



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

MATEUS DOS REIS RODRIGUES

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A
GESTÃO DE RISCOS DE QUEDA DE ÁRVORES: ESTUDO DE CASO
EM UM BAIRRO NO MUNICÍPIO DE BELÉM – PA**

**BELÉM – PARÁ
2019**

MATEUS DOS REIS RODRIGUES

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A
GESTÃO DE RISCOS DE QUEDA DE ÁRVORES: ESTUDO DE CASO
EM UM BAIRRO NO MUNICÍPIO DE BELÉM – PA**

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: Ameaças Naturais no Ambiente Amazônico.

Orientador: Prof. Dr. João de Athaydes Silva Júnior.

BELÉM – PARÁ
2019

**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)**

R696g Rodrigues, Mateus dos Reis
Geoprocessamento aplicado a gestão de riscos de queda de
árvores : estudo de caso em um bairro no município de Belém-PA /
Mateus dos Reis Rodrigues. — 2019.
96 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. João de Athaydes Silva Júnior
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Gestão
de Risco e Desastre na Amazônia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

1. Riscos Urbanos. 2. Arboricultura Urbana. 3. Mapeamento
de Riscos. I. Título.

CDD 711.12

MATEUS DOS REIS RODRIGUES

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A
GESTÃO DE RISCOS DE QUEDA DE ÁRVORES: ESTUDO DE CASO
EM UM BAIRRO NO MUNICÍPIO DE BELÉM – PA**

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: Ameaças Naturais no Ambiente Amazônico.

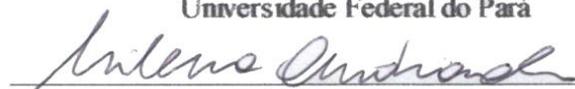
Data de aprovação: 30 / 04 / 2019

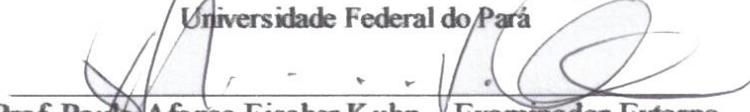
Conceito: APROVADO

Banca Examinadora:


Prof. João de Athaydes Silva Júnior – Orientador
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará


Prof. Bergson Cavalcanti de Moraes – Examinador Interno
Doutor em Ciências Agrárias
Universidade Federal do Pará


Prof.ª Milena Marília Nogueira de Andrade – Examinador Interno
Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará


Prof. Paulo Afonso Fischer Kuhn – Examinador Externo
Doutor em Agronomia – Examinador Externo
Universidade Federal do Pará

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e pelo atendimento de minhas orações para oportunidade de participar deste Programa de Mestrado e avançar meus conhecimentos.

À minha mãe Alcinete dos Reis, pelo amor incondicional, por todas as lutas diárias travadas para cuidar de mim e de meus irmãos, pelo apoio e motivação para busca de realização dos meus sonhos, aperfeiçoamento profissional e pessoal, por me ensinar tudo sobre caráter e responsabilidade. Ao meu Pai Messias Rodrigues, por acreditar em meus sonhos e ser apoiador incondicional. Aos meus irmãos Alberto e Marcos, pela união, apoio (direta e indireta) para realização deste trabalho e presença em minha vida.

À minha noiva Ane Monique, por acreditar em mim e em meu trabalho, pela paciência, amor, dedicação, companheirismo e por ser uma pessoa extraordinária que muito me ensina também.

Aos meus avós maternos Odilena Trindade e Raimundo Marques e avô paterno Norberto Rodrigues por todo suporte a família e serem nossa base para suportar momentos de dificuldade e nos ajudarem a chegar até aqui.

Às pessoas que não puderam me acompanhar até o final desta caminhada. À minha avó paterna Maria Arlete (*in memoriam*) por me ensinar sobre a fé, pelo amor, pelas orações, por toda ajuda a minha família e pelo exemplo de pessoa que levarei comigo para sempre. Ao meu tio “Cabeludo” (*in memoriam*) pelas brincadeiras em minha infância.

Ao meu amigo e irmão Carlos Augusto, por ter sido um grande incentivador do meu trabalho, por ter acreditado e não ter medido esforços para ir a campo realizar o que fosse necessário para que esta dissertação fosse concluída. Ao GMJ Augusto Montenegro pelas orações e por fazerem parte da minha vida.

A equipe GEMIM/SEMAS pelo grande exemplo de trabalho em equipe e confiança no trabalho individual, contribuindo em meu amadurecimento profissional e pessoal.

Ao meu orientador Dr. João de Athaydes Silva Júnior, pelas inúmeras contribuições dadas para o desenvolvimento deste trabalho, organização e direcionamento de idéias, além do encaminhamento de dados imprescindíveis a realização deste;

Aos professores do PPGGRD/UFGPA pelas contribuições, perspectivas e conceitos ensinados para o incremento e moldagem deste trabalho.

Ao discente João Cohen, do curso de Engenharia Florestal – UEPA, pela participação nos trabalhos de campo e proporcionado agilidade nas tarefas de campo.

Aos membros da banca examinadora pelas idéias, críticas e colaborações fornecidas.

Ao Centro Integrado de Operações – CIOp pela diligência no atendimento e fornecimento de dados históricos.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Belém – FAB/DTCEA–BE pela disponibilização de dados meteorológicos através da internet.

