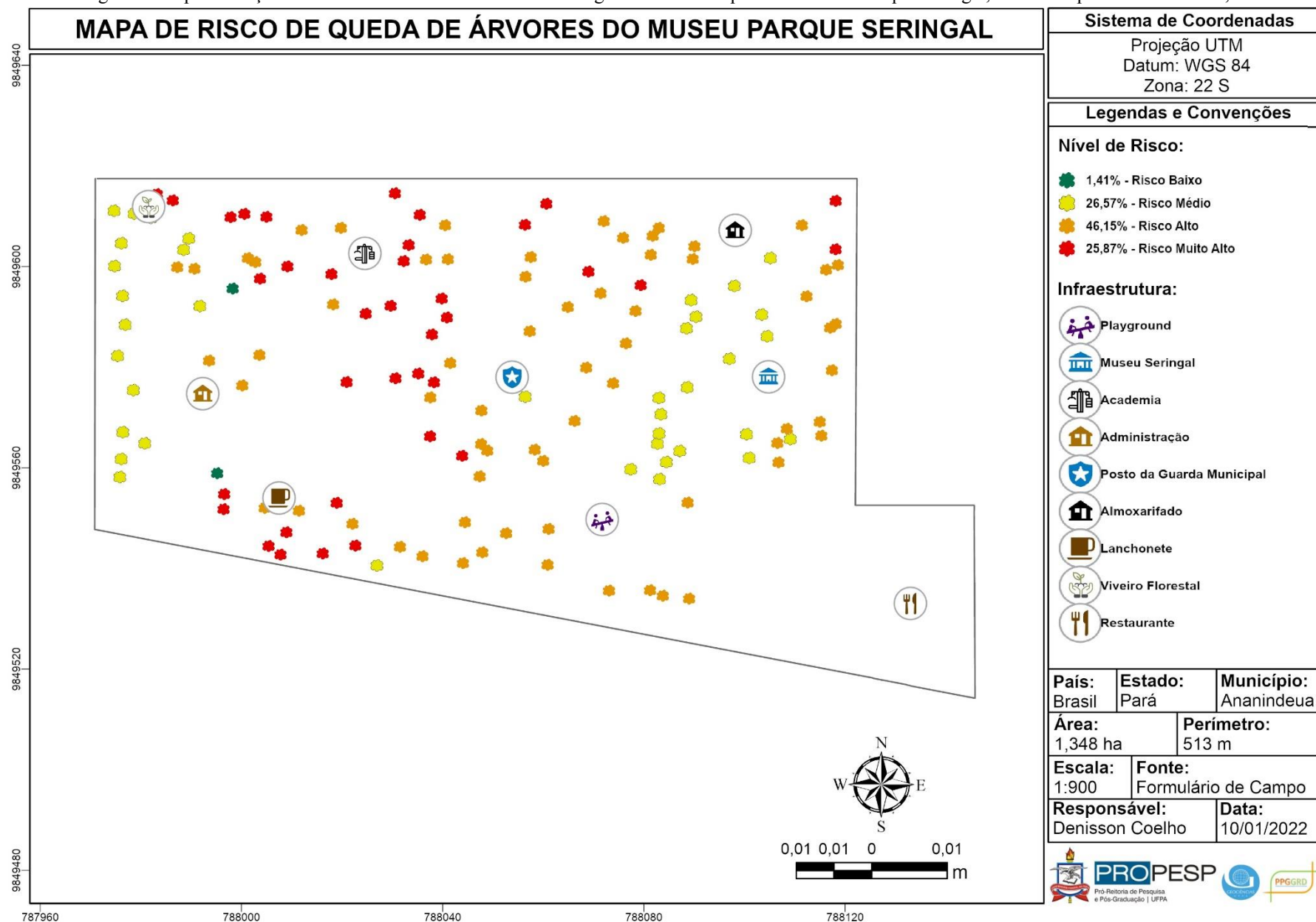
Espécie	Família	Nº	(%)	NR
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	02	1,41	R1
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	01	26,57	R2
<i>Mangifera indica</i> L.		01		
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Annonacea	01		
<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridley) Sandwith	Bignoniaceae	14		
<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. Ex A.DC.) Standl		01		
<i>Hevea brasiliensis</i> L	Euphorbiaceae	19	46,15	R3
<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	01		
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	01		
<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridley) Sandwith	Bignoniaceae	02		
<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. Ex A.DC.) Standl		05		
<i>Hevea brasiliensis</i> L.	Euphorbiaceae	52		
<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson ex F.A.Zorn) Fosberg	Moraceae	04	25,87	R4
<i>Syzygium malaccense</i> (L) Merr. & L. M. Perry	Myrtaceae	02		
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	06		
<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	01		
<i>Hevea brasiliensis</i> L.	Euphorbiaceae	30	100	
Total		143		

Legenda: Nº = Número de Indivíduos Arbóreos; NR = Nível de Risco; R1 = Risco Baixo; R2 = Risco Médio; R3 = Risco Alto; R4 = Risco Muito Alto.

Fonte: Autor.

Com base nestes dados, foi elaborado um mapa de risco de queda de árvores do MUPS. Nota-se, que os indivíduos arbóreos com classes de risco muito alto e alto, concentrou-se predominantemente na parte central. Nestas condições, pode-se inferir que, com a queda eventual de uma árvore, há grande possibilidade da ocorrência de danos ao patrimônio público e privado, bem como, pode comprometer a segurança da população (Figura 9).

Figura 9 - Espacialização das árvores avaliadas de acordo com o grau de risco de queda no Museu Parque Seringal, no Município de Ananindeua, Pará.



7 CONCLUSÃO

No que tange os parâmetros quantitativos dos indivíduos arbóreos avaliados pelo método não invasivo, verificou-se um baixo índice de diversidade florística de espécies, com abundância de 70,63% para a espécie *Hevea brasiliensis* L.; quanto à origem fitogeográfica das espécies, 72,73% são nativas e 27,27% são exóticas, distribuídas no estrato superior com alturas $\geq 12,45$ m, seguida por espécies do estrato intermediário, com alturas $< 12,45$ e $\geq 4,74$ m; foi encontrada altura média de 17,12 m e um DAP médio de 49,68 cm, com concentração da população de *Hevea brasiliensis* L. na classe de diâmetro entre 50 cm e 69,1 cm.

Quanto aos parâmetros qualitativos, em média, 26,57% das árvores encontra-se em estado bom, necessitando de pequenos reparos e tratos culturais; sendo o estado ótimo mais expressivo, sem sinais de ataque de insetos, doenças ou injúrias mecânicas, contanto com 55,94% dos indivíduos. Árvores avaliadas na condição regular somaram 17,48%, que estão em estágio inicial de declínio. Neste estágio, a região do tronco, foi o local onde se concentrou os principais problemas nas árvores, devido à presença de injurias mecânica, inclinação, cavidade e de cupins, alterando a estrutura anatômica e, conseqüentemente, a sua resistência.

Na região da copa e na base do tronco das árvores avaliadas, poucos indivíduos apresentaram interferências e prejuízos. No entanto, a presença de bromélias na copa e no tronco em toda a população de *Hevea brasiliensis* L. sobrecarrega a estrutura das árvores, deixando-as mais propensas a ruptura e queda quando expostas as condições meteorológicas, como a precipitação acumulada em 24 horas e rajadas de vento. Nessas circunstâncias o potencial de danos é maior, devido ao porte avantajado das espécies e ausência de barreiras contra este fator de carga, por estarem distribuídas em um espaçamento retangular.

Em relação aos alvos atuais e potenciais, 62,24% foram categorizados como catastróficos e 35,66% como crítico. A alta incidência destas categorias dá-se em função do porte dos indivíduos arbóreos, que numa eventual queda ou parte desta, acarreta danos ao patrimônio público e privado, assim como compromete a segurança dos transeuntes na zona de impacto, por conta do uso intenso do playground, museu do seringueiro, sede administrativa, academia ao ar livre, pista de cooper e posto da guarda municipal.

No que se refere à categorização do risco, tendo como resultado as classes de probabilidade de ocorrência, 25,87% dos indivíduos arbóreos, foram avaliados com risco muito alto (nível R4); 46,15% como risco alto (nível R3); 26,57% como de risco médio (nível R2); e,

1,41% como risco baixo (nível R1). Com base nestes dados, foi elaborado um mapa de risco de queda de árvores, que possibilitou uma análise da distribuição espacial dos indivíduos quanto ao nível de risco, subsidiando na tomada de decisões coordenadas de prevenção, mitigação e preparação pelos órgãos responsáveis, especialmente os de Proteção e Defesa Civil, em prol da garantia dos direitos individuais e coletivos a vida.

Assim sendo, este produto cartográfico é uma ferramenta importante para o planejamento das ações de Proteção e Defesa Civil a fim de reduzir ou até evitar a exposição dos transeuntes e/ou do patrimônio público e privado ao risco por quebra de partes ou a queda da árvore, com atuação sobre as ameaças e as vulnerabilidades identificadas e priorizadas na avaliação, colaborando com uma cultura de prevenção de risco.

Neste contexto, vale destacar que a remoção do alvo para a eliminação do risco, no Museu Parque Seringal, é impraticável e não é possível diminuir a frequência e nem a magnitude de queda da árvore, mas podem-se prevenir possíveis danos, com aumento da segurança da população, por meio da implantação de políticas de gestão de risco. Assim sendo, o risco zero é impossível de se alcançar, mesmo que este espaço de interação social seja altamente manejado.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação do produto cartográfico como instrumento na elaboração de um Plano de Contingência, para os indivíduos arbóreos abrigados no Museu Parque Seringal, no sentido de orientar as ações de preparação e resposta, voltadas para garantir a integridade física da população e a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestado pelas árvores ou, ainda, para restabelecer as condições de normalidade.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 16246-3: **Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas Parte 3**: Avaliação de risco de árvores. Primeira edição. 14p. ISBN 978-85-07-08192-0. 2019.
- ALBERS, J.S.; POKORNY, J.D.; JOHNSON, G.R. How to detect and assess hazardous defects in trees. In: POKORNY, J. D. (coord.). **Urban tree risk management**: a community guide to program design and implementation. St. Paul: USDA, Forest Service, Northeastern Area, State and Private Forestry, 2003.
- ALVES, M. C. A.; MARTIN, A. Potencial de falha dos indivíduos de *Spathodea campanulata* existentes no campus da UFV, em Viçosa – MG. **REVSBAU**, Curitiba – PR, v. 15, n. 2, p. 13-27, 2020.
- ANANINDEUA (Município). **Lei nº 2560 de 29 de março de 2012**. Cria a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Denominada de “Museu Parque Seringal” e das outras providências. Diário Oficial do Município, Ananindeua, PA, 24 abr. 2012. p. 8 a 10.
- ARCE, P. A.; PENDLOSKI, C. J. S.; OLIVEIRA, R. B.; GALLARDO, A. L. C. F.; RUIZ, M. S. Conflitos socioambientais em unidades de conservação em áreas urbanas: o caso do parque Tizo em São Paulo. **Holos**, v. 1, p. 75-85, 2014.
- ÁRVORE de grande porte cai e mata mulher no Parque Municipal de BH. **G1. Grupo Globo**, 2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2011/01/arvore-de-grande-porte-cai-e-mata-mulher-no-parque-municipal-de-bh.html>. Acesso em: 07 de abr. 2021.
- ÁRVORE de grande porte cai em parque de Porto Alegre e mata idoso. **G1, Grupo Globo**, 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/08/arvore-de-grande-porte-cai-em-parque-de-porto-alegre.html>. Acesso em: 07 de abr. 2021.
- ATAÍDE, G. M.; CASTRO, R. V. O.; CORREIA, A. C. G.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; ROSADO, A. M. Interação árvores e ventos: aspectos ecofisiológicos e silviculturais, **Ciênc. Florest.** v. 25, p. 523-536, 2015.
- BARRETO, H. B. F.; SANTOS, W. O.; FREIRE, F. G. C.; SOBRINHO, J. E.; BARRETO, F. P. Análise da precipitação máxima e relação intensidade-duração-frequência para Mossoró-RN. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.2, n.4, p. 87-95, 2013.
- BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo município de São Paulo - SP. **GEOUSP Espaço e Tempo**, v. 20, n. 1, p. 160-177, 2016.
- BERLAND, A.; SHIFLETT, S. A.; SHUSTER, W. D.; GARMESTANI, A. S.; GODDARD, H. C.; HERRMANN, D. L.; HOPTON, M. E. **The role of trees in urban stormwater management**. Amsterdã: Elsevier, jun. 2017.. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204617300464?via%3Dihub#!>. Acesso em: 19 nov. 2020.