Costumo pensar que todo trabalho é um conjunto de pensamentos, idéias e conhecimentos das pessoas à nossa volta e moldados pelo que escolhemos agregar em nossas vidas, então, meus agradecimentos a todas as pessoas que passaram por minha vida e que contribuíram de alguma forma para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

RESUMO

A ocorrência de desastres naturais pelo mundo em função de eventos naturais extremos tem se tornado cada vez mais frequentes nos noticiários, dentre eles, os desastres de causa hidrometeorológica. Estes têm aumentado cada vez mais as estatísticas de graves consequências a populações mais vulneráveis. Neste sentido, inúmeros são os efeitos colaterais durante e após a ocorrência de rajadas de vento e precipitação hídrica intensa, entre eles, a queda de árvores em áreas urbanas, que tem se mostrado um perigo em potencial e recorrente. Em muitos casos, pela ausência de instrumentos de planejamento mais sofisticados para prevenção ou redução deste risco. Neste sentido, o geoprocessamento vem sendo adotado por muitas cidades como procedimento de grande ajuda para a tomada de decisão e redução deste risco de forma eficiente. Este trabalho teve como objetivo demonstrar a aplicação de ferramentas de geoprocessamento para o gerenciamento de riscos de queda de árvores no município de Belém, capital do estado do Pará. Para isso, foi indispensável uma investigação preliminar dos incidentes já ocorridos a fim de se entender a influência de variáveis meteorológicas de vento e precipitação nessas ocorrências e, em seguida, foi aplicado protocolo adaptado de avaliação visual externa em um bairro do município, seguido de proposta metodológica de ponderação e determinação do grau de risco. Concluiu-se que a queda de árvores apresentou correlação significativa com períodos de maior precipitação hídrica na região, atribuindo-se uma possível interação com a variável velocidade do vento, sendo que esta última demonstrou pouca significância se analisada isoladamente. De forma geral, a arborização urbana apresentou resultados qualitativos satisfatórios, verificando-se que muitos dos problemas que aumentam a suscetibilidade à queda de árvores no município podem estar fortemente relacionados as podas inadequadas, os quais iniciam ou agravam problemas estruturais e fitossanitários. Por fim, o geoprocessamento mostrou-se uma ferramenta imprescindível para ações eficazes de planejamento e minimização do risco de queda de árvores através da distribuição espacial, apresentando-se ao final, ações que podem ser adotadas pelos gestores.

Palavras-chave: Riscos urbanos. Arboricultura urbana. Mapeamento de riscos.

ABSTRACT

The occurrence of natural disasters worldwide due the recent and extreme natural events has become increasingly frequent in the news, and among them, the hydrometeorological disasters have been increasing the statistics of serious negative consequences to the most vulnerable populations around the world. Thus, uncountable are the negative side effects during and after the occurrence of intense gusts of wind and rainfalls. Among them, the fall of trees in urban areas has been a potential and recurrent hazard, in many cases due to the absence of more sophisticated planning projects to prevent or reduce this risk. On this way, geoprocessing is being adopted by many cities as a great aid procedure for decision making and to reduce risks efficiently. This work has sought to demonstrate the application of geoprocessing tools for the management of tree falling, in the city of Belém, capital of the state of Para. First, a preliminary investigation of incidents that occurred in the area was essential in order to understand the influence of meteorological variables of wind and precipitation in these occurrences, followed by an adapted protocol of external visual evaluation in a specific neighborhood of the city, followed by a methodological proposal of weighting and determination of the risking rate. It has been concluded that the fall of trees is significantly related to the periods of higher rainfall in the region, plus, a possible interaction with the variable wind speed, which the last has showed little significance if analyzed separately. In general, urban afforestation has presented satisfactory qualitative results, and it has been verified that many of the problems that increase the susceptibility of falling trees in the city may be strongly related to the inadequate management of afforestation, which initiates or even makes structural and sanitary local problems worsen. Therefore, geoprocessing has proved to be an essential tool for effective planning and risk minimization actions for the fall of trees through spatial distribution, actions which can be adopted by the city managers.

Keywords: Urban risks. Urban arboriculture. Risks mapping.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	– Esquema dos grupos que compõem a arborização urbana.....	17
Quadro 01	– Divisões Administrativas do município de Belém.....	36
Quadro 02	– Delimitação dos trechos de estudo.....	38
Figura 02	– Mapa de delimitação dos trechos de estudo no bairro de Nazaré.....	39
Figura 03	– Exemplo de brotações epicórmicas.....	41
Figura 04	– Exemplo de poda em “V”.....	41
Figura 05	– Exemplo de copa desproporcional.....	41
Figura 06	– Exemplo de poda drástica.....	41
Figura 07	– Exemplo de bifurcação no tronco.....	42
Figura 08	– Afloramento de raízes.....	42
Figura 09	– Condições de sufocamento.....	42
Figura 10	– Indícios de necrose na base do tronco.....	44
Figura 11	– Tronco deteriorado.....	44
Quadro 03	– Classificação e valoração dos itens de avaliação visual do grupo severidade.....	46
Quadro 04	– Classificação e valoração dos itens de avaliação visual do grupo probabilidade.....	47
Quadro 05	– Categorias do grupo Probabilidade.....	49
Quadro 06	– Categorias do grupo Severidade.....	49
Quadro 07	– Matriz de Riscos.....	50
Quadro 08	– Índice de auxílio para tomada de decisão.....	50
Quadro 09	– Modelo de planilha obtida após tabulação de dados documentais e séries históricas.....	51
Gráfico 01	– Distribuição anual das ocorrências de quedas de árvores no município de Belém entre 2011 a 2018.....	54
Figura 12	– Índices de quedas de árvores por Distritos Administrativos entre os anos de 2011 a 2018 no município de Belém – PA.....	55
Gráfico 02	– Localização das árvores antes da queda no município de Belém.....	57
Gráfico 03	– Direção predominante do vento nos dias de ocorrência de queda de árvore.....	58

Gráfico 04	– Ocorrências mensais de quedas de árvores e respectivas médias de precipitação.....	61
Gráfico 05	– Diagrama de dispersão das variáveis precipitação e quedas de árvores.....	62
Figura 13	– Localização da Estação de Tratamento de responsabilidade da COSANPA.....	63
Quadro 10	– Variáveis climáticas e informações noticiadas pela imprensa de interrupções no fornecimento de água em decorrência de queda de árvores em Belém.....	64
Figura 14	– Mapa de distribuição dos indivíduos arbóreos nos trechos de estudo...	66
Gráfico 06	– Principais problemas encontrados na base do tronco.....	69
Gráfico 07	– Principais anomalias encontradas no tronco e na copa.....	70
Gráfico 08	– Percentual de localização das árvores de acordo com o tipo de tráfego.....	72
Figura 15	– Espacialização das árvores avaliadas de acordo com o grau de risco....	74
Figura 16	– Árvore com inclinação acentuada.....	75
Figura 17	– Infestação severa de térmitas.....	75
Figura 18	– Base do tronco sob “sufocamento”.....	75
Figura 19	– Copa desproporcional.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	– Classificação de ocorrências por bairros do Distrito Administrativo de Belém.....	56
Tabela 02	– Prejuízos mais relatados em decorrência de queda de árvores em Belém.....	57
Tabela 03	– Distribuição de ocorrências de rajadas de vento com ocorrências de queda de árvore em Belém de 2011 a 2018.....	60
Tabela 04	– Principais resultados dendrométricos encontrados nos trechos de estudo.....	67
Tabela 05	– Distribuição do quantitativo da arborização de calçadas por trechos.....	68
Tabela 06	– Comparação entre resultados obtidos de localização da rede elétrica com estudos anteriores.....	73
Tabela 07	– Resumo de resultados referentes ao grau de risco dos indivíduos arbóreos nos trechos avaliados.....	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVO GERAL.....	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	ARBORIZAÇÃO URBANA.....	16
2.1.1	Principais conceitos.....	16
2.1.2	Importância da arborização urbana.....	18
2.1.3	Histórico da arborização urbana em Belém.....	19
2.2	EVENTOS EXTREMOS E A QUEDA DE ÁRVORES EM ÁREAS URBANAS.....	20
2.2.1	Concepções e causas de desastres naturais.....	20
2.2.2	Queda de árvores em áreas urbanas.....	22
2.2.3	Influência do vento e chuva na queda de árvores.....	24
2.2.4	Influências biológicas na queda de árvores.....	25
2.2.4.1	<i>Do indivíduo.....</i>	25
2.2.4.2	<i>Fitossanitários.....</i>	26
2.2.5	Influências antrópicas na queda de árvores.....	27
2.3	GESTÃO DE RISCOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA.....	29
2.3.1	Gestão e análise de riscos.....	29
2.3.2	Gestão e manejo da arborização urbana.....	30
2.3.3	Utilização do geoprocessamento no gerenciamento da arborização urbana.....	31
2.4	AVALIAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES.....	32
2.4.1	Métodos de avaliação estrutural interna.....	33
2.4.2	Métodos de avaliação visual externa.....	34
2.4.3	Considerações sobre metodologias de avaliação visual.....	34
3	METODOLOGIA.....	36
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	36
3.2	DADOS UTILIZADOS.....	40
3.3	ELABORAÇÃO DO FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO VISUAL EXTERNA.....	40

3.4	PROCESSAMENTO DE DADOS E ANÁLISE GEOESPACIAL.....	51
3.5	ELABORAÇÃO DO PRODUTO FINAL (RELATÓRIO).....	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.1.	QUEDAS DE ÁRVORES NO MUNICÍPIO DE BELÉM.....	54
4.2	QUEDAS DE ÁRVORES E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.....	58
4.2.1	Vento.....	58
4.2.2	Precipitação.....	61
4.2.3	Estudo de caso das ocorrências de queda de árvores e interrupção no fornecimento de água.....	63
4.3	RESULTADOS DE CAMPO.....	66
4.3.1	Análises quantitativas.....	66
4.3.2	Análises qualitativas.....	68
4.3.3	Fatores de risco.....	71
4.4	AVALIAÇÃO DO RISCO DE QUEDA E MEDIDAS DE GERENCIAMENTO.....	73
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
	REFERÊNCIAS.....	82
	APÊNDICES.....	91
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE CAMPO.....	92
	APÊNDICE B – RELATÓRIO DAS CONDIÇÕES DA ARBORIZAÇÃO E RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES NO BAIRRO DE NAZARÉ [CD].....	93
	ANEXOS.....	94
	ANEXO A – OFÍCIO DE RESPOSTA DO CIOP.....	95
	ANEXO B – MODELO DE FORMULÁRIO UTILIZADO PELA SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE BELÉM – SEMMA PARA AVALIAÇÃO DE ÁRVORES.....	96

1 INTRODUÇÃO

A quantidade de pessoas afetadas por desastres naturais no mundo vem crescendo em proporções pouco vistas em outras épocas. A imprensa relata cotidianamente inúmeros casos de perdas materiais e humanas decorrentes de eventos que outrora eram tratados como simples eventos da natureza. Conforme estudo apresentado pela *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* – UNISDR, a combinação de fatores como degradação ambiental e aumento da densidade demográfica em áreas urbanas sem o devido planejamento diminuem a resiliência, aumentam a vulnerabilidade e oportunizam a ocorrência de desastres naturais (BRASIL, 2010). A exemplo disso, os desastres climáticos como ventanias ou tempestades têm sido responsáveis por acarretar inúmeras consequências e efeitos sociais negativos, entre eles, a contração na produção econômica e, conseqüentemente, aumento na pobreza local ou regional (LAFRAMBOISE; LOKO, 2012).

Neste sentido, a queda de árvores está entre os principais efeitos colaterais que podem ocorrer durante ou após a ocorrência de rajadas de vento e precipitação hídrica intensa e têm se mostrado um perigo em potencial recorrente, em muitos casos, pela ausência de instrumentos de planejamento mais sofisticados para prevenção ou redução deste risco, o qual pode comprometer a prestação de serviços como saúde, segurança, mobilidade urbana, fornecimento de água ou energia, ou pela ocorrência de perdas ou danos a bens materiais ou a vida de indivíduos (KLECHOWICZ, 2001).

Em março de 2018, a queda de cinco árvores em locais distintos durante a tempestade Riley provocou a morte de cinco pessoas no nordeste dos Estados Unidos (QUEDAS..., 2018). Outro evento de grande magnitude foi a tempestade Ana, ocorrida em dezembro de 2017 na cidade de Lisboa, capital portuguesa, a qual provocou a queda de 389 árvores causando danos em veículos, redes elétricas, ferimentos e uma vítima fatal (COSTA, 2017).