BIZ, S.; PASTÓRIO, A. P.; BRUN, F. G. K.; BRUN, E. J.; WATZLAWICH, L. F. Indicadores de diversidade para a arborização viária do bairro Centro Norte da cidade de Dois Vizinhos – Paraná. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.10, n.3, p. 1-13, 2015.

BOBROWSKI, R. A avaliação de árvores e ações de manejo de risco. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL, 2. & SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS, 15., 2010, Irati-PR. Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2010. [Anais...]. Disponível em: <https://anais.unicentro.br/sef/iisef/pdf/palestras/Bobrowski.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2020.

BOWLER, D. E.; BUYUNG-ALI, L. M.; KNIGHT, T. M.; PULLIN, A. S. **A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments**. United Kingdom: BMC Public Health, aug. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-456>. Acesso em: 19 nov. 2020.

BRASIL. **Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Gestão de riscos e de desastres: contribuições da psicologia**. Curso à distância / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED, 2010.

BRATMAN, G. N.; HAMILTON, J. P.; DAILY, G. C. The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.1249, n.1, p.118-36, 2012.

BRAZOLIN, S.; TOMAZELLO FILHO, M.; AMARAL, R. D. A. M.; OLIVEIRA NETO, M. A. Associação entre fungos apodrecedores e cupins subterrâneos no processo de biodeterioração do lenho de árvores de Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze da cidade de São Paulo, SP. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 215-224. Piracicaba – SP, 2010.

BRUN, F. G. K.; DOBBERT, L. Y.; SERVOLO FILHO, H. J.; ZAIA, H. B. A.; SILVA FILHO, D. F. Percepção dos usuários em relação ao conforto ambiental de duas áreas verdes de Piracicaba-SP. **RSBAU**, v. 5, n. 3, p. 59-81, 2010.

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

CAMPOS, J. B.; TOSSULINO, M. G. P.; MULLER, C. R. C. **Unidades de conservação: ações para valorização da biodiversidade**. Curitiba: IAP, 2006. 344 p.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. 8. ed. São Paulo: Cultrix, 2003. 256 p.

CARMELO, S. R.; SEITZ, R. A. Diagnóstico das interferências da arborização na rede de distribuição de energia elétrica. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 18., 2018, Olinda – PE, 2008. [Anais...]. Disponível em: [http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20081216230853-1%20\(20\).pdf](http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20081216230853-1%20(20).pdf). Acesso em: 19 nov. 2020.

CARVALHO, A. L. P.; FERREIRA, D.; SANTOS, M. C. M. P. Análise de Risco de árvores: *Tilia tomentosa* Mench, **REVSBAU**, Curitiba-Pa, v. 14, n. 3, p. 01-16, 2019.

COORDENAÇÃO DA DEFESA CIVIL DO ESTADO DE MATO GROSSO - CDECMAT. **O que é proteção e defesa civil**. 2019. Disponível em: <http://www.defesacivil.mt.gov.br/o-que-e-protecao-e-defesa-civil>. Acesso em: 10 de jun. 2020.

CLIMATE CHANGE SERVICE CLIMATE DATA STORE - CDS. **ERA5**: Fifth Generation of ECMWF Atmospheric Reanalyses of the Global Climate Copernicus. 2022. Disponível em: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview>. Acesso em: 27 de fev. 2022.

CEPED/UFSC. **Capacitação básica em defesa civil**: livro texto para educação à distância. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.

CHANG, M. **Forest hydrology: an introduction to water and forests**. Boca Raton: CRC Press, 2002.

CLIMATE HAZARDS CENTER INFRARED PRECIPITATION WITH STATION DATA - **CHIRPS**. 2022. Disponível em: <https://data.chc.ucsb.edu/products/>. Acesso em: 27 de fev. 2022.

COSTA, E. R.; SOBRINHO, M. V.; ROCHA, G. M. Conflitos socioambientais e perspectivas de governança em Unidades de Conservação: o caso da Floresta Estadual do Amapá, Amazônia, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 49, p. 83–107, 2018.

DANTAS, I. C.; SOUZA, C. M. C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande - PB: inventário e suas espécies. **Rev. Biol. Ciênc. Terra**, Campina Grande, v.4, n.2, 2004.

DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DE SANTO ANDRÉ - DEPDEC. **Escala de Beaufort**. 2022. Disponível em: <https://www3.santoandre.sp.gov.br/defesacivil/escala-de-beaufort/>. Acesso em: 01/03/2022.

DUNSTER, J. A., SMILEY, E. T., MATHENY, N., LILLY, S. **Tree Risk Assessment Manual**. International Society of Arboriculture, Champaign, 2013.

ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA REDUÇÃO DE DESASTRES DA ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - EIRD/ONU. **Terminologia sobre reducción del riesgo de desastres**. Suíça: ONU: 2009. Disponível em: http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf. Acesso em: 07 out. 2021.

ESTEVES, C. J. O. Risco e Vulnerabilidade Socioambiental: aspectos conceituais. **Cad. IPARDES**, v.1, n.2, p. 62-79, 2011.

FERREIRA, L. I. E. P. Parque urbano. **Paisagem Ambiente**, São Paulo, n. 23, p. 20-23, 2007.

FORZZA, R. C. **Lista de espécies da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 20 jan. 2021.

FUREGATO, M. C. H. Parque Urbano Orquidário Municipal de Santos/SP: equipamento de lazer e turismo. **Revista Eletrônica Patrimônio: Lazer & Turismo (UNISANTOS)**, v. 1, p. 1, 2005.

GARCÍA, S; GERRERO, M. Indicadores de sustentabilidade ambiental em La gestión de espacios verdes. Parque Urbano Monte Calvario, Tandil, Argentina. **Revista de Geografía Norte Grande**, Santiago, n. 35, p. 45-57, 2006.

GASPERINI, S.; ROATTI, B.; MORELLI, G. AFPP. **Analysis of anatomic structures of trees in relation to uprooting behavior**: the case study of *Pinus pinea*. In: 4e Conférence sur l'entretien des jardins, espaces végétalisés et infrastructures. Toubouse, 2016.

GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidades médias brasileiras, Rio Claro, **Estudos Geográficos**, p. 19-29, 2003.

GRIMM, N. B.; FAETH, S. H.; GOLUBIEWSKI, N. E.; REDMAN, C. L.; WU, J.; BAI, X.; BRIGGS, J. M. Global change and the ecology of cities. **Science**, Washington, v. 319, p.756-60, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malha Territoriais**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>. Acesso em: 10 de jan. 2022.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ - IDESP. **Estatística Municipal Ananindeua**. 2013. Disponível em: <http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/Ananindeua.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: MCidades; IPT, 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/rYX7IK>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

KOESER, A. K., HAUER, R. J., MIESBAUER, J. W., & PETERSON, W. Municipal tree risk assessment in the United States: Findings from a comprehensive survey of urban forest management. **Arboricultural Journal**, v. 38, n. 4, p. 218-229, 2016.

KUHNEN, A. Meio Ambiente e Vulnerabilidade, a percepção ambiental de risco e comportamento humano. **Geografia**, Londrina – PR, v. 18, n. 2, p. 37-52, 2009.

LAPRECHT, H. Ensayo sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales, **Acta Científica Venezolana**, v. 13, n. 2, p. 57-63, 1962.

LIMA NETO, E.M.; SOUZA, R.M. Índices de densidade e sombreamento arbóreo em áreas verdes públicas de Aracaju, Sergipe, **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.4, n.4, p.47-62, 2009.

MAGALHÃES, L. M.; CRISPIM, A. A. Vale a pena plantar e manter árvores e florestas na cidade ciência? **Ciência Hoje**, v. 33, n. 193, p. 64-68, 2003.

MALLER, C. et al. Healthy nature healthy people: “contact with nature” as an upstream health promotion intervention for populations. **Health Promotion International**, v.21, n.1, p.45-54, 2006.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias**: Conceitos básicos. Santa Maria: CRS/INPE, 2008.

MARCELINO, E. V., NUNES, L. H., KOBİYAMA, M. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. **Caminhos da Geografia (UFU)**, Uberlândia, v.7, n.17, p.72-84, 2006.

MARTINS, L. F. V.; ANDRADE, H. H. B. de; ANGELIS, B. L. D. de. Relação entre podas e aspectos fitossanitários em árvores urbanas na cidade de Luiziana, Paraná. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.5, n.4, p.141-155, 2010.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES - MCTI. **Retirada de árvores em risco de queda no Parque Zoobotânico**. 2016. Disponível em: <https://www.museu-goeldi.br/noticias/retirada-de-arvores-em-risco-de-queda-no-parque-zoobotanico>. Acesso em: 07 de abr. 2021.

MENEGHETTI, G. I. P. **Estudo de dois métodos de amostragem para inventário da arborização de ruas dos bairros da orla marítima do município Santos, SP**. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP, 2003. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-27112003-100603/pt-br.php>. Acesso em: 23 de jun. de 2021.

MIYAMURA, F. Z.; MANFRA, R.; FRANCO, G. A. D. C.; ESTEVES, R.; SOUZA, S. C. P. M.; IVANAUSKAS, N. M. Influência de espécies exóticas invasoras na regeneração natural de um fragmento florestal urbano. **Scientia Plena**, v. 15, n. 8, p. 1-17, 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Cadastro nacional de unidade de conservação**. 2019. Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=2663>. Acesso em: 14 mar. 2021.

MOREIRA, T. C.; POLIZEL, J. L.; SANTOS, I. D. S.; SILVA FILHO, D. F.; BENSENOR, I.; LOTUFO, P. A.; MAUAD, T. Green Spaces, Land Cover, Street Trees and Hypertension in the Megacity of São Paulo. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 3, p. 725, 2020.

MULLANEY, J.; LUCKE, T.; TRUEMAN, S. J. A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. **Landscape and Urban Planning**, v. 134, p. 157-166, 2015.

NICOLOTTI, G., SOCCO, L. V., MARTINIS, R., GODIO, A., SAMBUELLI, L. Aplicação e comparação de três técnicas tomográficas para detecção de decomposição em árvores. **Journal of Arboriculture**, v 29, p.66-78, 2003.

ODUM, E.P. **Populações em comunidades**. In: ODUM, E.P., eds, **Ecologia**. São Paulo: Guanabara, 1988.

OLIVEIRA FILHO, P. C.; ANDRADE, A. R.; HABERLAND, N. T.; POTTKER, G. S.; SILVA, F. C. B. A importância das áreas verdes em uma cidade de pequeno porte: estudo de caso na cidade de Irati-PR. **RSBAU**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 89-99, 2013.