No Brasil, o furacão Catarina ocorrido em 2004 causou diversos prejuízos econômicos e materiais, dentre eles, registrou-se que 115 árvores foram arrancadas pelas raízes em decorrência dos ventos fortes no estado de Santa Catarina, onde uma parcela das ocorrências atingiu diversas residências no município de Balneário Gaivota (DEZ..., 2014).

No município de Belém, de acordo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Belém – SEMMA, no ano de 2016 foram registradas a queda de aproximadamente 70

(setenta) árvores que causaram diversos prejuízos a população (QUEDAS..., 2016). Em alguns casos, a queda de árvores ocorre em indivíduos arbóreos já debilitados pela falta ou pela manutenção inadequada além das pressões externas as quais os indivíduos estão submetidos. Nestes casos, o vento e precipitação hídrica podem atuar apenas como forçantes para a queda de indivíduos arbóreos já debilitados (BRASIL, 1995).

Desta forma, observa-se que entre as maiores dificuldades enfrentadas pela SEMMA para a gestão do risco de queda de árvores no município de Belém está relacionada a falta de critérios ou ferramentas de planejamento mais sofisticadas e objetivas no que tange a organização das informações para a tomada de decisão que, muita das vezes, contribui para uma atuação ineficiente ou reativa do Poder Público.

Como forma de reverter a situação atual, este trabalho propõe a utilização de ferramentas de geoprocessamento como forma de apresentar aos gestores outro panorama da situação da arborização de vias públicas do município de Belém e auxiliar no processo de tomada de decisão para redução deste risco.

Na seção 1 deste trabalho são apresentadas as justificativas para elaboração deste trabalho e os principais objetivos a serem alcançados. Na seção 2 são apresentados os principais conceitos e discussões acerca de áreas verdes urbanas, desastres naturais, fatores que propiciam a queda natural de árvores em áreas urbanas e principais consequências, além de alguns métodos de avaliação de risco de queda. Na seção 3 é apresentado e descrito o local escolhido para aplicação deste estudo e também dos métodos adotados para o desenvolvimento deste trabalho. Na seção 4 são discutidos os resultados do histórico de incidentes de queda de árvores na zona urbana do município de Belém, além dos resultados quantitativos e qualitativos da arborização urbana verificados em campo. A seção 5 trata das conclusões desta pesquisa e sugestões para estudos futuros.

1.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar o uso do geoprocessamento como ferramenta de identificação e gerenciamento de risco de queda de árvores em vias públicas no município de Belém – PA.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a correlação entre histórico de queda de árvores e eventos de precipitação;
- Desenvolver um formulário e uma matriz para análise de risco de queda das árvores avaliadas com base em levantamento de campo e revisão bibliográfica;
- Descrever as condições da arborização e o risco de queda de árvores em vias públicas em um bairro de Belém – PA;
- Apresentar relatório indicando as medidas que podem ser adotadas para minimização dos riscos de queda de árvores nos locais de estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ARBORIZAÇÃO URBANA

2.1.1 Principais conceitos

Lima Neto (2011) menciona a grande dificuldade em se estabelecer o conceito de arborização urbana, principalmente em função da ampla variedade de terminologias adotadas. De acordo com o autor, em alguns casos os conceitos de tais terminologias tendem a ser mais abrangentes ou mais restritas. No Brasil, o termo é fortemente ligado a ideia da ação ou dos resultados advindos das ações de plantio e manutenção (MAGALHÃES, 2006; TOZZI, 2017).

Essa condição de associar o termo arborização urbana ao plantio de árvores ou mudas está vinculada a diversos períodos históricos no Brasil e no mundo, entretanto, muitos autores estabelecem que há uma diferenciação entre os termos arborização urbana e verde urbano, este último pode ser entendido como o conjunto de todas as árvores dentro dos limites de um município (LIMA NETO, 2011; MENEGHETTI, 2003). Por outro lado, Abreu et al. (2008 apud LIMA NETO, 2011) define arborização urbana como o conjunto de indivíduos arbóreos de uma cidade.

Grey e Deneke (1978 apud CAPUDI, 2013) consideram que o termo arborização urbana se refere ao conjunto de indivíduos arbóreos localizados em terras públicas ou privadas. Além disso, os autores passam a estabelecer um conceito diferenciado, no qual estabelece a arborização urbana como mecanismo de melhoria do bem estar social e ambiental. Loboda e Angelis (2005) consideram que até mesmo a forma como as árvores são manejadas em áreas urbanizadas refletem a importância de cada uma para o objetivo proposto. Por isso, em diversos lugares a Arboricultura surgiu como disciplina específica para tratar do manejo de árvores em áreas urbanas (MAGALHÃES, 2006).