OLIVEIRA, R. J.; SILVA, A. L. A.; SILVA, E. O.; SANT'ANNA, G. L. FRANÇA, L. C. J. Gestão e Avaliação da Arborização de Áreas Públicas no município de Bom Jesus – Piauí. **RBAS**, v. 06, n. 03, p. 09 a 14. Viçosa – MG, 2016.

OLIVEIRA, S.; LOPES A. Metodologia de avaliação do risco de queda de árvores devido a ventos fortes. O caso de Lisboa. *In*: CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA. Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, 6., 2007. [Anais...] Disponível em: http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_VI_Congresso_APG/actas/_fich/45-Sandra_Oliveira_-_Metodologia_avaliac_risco_arvor.pdf. Acesso em: 19 nov. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050**. 2019. Disponível em: <https://unric.org/pt/onu-preve-que-cidades-abriguem-70-da-populacao-mundial-ate-2050/#:~:text=Segundo%20a%20ONU%2C%20atualmente%2055,implementando%20processos%20de%20pol%C3%ADticas%20descentralizadas>. Acesso em: 04 de fev. 2021.

OPPLIGER, E. A.; FONTOURA, F. M.; OLIVEIRA, A. K. M.; TOLEDO, M. C. B.; SILVA, M. H. S.; GUEDES, N. M. R. A estrutura de áreas verdes urbanas como indicador de qualidade ambiental e sua importância para a diversidade de aves na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Paisagem e Ambiente**, v. 30, n. 44, p. 162864-162864, 2019.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **922 madeiras nativas do Brasil**: anatomia dendrologia-dendrometria-produção-uso. Porto Alegre: Cinco Continente, 2010.

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, P. H. Estudo de caso do risco de queda de árvores urbanas em via pública na cidade de Dois Vizinhos-PR. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco – PR, v.6, n.1, p. 1-10, 2011.

PINHEIRO, E. G. **Orientações para o planejamento em Proteção e Defesa Civil**: Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil. Curitiba: FUNESPAR, 2017.

PORTO, L. P. M.; BRASIL, H. M. S. **Manual de Orientação Técnica da Arborização Urbana de Belém**. Belém-PA: UFRA, 2013, 110 p.

PRADO FILHO, H. R. **A avaliação de risco de árvores em áreas urbanas**. 2019. Disponível em: <https://qualidadeonline.wordpress.com/2019/10/17/a-avaliacao-de-risco-de-arvores-em-areas-urbanas/>. Acesso em: 19. jan. 2021.

RIBEIRO, W. C. **Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil**. Parcerias estratégicas, Brasília, n.27, dez. 2008.

RICE, J. A.; RONGZHOU, M. Wind damage in a partially harvested boreal mixedwood stand in northeastern Ontario. **Forest Research Report**, v. 14, n. 175, p. 1-14, 2011.

ROATTI, B.; MORELLI, G.; GASPERINI, S. Tree failures in Italy: analysis of single events, consequences and distribution. *In*. CONFÉRENCE SUR L'ENTRETIEN DES JARDINS, ESPACES VÉGÉTALISÉS ET INFRASTRUCTURES 4e. **Toulouse**, 2016. p. 133-141.

SABADINI JR. J. C. Arborização urbana e a sua importância à qualidade de vida. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, n. 5069, 2017. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/57680/arborizacao-urbana-e-a-sua-importancia-a-qualidade-de-vida>. Acesso em: 14 mar. 2022.

SACRAMENTO, F. A. C. B. **Tomograma das árvores do Jardim Botânico da Universidade de Coimbra: avaliação do estado de conservação**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Biotecnologia Vegetal - Especialidade em Biotecnologia). Universidade de Coimbra, 2013.

SAMPAIO, A. C. F.; DUARTE, F.G.; SILVA, E. G. C.; DE ANGELIS, B. L. D.; BLUN, C. T. Avaliação de árvores de risco na arborização de vias públicas de Nova Olímpia, Paraná, **RSBAU**, Piracicaba, v.5, n. 2, p. 82-104, 2010.

SAMPAIO, P. R. P.; SAMPAIO, R. S. R.; MAGALHÃES, L. Questões jurídicas relevantes na gestão de parques urbanos no Brasil: panorama geral e estudo de caso do Parque do Flamengo. **Revista de Direito Administrativo**, Rio de Janeiro, v. 272, p. 339-379, 2016.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e métodos**. 2a ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

SANTAMOUR JÚNIOR, F.S. Trees for urban planting: diversity uniformity, and common sense. *In*: METRIA CONFERENCE, 7., 1990, Lisle. **Proceedings**. Lisle, 1990. p.57-66.

SANTOS, A. A. Parques Nacionais Brasileiros: relação entre Planos de Manejo e a atividade ecoturística, São Paulo, **Revista Brasileira de Ecoturismo**, v.4, p. 141-162, 2011.

SANTOS, C. I. **Análise Preliminar de Riscos na atividade de poda de árvore em vias públicas de Curitiba – PR**. Monografia de Especialização. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Construção Civil. Curitiba – PR, 2017.

SANTOS; C. Z. A.; FERREIRA; R. A.; SANTOS; S. L. R.; SANTOS; L. I.; GOMES; S. H.; GRAÇA; D. A. S. Análise qualitativa da arborização urbana de 25 vias públicas da cidade de Aracaju-SE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, p. 751-763, 2015.

SEITZ, R. A. Avaliação visual de árvores de risco (AVR). Mini-curso *In*: X CBAU - CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, Maringá, 2006. [**Anais...**] Maringá, 2006. CD-ROM.

SILVA, L. M.; MOCCELLIN, R.; WEISSHEIMER, D. I.; ZBORALSKI, A. R.; FONSECA, L.; RODIGHIERO, D. A. Inventário e sugestões para arborização em via pública de Pato Branco/PR. **RSBAU**, vol. 2, p. 100-108, 2007.

SILVEIRA, M. V.; CARDOSO, C. Promoção da cultura de prevenção de desastres, **Revista Ordem Pública e Defesa Social**, v. 9, p. 211-222, 2016.

SMILEY, E. T.; MATHENY, N.; LILLY, S. Best Management Practices - Tree Risk Assessment, **Illinois: International Society of Arboriculture**, 2011.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa, MG. Ed. UFV, 2012.

SOUSA, M. F.; DUTRA, M. R. F.; SILVA, F. P.; SOUSA, T. P.; COSTA, F. X. Avaliação quali-quantitativa e fitossanitária das espécies vegetais do Campus IV: um enfoque sustentável. **Revista Terceiro Incluído**, Goiânia – GO, v. 3, n. 2, p. 86-103, 2013.

SOUZA, D.; SOUZA, A.; LEITE, H. Emprego de análise multivariada para estratificação vertical de florestas inequidistantes. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.59-63, 2003.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; ARAÚJO, L. E. Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.2, p. 250-268, 2012.

STENICO, J.; PACHECO, F. D.; VENIER, M.P.M; CERIMARCO, M.J.C; SILVA FILHO, D. F. da; LEÃO, M. M. Análise da gestão pública na arborização urbana em municípios do estado de São Paulo. **REVSBAU**, Curitiba, v.14, n.3, p. 81-92, 2019.

TROPICOS. org. **Missouri Botanical Garden**. Disponível em: www.tropicos.org. Acesso em: 20 jan. 2021.

VIEIRA, A. A. N.; CLEMENTE, A.; DIAS, G. A.; FRANCA FILHO, M. T. Metodologia científica no Brasil: ensino e interdisciplinaridade. **Educação & Realidade**, v. 42, n. 1, p. 237-260, 2017.

ZILLER, S. R. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Revista Ciência Hoje**, v. 30, n. 178, p. 77-79, 2001.

APÊNDICE A - PRODUTO TÉCNICO

DENISSON COELHO DA SILVA
BERGSON CAVALCANTI DE MORAES

MAPEAMENTO E GESTÃO DE RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES DO MUSEU PARQUE SERINGAL



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Reitor da Universidade Federal do Pará
Professor Emmanuel Zagury Tourinho, Dr.

Vice-Reitor da Universidade Federal do Pará
Professor Gilmar Pereira da Silva, Dr.

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

Pró-Reitora
Professora Maria Iracilda da Cunha Sampaio, Dr^a.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor-Geral
Professor Arnaldo de Queiroz da Silva, Dr.

Diretor-Adjunto
Professor Cristiano Mendel Martins, Dr.

A versão digital do produto cartográfico pode ser acessada, na íntegra, na página do Programa de Pós-graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em: <https://ppggrd.prosp.ufpa.br/index.php/br/impacto/acoes-dirigidas-ao-publico-externo>.

EXECUÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES NATURAIS NA AMAZÔNIA

Coordenador do Programa de Pós-Graduação
Professor João de Athaydes Silva Júnior, Dr.

Vice-Coordenadora do Programa de Pós-Graduação
Professora Aline Maria Meiguins de Lima, Dr^a.

Elaboração de Conteúdo
Denisson Coelho da Silva, Eng. Agro, Ftal. e de Seg. Trab.

Coordenação
Professor Bergson Cavalcanti de Moraes, Dr.

Capa, Projeto Gráfico e Diagramação
Denisson Coelho da Silva, Eng. Agro, Ftal. e de Seg. Trab.
denisson.silva@ig.ufpa.br

DISTRIBUIÇÃO E INFORMAÇÕES

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 01, Campus Universitário do Guamá, Belém, Pará, Brasil, CEP: 66.075.110.
Site: <https://ppggrd.prosp.ufpa.br/index.php/br/>
E-mail: ppggrd@ufpa.br



Esta obra é disponibilizada nos termos da Licença Creative Commons – Atribuição – Não Comercial – Compartilhamento pela mesma licença 4.0 Internacional. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte.

APRESENTAÇÃO

Este produto cartográfico foi elaborado com o intuito de contribuir para o planejamento de ações coordenadas de gestão de riscos e desastres de queda de árvores, destinado a evitar danos ou minimizar seus impactos no Museu Parque Seringal, com atuação sobre as ameaças e as vulnerabilidades identificadas e priorizadas na avaliação não invasiva dos indivíduos arbóreos, seguindo a metodologia desenvolvida pelo professor, Dr. Rudi Arno Seitz, da Universidade Federal do Paraná – UFPR, que avalia diversos aspectos, copa, tronco e base da árvore, atribuindo valores para grau de risco de cada parâmetro, bem como alvos e efeitos colaterais.

O conteúdo apresentado neste material é parte integrante da Dissertação intitulada “Mapeamento e Gestão de Riscos de Queda de Árvores em uma Unidade de Conservação na Amazônia”, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia - PPGGRD, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, onde, com base neste estudo, foi elaborado o referido produto cartográfico, tendo como resultado a distribuição espacial dos indivíduos arbóreos quanto ao nível de risco, que variam de muito alto (nível R4), alto (nível R3), médio (nível R2) e baixo (nível R1).

Assim, firme no propósito de garantir a segurança da população e a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores no Museu Parque Seringal, há a necessidade de mapear e avaliar permanentemente as condições dos indivíduos arbóreos e de suas partes, quanto ao risco de queda, reduzindo-se os efeitos destrutivos e assegurando-se o manejo preventivo adequado. Esperamos que este material sirva de orientação aos integrantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC, assim como para os responsáveis pelo Sistema Municipal de Meio Ambiente - SISMUMA, para embasar o processo de tomada de decisões frente à gestão de riscos e desastres de queda de árvores e no fortalecimento da cultura de prevenção.