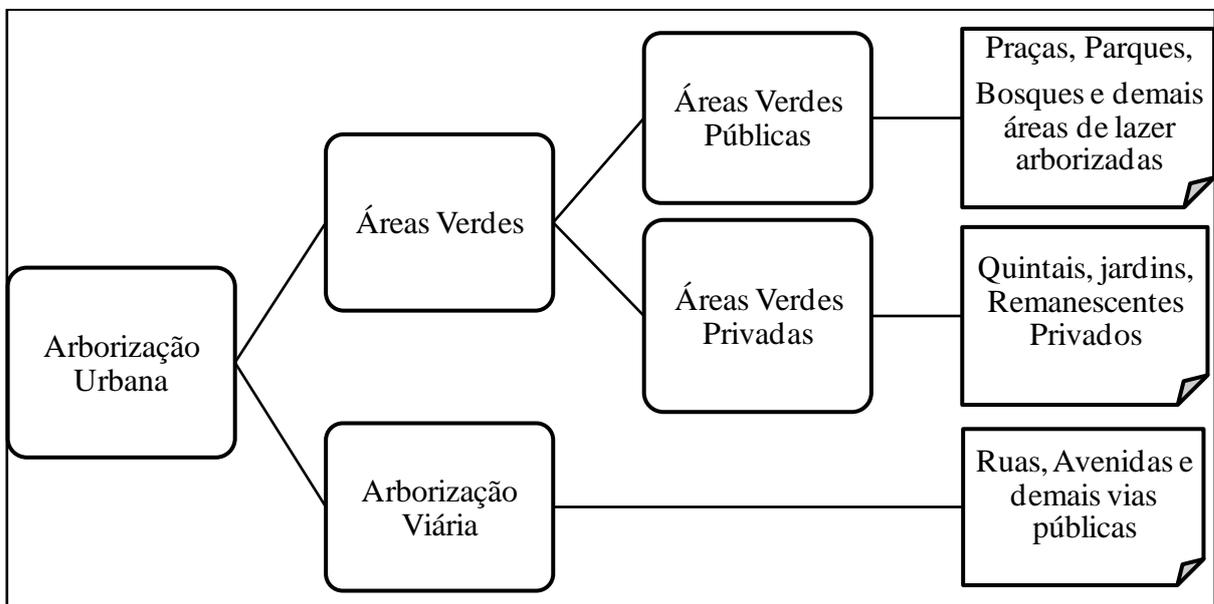
Por outro lado, Biondi (2000 apud LIMA NETO, 2011) passa a categorizar o conceito de arborização urbana através de três grupos (Figura 01) que levam em consideração principalmente a organização e posicionamento dentro do perímetro urbano, sendo eles:

a) Arborização Viária: Possui como principal característica o seu arranjo e distribuição ao longo das ruas, avenidas, etc. Em alguns casos representa o eixo de ligação entre as áreas verdes de uma cidade.

b) Áreas Verdes Públicas: Pode ser descrita como as áreas que possuem grande aglomerado de indivíduos arbóreos, sem necessitar de um padrão de arranjo, chegando a caracterizar uma área de proteção. É representada por praças, bosques e parques.

c) Áreas Verdes Privadas ou Semi-privadas: São áreas que possuem arborização dentro de seu limite, localizadas em área como residências, instituições públicas e particulares etc.

Figura 01 – Esquema dos grupos que compõem a arborização urbana.



Fonte: (LIMA NETO, 2011).

No esquema apresentado na Figura 01, o autor considera que há vantagens nesse tipo de classificação, pois permite ao gestor o planejamento das ações de maneira específica, aplicando as ações de manejo mais adequadas para cada grupo ou indivíduo arbóreo.

Lima Neto (2007 apud LIMA NETO, 2011) conclui que é necessária uma integração entre pesquisadores e gestores municipais para a uniformização dos termos para que haja o entendimento comum. Dessa forma, a distribuição de indivíduos arbóreos no município e o manejo adequado, bem como a importância e benefícios oferecidos para a população são fundamentais para que a vegetação não seja apenas uma área dispersa na malha urbana (LOBODA; ANGELIS, 2005).

2.1.2 Importância da arborização urbana

Tozzi (2017) caracteriza a arborização urbana como um bem jurídico, ou seja, algo que independente da importância material ou econômica possui alguma utilidade sendo, portanto, objeto do Direito. O autor também relaciona as vantagens da arborização urbana para o equilíbrio ecológico e qualidade de vida da população ao conceito do “bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida”, expresso no artigo 225 da Constituição Federal de 1988.

No contexto urbano, imóveis próximos de áreas verdes têm sido cada vez mais procuradas devido as inúmeras vantagens proporcionadas em termos de qualidade de vida. Nos últimos anos, isso tem sido cada vez mais usado como ferramenta para agregar valor aos imóveis (BARROSO, 2007 apud CAPUDI, 2013).

Oliveira (2016) ressalta a importância da arborização urbana não apenas na manutenção das condições de estabilidade do microclima como também no bem estar social. O autor cita benefícios como a diminuição da poluição sonora e do ar, absorção de raios solares, redução da erosão no solo, proteção contra rajadas de vento além dos inúmeros efeitos psicológicos e físicos benéficos (ALMEIDA; RONDON NETO, 2010 apud OLIVEIRA, 2016). Além dos impactos positivos mencionados, a arborização urbana também contribui na proteção ou diminuição do impacto de rajadas de vento, redução de temperaturas extremas e atua no balanço hídrico (MENEGETTI, 2003).

Através de estudos realizados por Almeida et al. (2015) foi possível concluir que a temperatura da superfície terrestre na cidade de Maceió (AL) apresentava redução em áreas que apresentavam maior quantitativo vegetal, enquanto áreas que apresentavam maiores índices de ocupação apresentavam temperaturas mais elevadas. O autor constatou também que em bairros onde havia maior concentração de residências separadas por ruas estreitas e menor índice de vegetação, as ilhas de calor se formavam com mais intensidade ainda.

A importância da arborização urbana para o equilíbrio microclimático e bem estar da população também é citado por Silva Junior (2012), no qual analisou uma forte correlação entre o Índice de Calor (IC)¹, porcentagem de urbanização e porcentagem de vegetação na cidade de Belém do Pará. O autor concluiu que em um dos bairros analisados com maior taxa

¹Medida utilizada para verificar zonas onde há maior desconforto térmico levando-se em consideração as variáveis de temperatura e umidade relativa do ar (SILVA; STRECK, 2014).

de urbanização (96%) e menor taxa de vegetação (4%) apresentou maior IC e baixo índice de conforto térmico², por outro lado, o bairro com menor taxa de urbanização (17,6%) e maior taxa de vegetação (80%) apresentou o menor IC e maior conforto térmico.

Outros benefícios da arborização urbana incluem a manutenção da biodiversidade local (SPÓSITO, 2001 apud PINHEIRO; SOUZA, 2017), retenção significativa de material particulado e diminuição da concentração de gases nocivos a saúde humana, paisagismo urbano, melhoria na estabilidade do solo e redução do escoamento superficial (LOBODA; ANGELIS, 2005).