**Denisson Coelho da Silva
Bergson Cavalcanti de Moraes**

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO.....05

1.1 Museu Parque Siringal: benefícios das árvores neste espaço de interação social.....06

CAPÍTULO 2

QUANDO AS ÁRVORES CAEM: O QUE CONTRIBUI PARA A QUEDA.....07

2.1 Desastre de queda de árvore no Brasil: ocorrência e consequências.....08

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DE RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES: MÚLTIPLOS ELEMENTOS E ALVOS.....09

3.1 Metodologia de avaliação não invasiva: diagnose visual.....10

3.1.1 Condições gerais da árvore.....11

3.1.2 Classificação do risco quanto ao alvo.....16

3.1.3 Graus de risco para efeitos colaterais.....16

3.1.4 Índice geral de risco.....17

3.1.5 Mapeamento de risco.....17

3.2 Como agir: antes, durante e depois.....20

GLOSSÁRIO.....21

REFERÊNCIAS.....23



O Museu Parque Seringal é uma unidade de conservação de uso sustentável inserido no Bioma Amazônico, na categoria de Área de Relevante Interesse Ecológico, localizado na WE 36-A, Conjunto Cidade Nova VIII, Bairro Coqueiro, no perímetro urbano da cidade de Ananindeua, no Estado do Pará, em uma área total de 1,348 hectares e perímetro de 513,00 metros, conforme as coordenadas geográficas 1°21'35.15"S e 48°24'39.28"W [1].

Este espaço foi criado pela Lei nº 2.560, de 29 de março de 2012 e figura entre os atrativos turístico-ambientais mais importantes do município, que proporciona a população a usufruem não só de uma área de recreação e de prática de esportes em um ambiente natural equilibrado, mas de um espaço ao ar livre que permite promover a utilização dos componentes naturais na educação ambiental e, além disso, fornece inúmeros serviços ecossistêmicos que dar-se por intermédio dos indivíduos arbóreos, com destaque a espécie de *Hevea brasiliensis* L. [1].

No entanto, as árvores abrigadas neste espaço de interação social podem possuir defeitos estruturais, e estão sujeitas a eventos climáticos extremos, durante o “inverno amazônico”, entre os meses de dezembro a maio, como a precipitação hídrica e rajadas de vento [2]. Por conta disso, às árvores nunca está livre de apresentarem riscos de queda ou de suas partes, podendo causar a qualquer momento algum dano material ou a vida humana, em decorrência do grande fluxo de pessoas e tráfego de veículos nas áreas adjacentes [3].

Desse modo, para garantir a segurança da população e a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores, há a necessidade de mapear e avaliar permanentemente as condições dos indivíduos e de suas partes, quanto ao risco de queda, reduzindo-se os efeitos destrutivos e assegurando-se o manejo preventivo adequado pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e do Sistema Municipal de Meio Ambiente - SISMUMA, em prol da garantia dos direitos individuais e coletivos a vida [4].

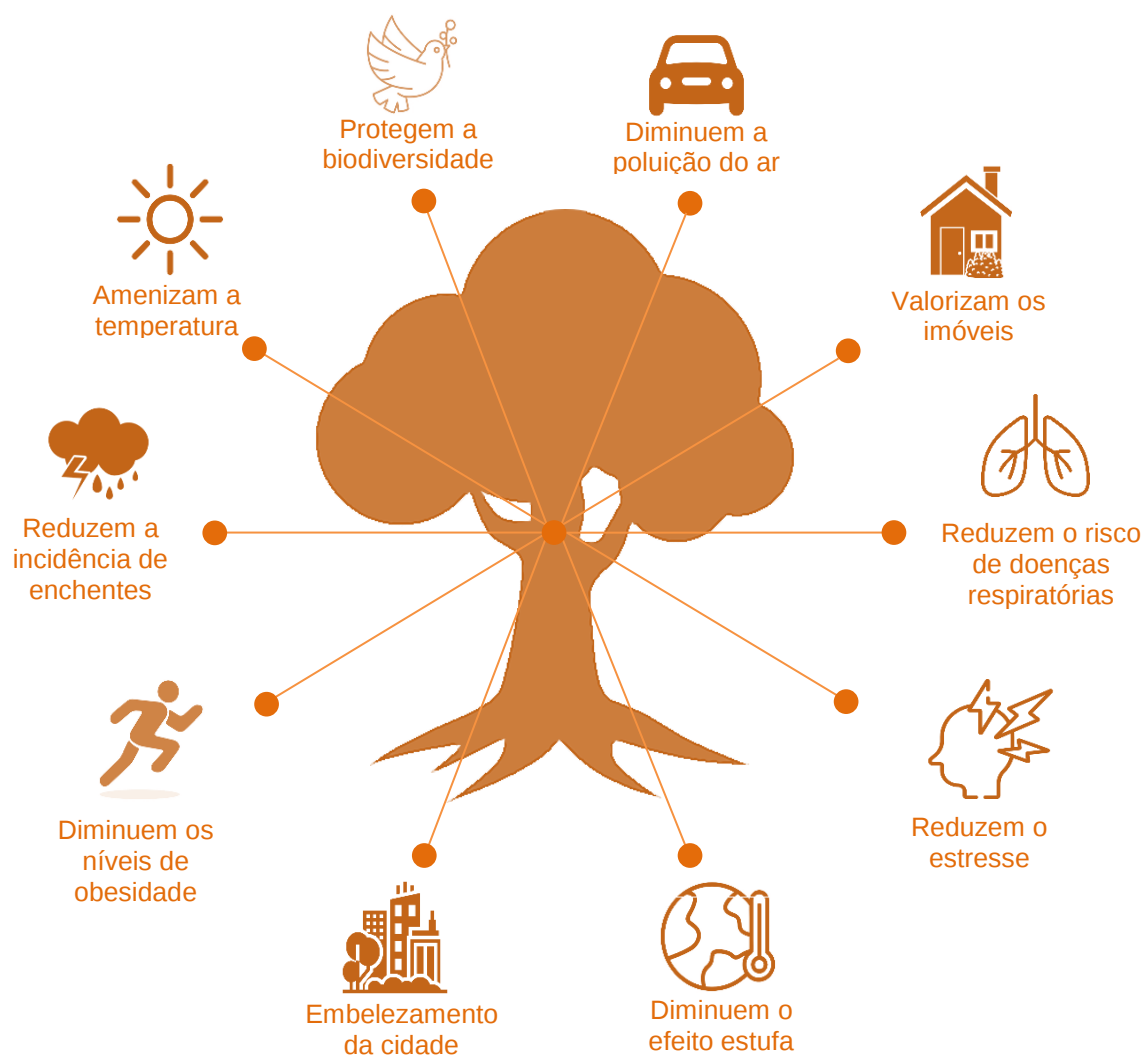
Assim sendo, o mapa de risco de queda de árvores é uma ferramenta importante para o planejamento das ações coordenadas de prevenção, mitigação e preparação pelos órgãos responsáveis, especialmente os de Proteção e Defesa Civil a fim de reduzir ou até evitar a exposição dos transeuntes e/ou do patrimônio público e privado ao risco por quebra de partes ou a queda da árvore, com atuação sobre as ameaças e as vulnerabilidades identificadas e priorizadas na avaliação, colaborando com uma cultura de prevenção de risco.



Olha que Legal!

O mapa de risco de queda de árvores segundo classes de sucessibilidade, que variam de muito alto, alto, médio e baixo, é uma ferramenta que possibilita definir as árvores prioritárias que necessitam de intervenções, para diminuir a possibilidade de danos e riscos à integridade das pessoas e patrimônios [5] e, por consequência, reduz os gastos públicos, pois cada dólar investido em prevenção é economizado sete dólares que seriam gastos em reconstrução [6]. Portanto, havendo algum tipo de dano de maior gravidade ocasionado por queda de árvores, os dispêndios para a reconstrução serão maiores do que os recursos porventura gastos para reduzir ou até evitar a exposição ao risco de desastre de queda de árvores.

1.1 MUSEU PARQUE SERINGAL: BENEFÍCIOS DAS ÁRVORES NESTE ESPAÇO DE INTERAÇÃO SOCIAL



Você Sabia?

A Organização Mundial da Saúde (OMS), subordinada à Organização das Nações Unidas (ONU), recomenda o índice mínimo de 12 m² de área verde por habitante ^[7]. E a cada US\$ 1,00 gasto na plantação de árvores, há um retorno de cerca de US\$ 5,82 em serviços ecossistêmico ^[8]. Por conta disso, as árvores são consideradas um patrimônio público. Enquanto que a maioria dos bens públicos se deprecia com o tempo, o valor das árvores aumenta desde seu plantio até a sua maturidade ^[9].

QUANDO AS ÁRVORES CAEM: O QUE CONTRIBUI PARA A QUEDA

CAPÍTULO 2



PRECIPITAÇÃO HÍDRICA

Dependendo da intensidade da precipitação, que incidindo sobre as árvores, deixa-as mais suscetível a ruptura e queda, principalmente durante o “inverno amazônico”, época em que o solo está mais saturado de água, e, conseqüentemente, as raízes têm um poder de fixação menos efetivo [2; 10].



RAJADAS DE VENTO

Dependendo da velocidade do vento, está variável meteorológica ao incidir horizontalmente sobre a parte exposta da árvore gera uma combinação de torques por torção e flexão na base desta, e, caso esse torque seja maior que a resistência do sistema de ancoragem da árvore, pode contribuir para a queda do indivíduo [11].



PRÁTICAS DE MANEJO

O manejo inadequado ou excessivo, tais como a poda drástica, poda de raiz ou uma combinação de diferentes tipos de poda, prejudicam ou inibem o processo de compartimentalização do lenho onde é comum se observar ataques de insetos, favorecendo condições de risco de ruptura e queda do indivíduo arbóreo [12; 10].



CONTROLE FITOSSANITÁRIO

A ausência de trabalho preventivo para fins de controle fitossanitário nas árvores, deixa-as mais propícias a propagação de pragas e doenças que a debilitam, levando a uma maior propensão à podridão de suas raízes, cancrios no tronco, ataque de cupins e brocas e, por fim, a queda de seus galhos ou sua queda por inteiro [13].



EPÍFITAS

São plantas que vivem sobre as árvores apenas como suporte, não são consideradas parasitas e, conseqüentemente, não traz nenhum prejuízo à espécie, mas podem criar condições de maior acúmulo de umidade, favorecendo a ação de organismo degradadores ou causadores de doença, como também, facilita a ruptura por acréscimo de peso na estrutura da árvore, deixando-as suscetível às cargas dinâmico, como precipitação hídrica e rajadas de vento [14; 15; 16].



DIVERSIDADE DE ESPÉCIES

A baixa diversidade de espécies coloca em risco à saúde do conjunto arbóreo a inúmeros riscos em longo prazo, como ao ataque de pragas e doenças, que mantém relação de parasitismo afetando a estrutura e resistência da árvore [17].



PLANO DE MANEJO

Este documento estabelece o zoneamento e as normas que devem presidir o uso da unidade de conservação (Lei Federal nº 9.985/2000, Art. 2º, inciso XVII) [18]. A falta dele pode comprometer o estabelecimento e a regeneração das espécies nativas, na medida em que são implantadas espécies inapropriadas e sem critérios previamente estabelecidos e, coloca em risco o manejo preventivo, tornando as árvores mais suscetíveis ao risco de queda.



Atenção!