Estes são apenas alguns exemplos de estudos científicos que comprovam a importância da vegetação para o bem estar e melhoria da qualidade de vida. Entretanto, a redução significativa de áreas verdes em somado a um processo de expansão urbana sem planejamento prévio ou aplicação eficaz de um plano diretor, associado aos aspectos ambientais inerentes as atividades humanas, trazem consigo inúmeros impactos negativos a saúde e qualidade de vida da população (PINHEIRO; SOUZA, 2017).

2.1.3 Histórico da arborização urbana em Belém

Em decorrência da crescente expansão urbana decorrente da criação de acessos viários e estruturas em diferentes locais da primeira légua patrimonial, o município de Belém durante e após o século XVII intensificou o processo de desmatamento no decorrer dos anos. Embora não haja menção clara a respeito do início da arborização urbana do município de Belém, considera-se o arquiteto naturalista Antonio Landi como pesquisador³ e pioneiro no plantio de mangueiras na cidade com objetivo de suprir a carência de vegetação na área já urbanizada (BRASIL, 1995).

Porto et al. (2013) descrevem que mesmo sem algum planejamento ou políticas mais definidas para o setor, a capital foi uma das primeiras cidades brasileiras a arborizar vias públicas, ainda que de forma pontual para atender demandas estéticas ou culturais. Um exemplo disso são os relatos acerca da iniciativa de plantio de mangueiras na antiga Estrada de Nazaré em 1793, uma vez que naquele ano, segundo o autor, foram dado início as procissões do Círio de Nossa Senhora de Nazaré (PORTO et al., 2013).

²Termo utilizado para se referir as condições térmicas de um ambiente satisfatórias a um ou mais indivíduos (LABEEE, 1999 apud RIBEIRO, 2002).

³Estudava já em 1780 o desenvolvimento de mangueiras em Belém (BRASIL, 1995).

Todavia, foi no final do século XIX e início do século XX, durante o período de mandato do intendente Antônio Lemos (1897-1911) que houveram as mais significativas reformas urbanas, na qual o elemento arbóreo era inserido não apenas para atender o objetivo de estabelecer padrões mais elitizados que estavam sendo difundidos na Europa, como também modelar o conceito de cidade com melhor estética e salubridade (GAMA NETO, 2013).

O relatório apresentado ao Conselho Municipal de Belém pelo Senador Antônio José Lemos (1902 apud GAMA NETO, 2013) cita a escolha da mangueira (*Mangifera indica L.*) para plantio na área urbana de Belém em função do seu rápido desenvolvimento, altura significativa e folhagem densa, condições consideradas satisfatórias para o sombreamento da via.

A partir do século XX, a arborização urbana em vias públicas começou a se expandir para bairros como São Braz, Marco, Pedreira e Souza, enquanto bairros mais periféricos como Jurunas e Guamá não possuíam um planejamento para atendimento a essa política (PORTO et al., 2013). Apesar da grande expectativa dos governos anteriores em manter e criar condições de desenvolvimento da arborização urbana, a partir de 1970, a taxa de urbanização passou a ser superior a de áreas arborizadas, criando um cenário de carência na distribuição de áreas verdes em relação ao quantitativo de áreas urbanizadas (BRASIL, 1995; PORTO et al., 2013).

2.2 EVENTOS EXTREMOS E A QUEDA DE ÁRVORES EM ÁREAS URBANAS

2.2.1 Concepções e causas de desastres naturais

Licco (2013) e Sharma (2011) conceituam fenômeno natural como todo evento ou acontecimento periódico decorrente de interação de elementos ou processos físicos e químicos que ocorrem no meio biótico ou abiótico independente da vontade ou ação humana. Entretanto, quando em função da magnitude ou consequências, os danos causados por fenômenos naturais afetam significativamente economias, agricultura, habitações, saneamento, meio ambiente, saúde e outros aspectos do bem estar social e coletivo de populações humanas, estes podem ser caracterizados como desastres naturais (SHARMA, 2011).

Um exemplo disso foi o furacão Irma, ocorrido em setembro de 2017 nos Estados Unidos que, de acordo com estudo publicado pela Universidade Internacional da Flórida,

trouxe um prejuízo estimado aquele estado no valor de 19,4 bilhões de dólares, deixando aproximadamente 50 mortos e diversas residências sem energia elétrica (PREJUÍZO..., 2017), os prejuízos envolveram também a queda de árvores, guindastes e placas (FURACÃO..., 2017). Não apenas a ocorrência de desastres naturais como o exemplo do furacão Irma tem aumentado nos últimos anos como também o número de prejuízos, todavia, os níveis de danos físicos (infraestruturas, produção ou a vida) ou impactos secundários decorrentes de um desastre natural variam em função ao(s) tipo(s) de ameaça(s) natural (is) de uma localidade ou região (SHARMA, 2011).

Ameaça natural pode ser descrita como uma condição a qual um fenômeno ou circunstância tenha potencial de causar perturbação ou danos a um indivíduo ou sistema social. No Brasil, as principais ameaças naturais estão ligadas a fatores climatológicos como chuvas, tempestades, períodos de seca, entre outros (CEMADEN, 2014).

No Brasil, as ameaças naturais de origem eólica como vendavais, caracterizados por deslocamentos bruscos de massas de ar, são responsáveis por afetar diversas regiões. De acordo com Nedel, Sausen e Saito (2012), os estados da região Sul do país são as que mais registram esse tipo de ocorrência. Através de dados das coordenadorias estaduais e municipais de Defesa Civil os autores concluem que o Rio Grande do Sul apresenta maiores índices de ocorrências, além disso, em alguns casos a ocorrências de vendavais ocorreram em associação com eventos de granizo.

Diante da consciência de que nenhuma sociedade está imune a algum tipo de ameaça natural, as pesquisas e discussões acerca deste tema corroboram para que a principal causa da ocorrência de um desastre está vinculada aos modelos atuais de desenvolvimento social, econômico e ambiental, no qual cria condições favoráveis ou desfavoráveis de exposição de populações a um determinado evento ou ameaça (FREITAS et al., 2012).