Estes fatores refletem-se, sobremaneira, na estabilidade da árvore, que pode causar a queda de galhos e/ou em cadeia, em razão da presença de cipós interligados as copas e/ou pela proximidade entre elas, potencializando as situações de risco ao patrimônio público e privado, além de pôr em risco a vida das pessoas que frequentam ou circulam em torno do Museu Parque Seringal, uma vez que o maior risco é quando vidas humanas estão envolvidas e de menor risco quando envolve perdas de bens materiais [19].

2.1 DESASTRE DE QUEDA DE ÁRVORE NO BRASIL: OCORRÊNCIA E CONSEQUÊNCIAS

OCORRÊNCIA				CONSEQUÊNCIAS
ANO	UF	MUNICÍPIO	LOCAL	
2011	Minas Gerais	Belo Horizonte	Parque Municipal Américo Renê Giannett	Árvore de jatobá, com 30 m de altura, atingiu a cabeça de uma mulher que fazia caminhada no local e veio a óbito ^[20] .
2012	Paraíba	João Pessoa	Parque Sólon de Lucena	Uma árvore caiu na área adjacente ao Parque e atingiu quatro carros que estavam parados no semáforo ^[21] .
2013	Minas Gerais	Porto Alegre	Parque Farroupilha Redenção	Árvore de eucalipto, com 18 m de altura, caiu e deixou três pessoas feridas e ceifou a vida de homem ^[22] .
2014	São Paulo	São Paulo	Parque Ibirapuera	O Parque é fechado após às fortes chuvas que derrubaram dezenas de árvores no local ^[23] .
2016	Pará	Belém	Parque Zoológico do Museu Goeldi	Árvore de andirá-uxi caiu e, atingiu o prédio do sistema de telefonia, a sala dos vigilantes e outras espécies regionais ^[24] .
2017	Pará	Ananindeua	Parque Ambiental Antônio Danúbio Lourenço da Silva	Uma árvore caiu e atingiu um veículo que se encontrava estacionado na área adjacente ao Parque ^[25] .
2018	Pará	Belém	Bosque Rodrigues Alves	Árvore de Marupá caiu, mesmo sem chuva e, atingiu a grade de proteção do Bosque e vários carros ^[26] .
2020	Pará	Belém	Bosque Rodrigues Alves	Árvore cai e interrompe o trânsito na Avenida Almirante Barroso e danifica a grade de proteção ^[27] .
2021	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Parque Eduardo Guinle	Uma árvore cai e danifica o playground. Ninguém ficou ferido ^[28] .



Se Liça Aí!

Em geral, a queda de uma árvore é um perigo (*hazard*), uma ameaça em potencial aos bens e as pessoas que frequentam o Museu Parque Siringal (*vulnerability*). Caso a árvore caia em direção a pista de cooper e sobre as instalações, teremos então uma situação de risco (*risk*), ou seja, existe uma possibilidade real de perdas e danos. Se a árvore atingir a pista de cooper e as instalações, provocando danos materiais e vítimas, será denominado como um desastre natural (*natural disaster*). Caso o mesmo ocorra e não ocasiona danos, será considerado como um evento natural (*natural event*).

AValiação de Risco de queda de Árvores: MÚltiplos Elementos e Alvos

CAPÍTULO 3

No Museu Parque Siringal, devido às condições favoráveis, a árvore cresce mais rapidamente em altura, até alcançar o dossel formado pelas demais árvores já existentes; a partir daí ela se ramifica, formando a copa, e o crescimento do tronco em altura cessa, tendo em vista não haver mais a gema apical do tronco, enquanto o crescimento em diâmetro torna-se mais rápido e constante após a formação da copa ^[29].

Durante este processo, as árvores são submetidas a forças de natureza estática, com pouco ou nenhum movimento, devido à própria estrutura e peso; e, dinâmica, com movimentos expressivos que geram o balanço do indivíduo ^[10]. Estas forças quanto presentes na estrutura da árvore diminui a integridade estrutural e aumenta o risco de queda em função da atuação das ameaças intrínsecas e extrínsecas, ou até mesmo em função da combinação destas ameaças que a predis põem a perigo ^[30].

As ameaças intrínsecas estão relacionadas a rachaduras, declínio da madeira, união fraca de galhos, cancrios, idade avançada, alteração da arquitetura, falhas no sistema de ancoragem das raízes e árvores ou galhos mortos, enquanto que as ameaças extrínsecas estão associadas aos problemas fitossanitários que mantêm relação de parasitismo afetando a estrutura e resistência da árvore, deixando-as mais suscetível as variáveis meteorológicas, principalmente durante o “inverno amazônico”, entre os meses de dezembro a maio, como a precipitação hídrica e rajadas de vento ^[31; 10; 2].

Diante desse contexto, a avaliação de risco de queda de árvores é uma importante ferramenta para o planejamento das ações de Proteção e Defesa Civil, que consiste em identificar, analisar e avaliar o risco associado às falhas estruturais ^[32]. Esta técnica dá-se por meio de procedimentos invasivos e não invasivos, visando melhorar a funcionalidade da árvore, garantir a segurança da população e evitar danos às infraestruturas, conforme estabelece a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC ^[33].

Assim sendo, para diminuir ou até evitar a exposição dos transeuntes e/ou do patrimônio público e privado ao risco de queda de árvore ou parte desta, bem como, garantir a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores no Museu Parque Siringal, optou-se pela metodologia não invasiva desenvolvida pelo professor, Dr. Rudi Arno Seitz, da Universidade Federal do Paraná - UFPR, a qual se caracteriza pela diagnose visual subjetiva dos indivíduos arbóreos, sem o emprego de instrumentos sofisticados.



Importante!

A remoção do alvo para a eliminação do risco, no Museu Parque Siringal, como em qualquer outra Unidade de Conservação, é impraticável e não é possível diminuir a frequência e nem a magnitude de queda da árvore, mas podem-se prevenir possíveis danos, por meio da implantação de políticas de gestão de risco, para garantir a segurança dos usuários e a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestado pelas árvores. Assim sendo, o risco zero é impossível de se alcançar, mesmo que este espaço de interação social seja altamente manejado.

2.1 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO NÃO INVASIVA: DIAGNOSE VISUAL



1

CONDIÇÕES GERAIS DA ÁRVORE: nesta etapa é avaliado diversos aspectos desde a copa, tronco e base do tronco, onde se atribuiu graus de risco de 0 a 5 para cada parâmetro avaliado conforme a iminência do problema. Em que 0 = nenhum risco aparente; 1 = riscos pequenos; 2 e 3 = riscos intermediários e 4 e 5 = riscos elevados ^[34].

2

CLASSIFICAÇÃO DO RISCO QUANTO AO ALVO: nesta etapa é avaliado os alvos que estão submetidos ao risco da queda de árvore no ambiente interno e externo da unidade de conservação, sendo eles dividido em três graus (I, III e V) ^[35].

3

GRAUS DE RISCO PARA EFEITOS COLATERAIS: nesta etapa é avaliado os efeitos/danos colaterais que podem ser causados aos transeuntes pela queda do indivíduo arbóreo na unidade de conservação, sendo eles divididos em quatro graus (I, III, IV e V) ^[33].

4

ÍNDICE GERAL DE RISCO (IGR): nesta etapa é somado os valores registrados no formulário de campo, obtidos nos subíndices 1,2 e 3. Ou seja, é a soma do maior grau de risco da árvore em uma escala de 0 a 5, dentre os três aspectos avaliados (copa, tronco e base do tronco) + alvo (I, II ou V) + efeitos colaterais (V, IV, III e I) ^[35].

5

MAPEAMENTO DE RISCO: com os resultados obtidos na etapa 4, os indivíduos arbóreos são especializados conforme o nível de risco, que variam de muito alto (índice R4 de 13 até 15 pontos), alto (índice R3 de 10 até 12 pontos), médio (índice R2 de 7 até 9 pontos) e baixo (índice R1 de 3 até 6 pontos) ^[19; 36].

3.1.1 CONDIÇÕES GERAIS DA ÁRVORE



SEÇÃO	PARÂMETRO	JUSTIFICATIVA DA AVALIAÇÃO	ITEM	RISCO
COPA	1. Galhos interferindo a rede	Causam descargas elétricas prejudicando árvores e a distribuição de energia elétrica.	Não há contato com a rede elétrica.	0
			Contato com a rede de baixa tensão.	1
			Contato com a rede de média ou alta tensão.	5
	2. Galhos secos (podres)	Sua presença indica matéria em decomposição e problemas fitossanitários. Atraem fungos e cupins e demonstram a necessidade de poda de limpeza. A queda desses galhos pode provocar acidentes.	Inexistente	0
			Finos (< 5 cm Ø).	1
			Diâmetro entre 5 até 10 cm.	2
			Diâmetro em torno entre mais que 10 até 15 cm.	3
			Diâmetro entre mais que 15 cm até 20 cm.	4
	3. Galhos angulados	Apresentam angulação pronunciada, principalmente no sentido vertical. Estes galhos têm potencial de ruptura longitudinal, com posterior quebra, podendo ocasionar acidentes.	Diâmetro maior que 20 cm	5
			Inexistente	0
			Finos angulados (< 5 cm Ø).	1
			Angulados com Ø entre 5 e 10 cm.	2
			Angulados com Ø entre 10 e 15 cm.	3
	4. Galhos esguios	Apresentam folhagem apenas na extremidade. Podas mal executada podem levar a formação desses galhos. São galhos flexíveis que podem vir a quebrar e causar inúmeros acidentes.	Angulados com Ø entre 15 e 20 cm.	4
			Angulados com Ø maior que 20 cm.	5
			Inexistente	0
			Comprimento < que 1 m.	1
			Comprimento em torno de 2 m.	2
	5. Lesões na casca de galhos e copa	Estas lesões são ocasionadas principalmente por descascamentos e queimadas e indicam fragilidade.	Comprimento em torno de 3 m.	3
			Comprimento em torno de 4 m.	4
			Comprimento acima de 4 m.	5
			Inexistente	0
			Galhos com Ø < 10 cm e com lesões < que ¼, do perímetro em galhos.	1
	6. Fungos	São organismos simples, isto é, com o corpo formado tão somente de um talo uni ou pluricelular, e heterotrófico. São incapazes de criar matéria orgânica a partir dos materiais inorgânicos. A presença de fungos indica decomposição de matéria orgânica. O grau de apodrecimento por visualização é de difícil mensuração.	Falhas com Ø < 10 cm e com lesões > que ¼, do perímetro em galhos.	2
			Falhas com Ø em torno de 15 cm e com lesões < que ¼, do perímetro em Galhos.	3
			Falhas com Ø em torno de 15 cm e com lesões > que ¼, do perímetro em galhos.	4
			Falhas com Ø > 15 cm e com lesões > que ¼, do perímetro em galhos.	5
			Inexistente	0
			Existente nos galhos.	5

(continua)

SEÇÃO	PARÂMETRO	JUSTIFICATIVA DA AVALIAÇÃO	ITEM	RISCO
	7. Insetos Perfuradores	Orifícios de insetos em galhos indicam a presença de prováveis pragas que deterioram a madeira.	Inexistente	0
			Engloba até 10% dos galhos da copa.	1
			Engloba cerca de 20% dos galhos da copa.	2
			Engloba cerca de 30% dos galhos da copa.)	3
			Engloba cerca de 40% dos galhos da copa.	4
			Engloba cerca de 50% ou mais dos galhos da copa, ou presentes em galhos grossos ($\varnothing > 15$ cm.	5
	8. Erva-de-passarinho	É uma planta superior, que ataca as árvores, sugando sua seiva e pode causar até sua morte se não for retirada. Estabelece-se principalmente na copa de árvores. Quando verificadas devem ser retiradas dos galhos através de poda.	Inexistente.	0
			Engloba até 10% dos galhos da copa.	1
			Cerca de 20% dos galhos da copa.	2
			Cerca de 30% dos galhos da copa.	3
			Cerca de 40% dos galhos da copa.	4
			Cerca de 50% ou mais dos galhos da copa.	5
	9. Folhagem rala / Coloração / Quantidade e tamanho de folhas	Cada espécie arbórea tem um padrão de cor da folhagem, que pode variar durante o período vegetativo. Em condições de estresse as árvores tendem a produzir menos folhas, variar o tamanho das folhas ou às vezes variar a coloração demonstrando mais palidez. Foi avaliado, pois é um indicativo de problemas no enraizamento das árvores ou outros distúrbios que afetam a fisiologia da árvore.	Inexistente de problemas evidentes na folhagem.	0
			Problemas na folhagem englobando até 10% dos galhos da copa.	1
			Problemas na folhagem englobando cerca de 20% dos galhos da copa.	2
			Problemas na folhagem englobando cerca de 30% dos galhos da copa.	3
			Problemas na folhagem englobando cerca de 30% dos galhos da copa.	4
			Problemas na folhagem englobando 50% ou mais dos galhos da copa	5
	10. Poda unilateral e drástica	Poda unilateral é aquela que se retira em demasia apenas um setor da copa. Poda drástica é aquela em que se deixa a copa com poucos galhos ou nenhum. Essas podas influem diretamente nas condições do enraizamento, pois a retirada de galhos estabelece menor exigência nutricional e fisiológica causando morte de raízes já bem estabelecidas. Provocam desequilíbrio na árvore ocasionando maior potencial de queda.	Inexistente.	0
			Poda unilateral, considerando-se até 50% de retirada dos galhos da copa.	4
			Poda drástica, considerando mais de 50% dos galhos da copa retirados	5
TRONCO	1. Invasão da trilha e lateral (inclinação do tronco)	Verificaram-se os troncos inclinados invadindo o espaço sobre a via de rolamento, dificultando a passagem de pedestres.	Inexistente.	0
			Inclinação menor que 10°.	1
			Inclinação entre 10° e 20°.	2
			Inclinação entre mais que 20° e 30°.	3
			Inclinação entre > 30° até 40°.	4
			Inclinação de 50° ou mais	5
	2. Cavidades (oco)	Cavidades no tronco indicam deterioração da madeira com prejuízos nas funções fisiológicas da árvore. O tamanho e extensão da cavidade influem no risco para a árvore. Quanto maior a extensão e o tamanho maior o risco de uma queda futura. Foi considerado apenas o comprometimento visível na árvore.	Inexistente.	0
			Compromete menos que 50% da área transversal do tronco.	1
			Compromete entre 50% até 70% da área transversal do tronco.	3
			Compromete mais de 70% da área transversal do tronco.	5

SEÇÃO	PARÂMETRO	JUSTIFICATIVA DA AVALIAÇÃO	ITEM	RISCO
	3. Lesões e aspecto da casca	Estas lesões são motivos diretamente relacionados à queda de árvores, porém, dependendo do perímetro do tronco afetado, isto pode levar a uma debilidade do sistema radicular, colaborando para uma futura queda.	Inexistente.	0
			Engloba menos que 25%, do perímetro do tronco.	1
			Engloba de 25% até 50% do perímetro do tronco.	2
			Engloba entre mais de 50% até 75% do perímetro do tronco.	3
			Lesões maiores que 75% do perímetro do tronco.	4
			Lesões profunda e maior que 75% do perímetro do tronco.	5
	4. Orifícios de insetos (cupim)	A presença de insetos indica condições ruins para a árvore, embora nem sempre isto signifique um risco elevado de queda.	Inexistente.	0
			Engloba menos de 10% da área do tronco.	1
			Engloba entre 10% até 20% da área do tronco.	2
			Engloba entre mais de 20% até 30% da área do tronco.	3
			Engloba entre mais 30% até 40% da área do tronco.	4
			Engloba mais de 50% da área do tronco ou com presença de cupins	5
	5. Fungos	Sua presença indica decomposição de matéria orgânica. O grau de apodrecimento por visualização é de difícil mensuração.	Inexistente.	0
			Presente no tronco.	5
	6. Cancro	É um sintoma associado à presença de alguns fungos normalmente se apresenta como uma lesão margeada de calos, com a morte do câmbio e de parte da circunferência do tronco.	Inexistente.	0
			Área entorno de 200 cm ² .	1
			Área maior que 200 cm ² até 1000 cm ² .	2
			Área maior que 1000 cm ² até 5000 cm ² .	3
			Área maior que 5000 cm ² até 10000 cm ² .	4
			Área maior que 1000 cm ² , ou com mais de 50% do tronco atingido	5
	7. Injurias mecânicas	São provocadas por vandalismos nos troncos das árvores e podem provocar danos a saúde da árvore.	Inexistente.	0
			Desenhos e escritos no tronco.	1
			Ervas-de-passarinho englobando cerca de 20% dos galhos da copa.	2
			Ervas-de-passarinho englobando cerca de 30% dos galhos da copa.	3
			Ervas-de-passarinho englobando cerca de 40% dos galhos da copa.	4
			Ervas-de-passarinho englobando cerca de 50% ou mais dos galhos da copa.	5
BASE DO TRONCO	1. Brotação epicórmica	São pequenos brotos de raízes localizados na base do tronco. Indicam deficiência na circulação da seiva, que acaba por prejudicar a alimentação das raízes finas, mas que não oferece risco iminente.	Inexistente.	0
			Existência de epicórmica.	1
	2. Lesões na base do tronco	Essas lesões não são motivos diretamente relacionados à queda de árvores, entretanto dependendo do perímetro do tronco afetado, pode levar a uma debilidade do sistema radicular colaborando para uma futura queda.	Inexistente.	0
			Engloba menos que 25%, do perímetro da base do tronco.	1
			Engloba de 25% até 50% do perímetro da base do tronco.	2

SEÇÃO	PARÂMETRO	JUSTIFICATIVA DA AVALIAÇÃO	ITEM	RISCO
			Engloba entre mais de 50% até 75% do perímetro da base do tronco.	3
			Presença de lesões maiores que 75% do perímetro da base do tronco.	4
			Presença de lesões profundas e maiores que 75% do perímetro da base do tronco.	5
	3. Cavidades na base do tronco	Idem da definição na avaliação do tronco.	Inexistente.	0
			Compromete menos que 50% da área transversal da base do tronco.	1
			Compromete entre 50% até 70% da área transversal da base do tronco.	3
			Compromete mais de 70% da área transversal da base do tronco.	5
	4. Fungos	Idem da definição das outras avaliações.	Inexistente.	0
			Presente na base do tronco	5
	5. Raízes adventícias aparentes	São raízes que nascem nos caules ou nas folhas de qualquer vegetal. Quando ocorrem em árvores são indicativos de problemas nas raízes.	Inexistente.	0
			Concentradas apenas em uma região da base do tronco.	1
			Espalhadas por todo o perímetro da base do tronco.	2
			Concentradas apenas em uma região da base do tronco.	3
			Espalhadas por até 50% do perímetro da base do tronco.	4
			Espalhadas por todo o perímetro da base do tronco.	5
	6. Injúrias mecânicas	São provocadas por vandalismo nos troncos das árvores podem provocar danos à saúde da árvore.	Inexistente.	0
			Desenhos e escritos no tronco.	1
			Ervas-de-passarinho englobando cerca de 20% dos galhos da copa.	2
			Ervas-de-passarinho englobando cerca de 30% dos galhos da copa.	3
			Ervas-de-passarinho englobando cerca de 40% dos galhos da copa.	4
			Ervas-de-passarinho englobando cerca de 50% ou mais dos galhos da copa.	5
	7. Espaço permeável (Área livre)	São espaços exíguos que podem aumentar o risco de queda, principalmente por não permitirem uma expansão adequada das raízes.	Maiores que 1,5 m ² .	1
			Entre 1 até 1,5 m ² .	3
			Sem espaço, tronco cercado por área impermeável.	5
	8. Ausência de neilóide	É um indício de aterramento das mudas no plantio ou posteriormente. Esse aterramento dificulta trocas gasosas e deixa as raízes em regiões de solo compactado.	Existência.	0
			Ausência.	5
	9. Raízes cortadas	É um trato silvicultural de controle do crescimento das raízes através da poda. Esta prática comprometer a estabilidade das árvores.	Inexistente.	0
			Evidência de pelo menos 2 raízes cortadas.	1
			Evidência de mais de 2 raízes cortadas em uma região do tronco.	3
			Evidência de mais de 2 raízes cortadas em todo o perímetro da base do tronco.	5

100

2

3.1.2 CLASSIFICAÇÃO DE RISCO QUANTO AO ALVO



RISCO	PONTUAÇÃO	CATEGORIA	ALVOS DE RISCOS
R1	I	Desprezível	Pista de cooper e/ou rua lateral pouco movimentada; e áreas de pouca visitação ou estais no caso de fiação elétrica.
R3	III	Crítica	Herbário, áreas de recreação; viveiro florestal, estacionamentos ou redes de baixa tensão.
R5	V	Catastrófica	Pista de cooper e/ou rua lateral com grande fluxo, sede administrativa, escolas, playground, anfiteatro, calçadas ou redes de média tensão.

3

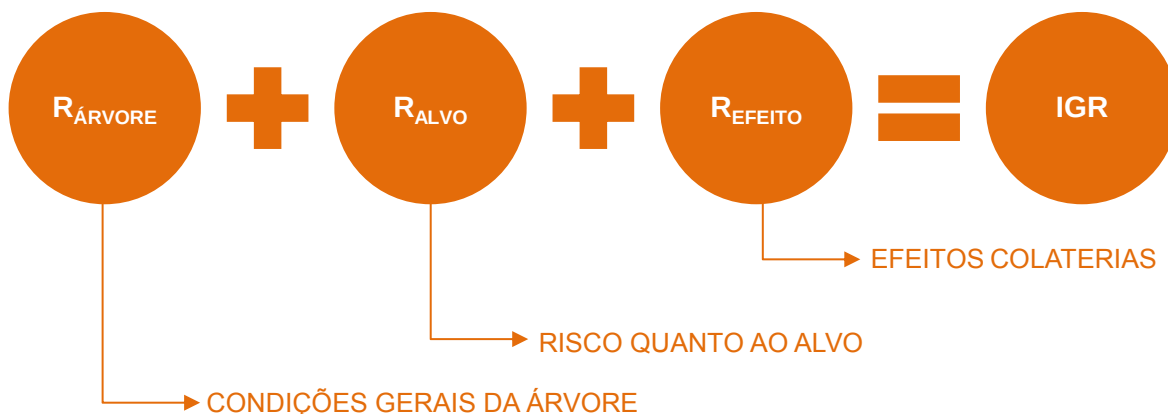
3.1.3 GRAUS DE RISCO PARA EFEITOS COLATERAIS



RISCO	PONTUAÇÃO	CATEGORIA	EFEITOS COLATERAIS
R5	V	Catastrófica	Pista de cooper e/ou rua lateral movimentada.
R4	IV	Crítica	Pista de cooper próxima de infraestrutura.
R3	III	Marginal	Pista de cooper de uso múltiplo.
R1	I	Desprezível	Pista de cooper sem alvo em potencial.

4

3.1.4 ÍNDICE GERAL DE RISCO (IGR)



5

3.1.5 MAPEAMENTO DE RISCO



® RISCO BAIXO – R1

Danos leves em função das baixas dimensões do indivíduo arbóreo ou menor movimentação.