De forma geral, os desastres são consequências da associação de diversos fatores que interagem entre si, na maioria das vezes estão ligados à ocorrência de um evento natural extremo, que compromete uma população ou determinado grupo populacional que esteja envolvido em situação de vulnerabilidade ou que criou condições favoráveis a ocorrência disto, como por exemplo, o desmatamento ou ocupação de áreas de grande instabilidade (ESTEVEZ, 2011).

Em alguns casos, a falta de comprometimento com a criação ou aplicação de políticas de gestão de riscos adequada por parte do Poder Público é considerada como fator que aumenta as condições de vulnerabilidade de populações ou comunidades frente a uma ameaça natural, pois estes são responsáveis pela adoção de medidas apropriadas para prevenção e/ou mitigação dos efeitos decorrentes de desastres naturais (SHARMA, 2011). Tavares, Mendes e Basto (2011) concluíram que os menores índices de confiança da população de Portugal eram atribuídos a administração municipal, levando em consideração outras instituições de proteção e defesa civil como corpo de bombeiros e emergência médica por exemplo. Para os autores, este resultado reflete a percepção da população de atuação muito baixa do Poder Público em ocorrências de desastres ou preparação.

Assim, considerando a evolução dos estudos acerca da ocorrência de desastres, muitos pesquisadores afirmam que em alguns casos, as ações e/ou omissões humanas, bem como a combinação destas ações ou omissões aos fenômenos ou eventos naturais podem ocasionar episódios de desastres. Por isso, nos últimos anos, os termos desastres de origem antropogênica ou mista têm sido objetos de debate pelo Poder Público, pesquisadores e sociedade (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

2.2.2 Queda de árvores em áreas urbanas

Apesar de desempenhar um papel importante na qualidade de vida da população e manutenção do equilíbrio ecológico do ambiente urbano, as árvores estão suscetíveis a queda natural em função dos mais variados fatores, entre os principais estão incluídos a atuação de agentes externos (climáticos, biológicos e antrópicos), em decorrência do processo de desenvolvimento e adaptação do próprio indivíduo arbóreo, ou até mesmo em função da combinação destes fatores (QUIGLEY, 2004 apud BRAZOLIN, 2009; CARMELO et al., 2008).

Ribeiro (2011) também afirma que muitos são os fatores que podem causar a queda de árvores. Para o autor, a combinação de fenômenos ou desastres naturais a determinadas características urbanas podem favorecer significativamente a queda de árvores em situação de risco.

Carmelo et al. (2008, p. 02) conceitua árvore de risco como “toda árvore que apresenta defeitos estruturais que possam provocar acidentes por quebra de partes ou de toda

árvore”. Sampaio et al. (2010) considera que árvores de risco são aquelas que estão propensas a quebra ou queda em função da atuação de ventos fortes, chuvas prolongadas ou manejo inadequado, podendo causar a qualquer momento algum dano material ou a vida humana.

Ribeiro (2011) observou uma tendência de aumento nas ocorrências de quedas de árvores em Lisboa no período de 1990 a 2008. A preocupação com esse tipo de ocorrência é evidenciada também através de um estudo de percepção de riscos desenvolvido por Tavares, Mendes e Basto (2011), no qual constataram uma grande preocupação da população de Portugal atribuída a ocorrências de quedas de árvores durante eventos meteorológicos extremos. Lopes et al. (2008 apud RIBEIRO, 2011) aponta que as principais causas para o aumento nos registros de quedas de árvores em áreas urbanas podem estar relacionadas ao envelhecimento das árvores e a degradação ambiental que criam condições de fragilidade no indivíduo arbóreo.

Oliveira e Lopes (2007) enfatizam que as ocorrências quedas de árvores no ambiente urbano podem ser diretamente responsáveis por prejuízos diretos a infraestrutura, bens materiais e a vida humana. Saraiva (1983 apud OLIVEIRA; LOPES, 2007) aponta que as quedas de árvores nas cidades contribuem significativamente no acréscimo de incidentes com ferimentos ou morte de pessoas durante eventos extremos.

Klechowicz (2001) também destaca as interrupções no fornecimento de energia elétrica como outro prejuízo muito recorrente após incidentes que envolvem a queda de árvores. O autor constatou que a queda de árvores é a 5ª (quinta) maior das 27 causas de interrupções registradas pela Companhia Paranaense de Energia Elétrica – COPEL nos anos de 1996 a 2000.

Ao avaliar os desligamentos de energia elétrica decorrentes da queda de árvores na cidade de São Paulo, Carmelo et al. (2008) concluiu que a queda de árvores foi responsável por 10 a 15% do total de interrupções do fornecimento de energia elétrica nos anos de 2002 a 2004. Entretanto, quando os autores consideraram apenas os períodos do ano caracterizados por ventos e chuvas intensas, os registros chegaram a 70%.

2.2.3 Influência do vento e chuva na queda de árvores

No Brasil, há inúmeros casos de perdas de vidas humanas e materiais decorrentes da queda de árvores após eventos relacionados a chuvas ou rajadas de vento (PEREIRA et al., 2011). No município de Belém, a ocorrência de eventos extremos de precipitação é comum, bastando índices de 20 mm para causar diversos prejuízos a população, e em alguns casos, a queda de árvores (CAMPOS; MOTA; SANTOS, 2015).

Ribeiro (2011), afirma que o vento é o principal responsável pelas tensões geradas no indivíduo arbóreo capaz de influenciar significativamente em seu tombamento. Além disso, Brazolin (2009) destaca que a precipitação é outro fator que favorece bastante a queda ou enfraquecimento do indivíduo arbóreo, pois além de acrescentar peso na árvore, há também o aumento da umidade do solo que pode diminuir a aderência da raiz, além de favorecer o desenvolvimento de um ambiente propício a fungos apodrecedores.

Bobrowski (2010) diz que os ventos predominantes e em direções opostas são fatores importantes que devem ser considerados. O autor destaca que árvores agrupadas tendem a criar mecanismos de resistência e proteção mútua, principalmente aos ventos predominantes nas bordas. Todavia, o autor enfatiza que na ocorrência de abertura de clareiras ou quando o indivíduo arbóreo é afetado pelo vento na direção oposta ao vento predominante, a suscetibilidade a queda é maior.

Após estudarem os riscos de queda de árvores na cidade de Lisboa, capital de Portugal, Oliveira e Lopes (2007) concluíram que a maior porcentagem de quedas de árvores em vias públicas estava correlacionada com as variações sazonais e a direção do vento predominante. Os autores observaram também que as árvores a dez metros de altura estavam mais propícias a queda quando a velocidade do vento ultrapassa 25,2 km/h.

Ao comparar os números anuais de ocorrências de quedas de árvore com os registros de episódios de fortes ventos (velocidade média superior a 25,2 km/h por 3 horas consecutivas), Ribeiro (2011) notou que embora em determinados anos os eventos de ventos fortes fossem superiores aos de quedas de árvores, nos anos seguintes, o número de registros de queda de árvores sempre eram superiores. O autor sugere que nestes casos, o vento pode ter contribuído para fragilização destas árvores, que por sua vez, não resistiram nos anos seguintes.

Klechowicz (2001) verificou que os maiores índices de interrupções no fornecimento de energia elétrica em decorrência de quedas de árvores em Curitiba – PR ocorrem no verão, o autor esclarece que nessa época são maiores as frequências e intensidade de ventos e chuvas convectivas na região estudada.

Ao analisar dados de vento e precipitação de duas estações meteorológicas distintas e as ocorrências de quedas de árvores no município de Piracicaba – SP, Mendes (2016) também observou uma forte correlação entre as ocorrências de queda de árvores e as velocidades de vento acima de 25 km/h, além disso, em 65,5% das ocorrências foram em ocasiões de precipitação nas 24 horas anteriores.

Após examinarem o banco de dados da Defesa Civil Municipal de Curitiba do ano de 2009, Rebolho e Scortegagna (2013) concluíram que os maiores índices de ocorrências de quedas de árvores coincidiam com os meses de ventos e chuvas intensas na região. Além disso, os autores observaram que os bairros ao Norte e Leste do município com maior elevação e distribuição de árvores apresentavam os maiores índices de queda. Souza (2013) analisou os dados de queda de árvore da Defesa Civil e Corpo de Bombeiros do mesmo município do período de 2009 a 2013 e também concluiu sobre a influência da sazonalidade no número de ocorrências.

2.2.4 Influências biológicas na queda de árvores

2.2.4.1 Do indivíduo

Bobrowski (2010) diz que a estrutura e resistência da madeira de uma árvore variam de acordo com a espécie sendo, portanto, algumas mais propensas a rupturas com simples esforços devido às baixas adaptações biomecânicas, como as coníferas por exemplo. Em geral, o autor esclarece que espécies folhosas desenvolvem estruturas e mecanismos para suportar ou distribuir os esforços solicitantes.

A queda de árvores pode ser induzida em função do próprio processo de crescimento do indivíduo, principalmente pelas condições do ambiente em volta deste, como por exemplo, o solo e a incidência de luz solar. Um exemplo é o desenvolvimento de inclinação acentuada do tronco da árvore que ocorre principalmente pelo fototropismo (GALSTON; DAVIES, 1972).

Brazolin (2009) destaca a importância de análise de inclinação do tronco, em virtude de ser um atributo importante que favorece a ruptura de indivíduos já fragilizados ou pelas cargas ao qual é submetido. Para se ter uma idéia da importância deste fator, Albers, Pokorny e Johnson (2003 apud BRAZOLIN, 2009) sugerem a remoção imediata de indivíduos arbóreos com inclinação do tronco superior a 40° ou dos alvos dentro do raio de projeção da queda desta árvore.

Outro fator importante a ser considerado é o desenvolvimento radicular do indivíduo arbóreo. Calzavara e Morais (1969) concluíram que o processo de urbanização do município de Belém criou impedimentos mecânicos e falta de aeração adequada para o crescimento das raízes de árvores plantadas em vias públicas, em especial a atrofia ou ausência de raiz pivotante. Essa condição faz com que as árvores desenvolvam raízes laterais para busca de oxigênio e equilíbrio da copa, entretanto, essa condição, por não ser a ideal em decorrência de comprometer seriamente a sustentação, propicia a queda da árvore (MENDES, 2016).

A bifurcação do tronco ou ramos codominantes⁴ são também condições indesejáveis para o equilíbrio da árvore, e é caracterizado pelo crescimento da primeira ramificação muito abaixo da copa, normalmente com ângulo que favorece o rompimento na região da forquilha (BRASIL, 1995; BRAZOLIN, 2009). Brasil (1995) afirma que a altura mínima segura para a primeira ramificação deve levar em conta a altura total do indivíduo arbóreo.

2.2.4.2 *Fitossanitários*

Problemas fitossanitários podem ser caracterizados como danos ou anormalidades causadas por agentes biológicos através da modificação da estrutura interna, externa ou relação de parasitismo que afetem a vitalidade do indivíduo arbóreo (BOBROWSKI, 2010). Entre as principais causas do declínio e morte de árvores, as doenças originadas por algumas espécies de fungos e o ataque de cupins são bastante recorrentes ou influenciam no processo (SOUSA et al., 2013).

Brazolin (2009) considera as infestações por fungos e/ou insetos como os principais responsáveis pela fragilização de árvores, pois estes agentes são responsáveis pela redução dos mecanismos de sustentação e de defesa internos e externos do indivíduo. De acordo com o autor, uma infestação de ataque leve destes agentes pode rapidamente se tornar severa ao

⁴Podem ser descritos também como ramos com dimensões muito semelhantes formados a partir da mesma posição de um tronco principal.

ponto de atacar outras áreas da árvore e até mesmo árvores em volta. Além disso, epífitas como a bromélias e ripsálias, mesmo não sendo consideradas parasitas, podem facilitar a ruptura por acrescentar peso a árvore ou ramo (Porto et al., 2013).

Brazolin et al. (2010) destacam que os fungos são capazes de alterar a