® RISCO MÉDIO – R2

Danos ou efeitos colaterais moderados em função das dimensões do indivíduo arbóreo e/ou número de alvos.



® RISCO ALTO – R3

Danos relevantes a estruturas, patrimônio e pessoas em função das dimensões do indivíduo arbóreo, raio de projeção e número de vítimas ou serviços afetados.



® RISCO MUITO ALTO – R4

Danos e efeitos colaterais severos a estruturas, patrimônios e pessoas em função das grandes dimensões do indivíduo arbóreo, raio de projeção, número de vítimas e serviços afetados ou interrompidos.



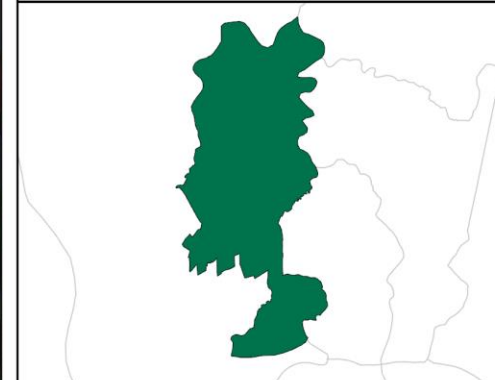
CARTA IMAGEM DO MUSEU PARQUE SERINGAL



ESTADO DO PARÁ



MUNICÍPIO DE ANANINDEUA



SISTEMA DE COORDENADAS

Projeção UTM
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 22 S

LEGENDAS E CONVENÇÕES

- Município de Ananindeua
- Museu Parque Seringal

Escala: 1:1.169	Área: 1,348 ha	Fonte: IBGE	Data: 27/10/2021
---------------------------	--------------------------	-----------------------	----------------------------

Elaboração:
Denisson Coelho da Silva



PROPESP
Pró-Reitoria de Pesquisa
e Pós-Graduação | UFPA



MAPA DE RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES DO MUSEU PARQUE SERINGAL

9849640

9849600

9849560

9849520

9849480

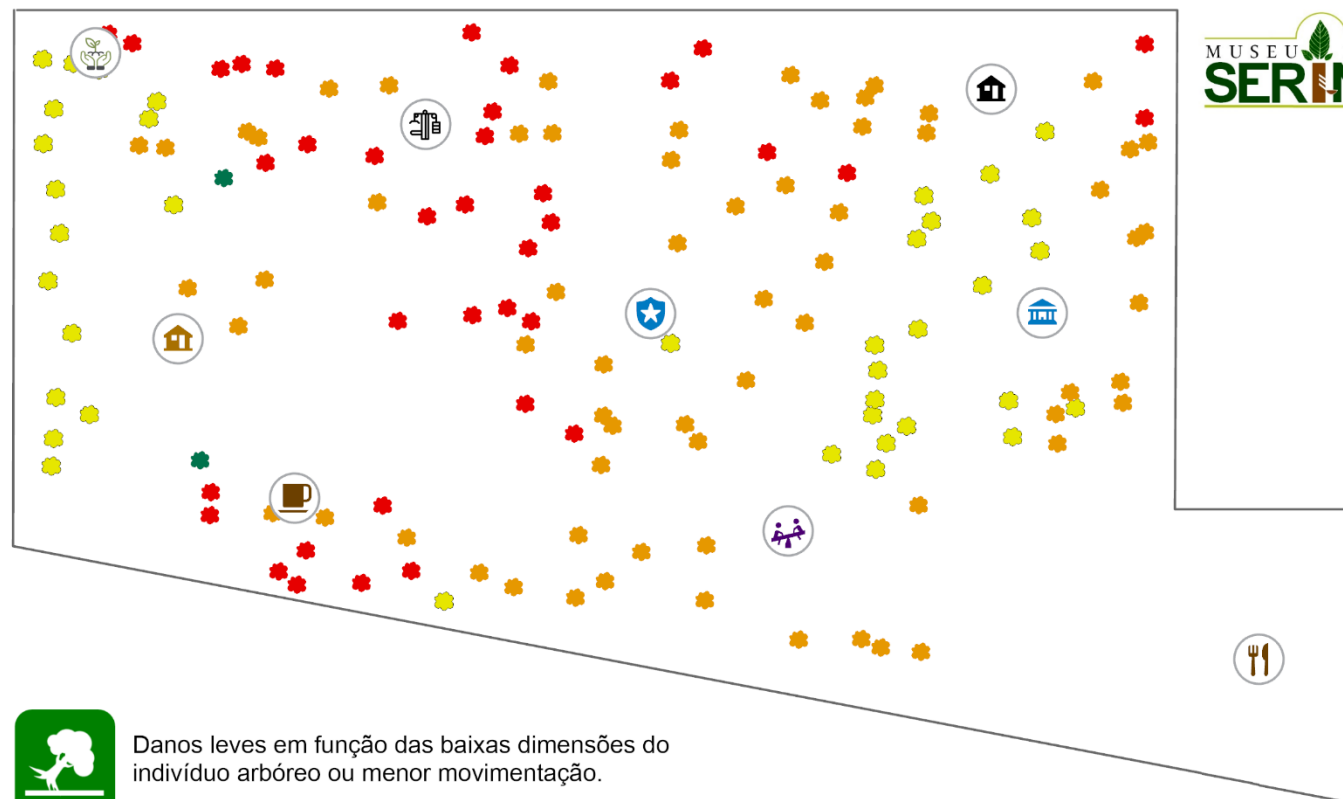
787960

788000

788040

788080

788120



MUSEU PARQUE
SERINGAL



Danos leves em função das baixas dimensões do indivíduo arbóreo ou menor movimentação.



Danos ou efeitos colaterais moderados em função das dimensões do indivíduo arbóreo e/ou número de alvos.



Danos relevantes a estruturas, patrimônio e pessoas em função das dimensões do indivíduo arbóreo, raio de projeção e número de vítimas ou serviços afetados.



Danos e efeitos colaterais severos a estruturas, patrimônios e pessoas em função das grandes dimensões do indivíduo arbóreo, raio de projeção, número de vítimas e serviços afetados ou interrompidos.



0,01 0,01 0 0,01
m

Sistema de Coordenadas

Projeção UTM
Datum: WGS 84
Zona: 22 S

Legendas e Convenções

Nível de Risco:

- ★ 1,41% - Risco Baixo
- ★ 26,57% - Risco Médio
- ★ 46,15% - Risco Alto
- ★ 25,87% - Risco Muito Alto

Infraestrutura:

- Playground
- Museu Seringal
- Academia
- Administração
- Posto da Guarda Municipal
- Almojarifado
- Lanchonete
- Viveiro Florestal
- Restaurante

País: Brasil	Estado: Pará	Município: Ananindeua
------------------------	------------------------	---------------------------------

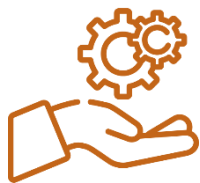
Área: 1,348 ha	Perímetro: 513 m
--------------------------	----------------------------

Escala: 1:900	Fonte: Formulário de Campo
-------------------------	--------------------------------------

Responsável: Denisson Coelho	Data: 10/01/2022
--	----------------------------



2.2 COMO AGIR: ANTES, DURANTE E DEPOIS



AÇÕES DE PREVENÇÃO E PREPARAÇÃO

- ⊕ Elaborar um Plano de Contingência, para os indivíduos arbóreos abrigados no Museu Parque Seringal, no sentido de orientar as ações de preparação e resposta, voltadas para garantir a integridade física dos usuários e a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestado pelas árvores ou, ainda, para restabelecer as condições de normalidade.
- ⊕ Comunique o órgão de Proteção e Defesa Civil quando observar sinais de risco de queda de árvore ou alguma situação que possa resultar em acidente.
- ⊕ Solicite vistoria aos técnicos do órgão de Proteção e Defesa Civil.
- ⊕ Capacitar funcionários e usuários para se tornarem efetivamente os olhos e os braços avançados da Defesa Civil, proporcionando a difusão de saberes, como o desenvolvimento e a defesa do meio ambiente, a preservação da vida e a percepção dos riscos.



AÇÕES DE RESPOSTA

- ⊕ Sob chuva forte e rajadas de vento, o ideal é evitar estacionar o veículo nas áreas adjacentes e transitar dentro do Museu Parque Seringal, pois todas as árvores possuem um risco potencial de queda.
- ⊕ Durante as chuvas, caso esteja dentro do Museu Parque Seringal, não se abrigue debaixo das árvores, pois a possibilidade de serem atingidas por raios durante as tempestades.
- ⊕ Se ouvir um estalo e/ou observar sinais como a existência de pragas/doenças, injúrias mecânicas, galhos soltos sobre a copa, e a presença de alguma parte oca na base do tronco, sai imediatamente da zona de projeção das árvores e avise a direção do Museu Parque Seringal e o órgão de Proteção e Defesa Civil. Este último, apenas deve ser acionado, em situações que a queda da árvore causar danos às pessoas e ao patrimônio público e privado.
- ⊕ Auxilie crianças, idosos e pessoas com dificuldade de locomoção próxima a você.



AÇÕES DE RECONSTRUÇÃO

- ⊕ Caso haja queda de árvores na rede elétrica, e a situação coloque vidas em risco, acionar imediatamente a concessionária de energia e o órgão de Proteção e Defesa Civil.
- ⊕ Em caso de embargo ou interdição decorrente de acidentes provocado por queda de árvores, só volte a frequentar o Museu Parque Seringal até que haja liberação do órgão de Proteção e Defesa Civil ou do órgão gestor ambiental.



Recomendações Gerais:

- ® Mantenha a calma e siga rigorosamente as orientações do órgão de Proteção e Defesa Civil e da Direção do Museu Parque Seringal;
- ® Acompanhe as informações oficiais, por meio de sites, carros de som, rádio, SMS, dentre outros, emitidos pelo órgão de Proteção e Defesa Civil e demais autoridades.
- ® Desconfie das mensagens não oficiais divulgados nas redes sociais. Elas podem ser “fake news” e causar pânico. Não repasse essas mensagens.

GLOSSÁRIO

AMEAÇA: Estimativa de ocorrência e magnitude de um evento adverso, expressa em termos de probabilidade estatística de concretização do evento e da provável magnitude de sua manifestação.

ANÁLISE DE RISCO: É o processo de avaliar em que medida é que certo contexto é ou não aceitável para a organização.

ANORMALIDADE: Fase em estágio crítico, no qual são desenvolvidas atividades de resposta ao desastre, atendimento à população atingida, por meio de medidas de socorro, de assistência e de recuperação.

ÁRVORE DE RISCO: É toda árvore que apresenta defeitos estruturais que possam provocar acidentes por quebra de partes ou de toda árvore.

ÁRVORE PERIGOSA: Ameaça um número indeterminado de indivíduos, os quais podem gerar a possibilidade de vítimas fatais ou causar danos ao patrimônio público e privado.

DESASTRE: Resultado de eventos adversos, naturais ou provocado pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

INVERNO AMAZÔNICO: É o período chuvoso e costuma ocorrer entre os meses de novembro a maio do ano seguinte.

NORMALIDADE: São executadas atividades preventivas para fortalecer o enfrentamento de eventos adversos que possam ocorrer e para capacitar as populações a resistir-lhes com elevado espírito comunitário.

PREPARAÇÃO: Medidas e ações destinadas a reduzir ao mínimo a perda de vidas humanas e outros danos.

PREVENÇÃO: Ações dirigidas a avaliar e reduzir os riscos.

PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL: Conjunto de ações de prevenção e de socorro, assistenciais e reconstrutivas, destinadas a evitar ou a minimizar os desastres, preservar a integridade física e moral da população, bem como restabelecer a normalidade social.

RECONSTRUÇÃO: Processo onde se repara e restaura em busca da normalidade.

RESPOSTA: Ações desenvolvidas durante um evento adverso e para salvar vidas, reduzir o sofrimento humano e diminuir perdas.



RISCO ACEITÁVEL: Risco muito pequeno, cujas consequências são limitadas, associados a benefícios percebidos ou reais tão significativos, que grupos sociais estão dispostos a aceitá-lo.

RISCO IMINENTE: Perigo de acontecer um fato indesejado em curto prazo.

RISCO: Medida de danos ou prejuízos potenciais de queda ou falha (mecânica) da árvore ou parte dela, que inclui as ameaças, vulnerabilidades e o valor a proteger, expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis.

TRANSEUNTES: São os usuários e as pessoas que transitam pelas áreas adjacentes da unidade de conservação.

VULNERABILIDADE: Condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis.



REFERÊNCIAS

- [1] ANANINDEUA (Município). **Lei nº 2560 de 29 de março de 2012**. Cria a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Denominada de “Museu Parque Seringal” e da outras providencias. Diário Oficial do Município, Ananindeua, PA, 24 abr. 2012. p. 8 a 10.
- [2] 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.
- [3] SAMPAIO, P. R. P.; SAMPAIO, R. S. R.; MAGALHÃES, L. Questões jurídicas relevantes na gestão de parques urbanos no Brasil: panorama geral e estudo de caso do Parque do Flamengo. **Revista de Direito Administrativo**, Rio de Janeiro, v. 272, p. 339-379, 2016.
- [4] ABNT NBR 16246-3: **Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas Parte 3: Avaliação de risco de árvores**. Primeira edição. 14p. ISBN 978-85-07-08192-0. 2019.
- [5] SCHALLENBERGER, L. S.; ARAÚJO, A. J.; ARAÚJO, M. N.; DEINER, L. J.; MACHADO, G. O. Avaliação da condição de árvores urbanas nos principais parques e praças do município de Irati PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 2, p. 105- 123, 2010.
- [6] Confederação Nacional dos Municípios - CNM. **Nos últimos 10 anos, mais de 20 mil decretos de calamidade resultaram em gasto superior a R\$ 6 bi.** 2015. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/nos-ultimos-10-anos-mais-de-20-mil-decretos-de-calamidade-resultaram-em-gasto-superior>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- [7] SUSTENTARQUI. **Benefícios das árvores para as cidades e pessoas**. 2018. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/beneficios-das-arvores-cidades/>. Acesso em: 03 de jul. 2020.
- [8] MOTA, A. Plantar árvores nas cidades devia ser visto como uma medida de saúde pública, diz cientista. **Revista de Educação Ambiental em Ação**, v. 20, n. 78, 2022. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3453>. Acesso em: 07 de jun. 2020.
- [9] UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" - UNESP. **Guia de Arborização Urbana**. 2017. Disponível em: <https://www.registro.unesp.br/Home/graduacao5111/2017-guia-de-arborizacao-urbana-do-municipio-de-registro.pdf>. Acesso em: 10 de jun. 2020.
- [10] BOBROWSKI, R. A avaliação de árvores e ações de manejo de risco. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL, 2. & SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS, 15., 2010, Irati-PR. Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2010. [Anais...]. Disponível em: <https://anais.unicentro.br/sef/iisef/pdf/palestras/Bobrowski.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- [11] ATAÍDE, G. M.; CASTRO, R. V. O.; CORREIA, A. C. G.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; ROSADO, A. M. Interação árvores e ventos: aspectos ecofisiológicos e silviculturais, **Ciênc. Florest.** v. 25, p. 523-536, 2015.



[12] MARTINS, L. F. V.; ANDRADE, H. H. B. de; ANGELIS, B. L. D. de. Relação entre podas e aspectos fitossanitários em árvores urbanas na cidade de Luiziana, Paraná. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.5, n.4, p.141-155, 2010.

[13] JORNAL DE BELTRÃO. **Porque que uma árvore cai?** 2020. Disponível em: <https://jornalbeltrao.com.br/geral/por-que-uma-arvore-cai/>. Acesso em: 07 de abr. 2021.

[14] PORTO, L. P. M.; BRASIL, H. M. S. **Manual de Orientação Técnica da Arborização Urbana de Belém**. Belém-PA: UFRA, 2013, 110 p.

[15] OLIVEIRA, S.; LOPES A. Metodologia de avaliação do risco de queda de árvores devido a ventos fortes. O caso de Lisboa. *In*: CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA. Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, 6., 2007. [Anais...] Disponível em: http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_VI_Congresso_APG/actas/_fich/45-Sandra_Oliveira_-_Metodologia_avaliac_risco_arvor.pdf. Acesso em: 19 nov. 2020.

[16] BRAZOLIN, S.; FILHO, M. T.; AMARAL, R. D. A. M.; Neto, M. A. O. Associação entre fungos apodrecedores e cupins subterrâneos no processo de biodeterioração do lenho de árvores de Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze da cidade de São Paulo, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 38, n. 86, p. 215-224, 2010.

[17] SANTAMOUR JÚNIOR, F.S. Trees for urban planting: diversity uniformity, and common sense. *In*: METRIA CONFERENCE, 7., 1990, Lisle. **Proceedings**. Lisle, 1990. p.57-66.

[18] BRASIL. **Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

[19] SAMPAIO, A. C. F.; DUARTE, F.G.; SILVA, E. G. C.; DE ANGELIS, B. L. D.; BLUN, C. T. Avaliação de árvores de risco na arborização de vias públicas de Nova Olímpia, Paraná, **RSBAU**, Piracicaba, v.5, n. 2, p. 82-104, 2010.

[20] ÁRVORE de grande porte cai e mata mulher no Parque Municipal de BH. **G1. Grupo Globo**, 2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2011/01/arvore-de-grande-porte-cai-e-mata-mulher-no-parque-municipal-de-bh.html>. Acesso em: 07 de abr. 2021.

[21] CHUVAS causam transtornos em João Pessoa; árvore cai em cima de carros. **G1. Grupo Globo**, 2012. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2012/06/chuvas-causam-transtornos-em-joao-pessoa-arvore-cai-em-cima-de-carros.html>. Acesso em: 05 de mar. 2021.

[22]. ÁRVORE de grande porte cai em parque de Porto Alegre e mata idoso. **G1. Grupo Globo**, 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/08/arvore-de-grande-porte-cai-em-parque-de-porto-alegre.html>. Acesso em: 07 de abr. 2021.

[23] PARQUE do Ibirapuera é fechado após queda de árvores. **VEJA**, 2014. Disponível em: <https://vejasp.abril.com.br/cidades/parque-ibirapuera-fecha-queda-arvores/>. Acesso em: 05 de mar. 2021.

[24] MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES - MCTI. **Retirada de árvores em risco de queda no Parque Zoobotânico**. 2016. Disponível em: <https://www.museu-goeldi.br/noticias/retirada-de-arvores-em-risco-de-queda-no-parque-zoobotanico>. Acesso em: 07 de abr. 2021.



[25] GRUPAMENTO DE POLICIAMENTO AMBIENTAL DA GUARDA CIVIL MUNICIPAL DE ANANINDEUA - GPA/GCMA. **Relatório de Gestão (2017 a 2018)**. Ananindeua, PA: GPA/GCMA, 2019.

[26] ÁRVORE cai, destrói muro do Bosque e atinge carros em Belém. **G1. Grupo Globo**, 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/arvore-cai-destroi-muro-do-bosque-e-atinge-carros-em-belem.ghtml>. Acesso em: 05 de mar. 2021.

[27] ÁRVORE do Bosque Rodrigues Alves cai e interrompe trânsito na avenida Almirante Barroso. **G1. Grupo Globo**, 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2020/04/08/arvore-do-bosque-rodrigues-alves-cai-e-interrompe-transito-na-avenida-almirante-barroso.ghtml>. Acesso em: 05 de mar. 2021.

[28] QUEDA de árvore quebra brinquedo no Parque Guinle, em Laranjeiras. **G1. Grupo Globo**, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2021/12/09/queda-de-arvore-quebra-brinquedo-no-parque-guinle-em-laranjeiras.ghtml>. Acesso em: 05 de mar. 2021.

[29] PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **922 madeiras nativas do Brasil: anatomia-dendrologia-dendrometria-produção-uso**. Porto Alegre: Cinco Continente, 2010.

[30] CARMELO, S. R.; SEITZ, R. A. Diagnóstico das interferências da arborização na rede de distribuição de energia elétrica. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 18., 2018, Olinda – PE, 2008. [Anais...]. Disponível em: [http://www.mf.ap.com.br/pesquisa/arquivos/20081216230853-1%20\(20\).pdf](http://www.mf.ap.com.br/pesquisa/arquivos/20081216230853-1%20(20).pdf). Acesso em: 19 nov. 2020.

[31] ALBERS, J.S.; POKORNY, J.D.; JOHNSON, G.R. How to detect and assess hazardous defects in trees. In: POKORNY, J. D. (coord.). **Urban tree risk management: a community guide to program design and implementation**. St. Paul: USDA, Forest Service, Northeastern Area, State and Private Forestry, 2003.

[32] DUNSTER, J. A., SMILEY, E. T., MATHENY, N., LILLY, S. **Tree Risk Assessment Manual**. International Society of Arboriculture, Champaign, 2013.

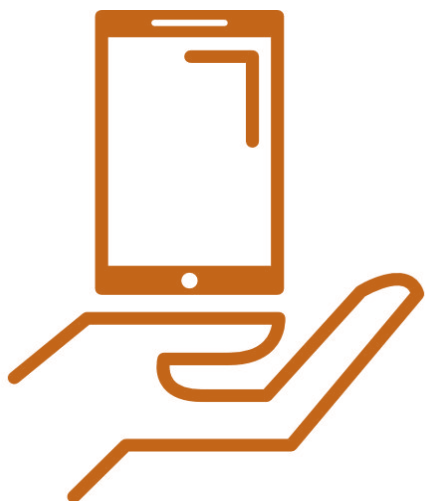
[33] SACRAMENTO, F. A. C. B. **Tomograma das árvores do Jardim Botânico da Universidade de Coimbra: avaliação do estado de conservação**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Biotecnologia Vegetal - Especialidade em Biotecnologia). Universidade de Coimbra, 2013.

[34] SEITZ, R. A. **Avaliação visual de árvores de risco (AVR)**. Mini-curso In: X CBAU - CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, Maringá, 2006. Anais... Maringá, 2006. CD-ROM.

[35] PEREIRA, P. H. Estudo de caso do risco de queda de árvores urbanas em via pública na cidade de Dois Vizinhos-PR. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco – PR, v.6, n.1, p. 1-10, 2011.

[36] SANTOS, C. I. **Análise Preliminar de Riscos na atividade de poda de árvore em vias públicas de Curitiba – PR**. Monografia de Especialização. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Construção Civil. Curitiba – PR, 2017.





TELEFONES ÚTEIS:



® DEFESA CIVIL © 199



® CORPO DE BOMBEIROS © 193



® POLÍCIA MILITAR © 190



® SERVIÇO DE ATENDIMENTO MÓVEL DE URGÊNCIA © 192



® GUARDA MUNICIPAL © 153

REALIZAÇÃO:



PROPESP
Pró-Reitoria de Pesquisa
e Pós-Graduação | UFPA



APOIO:

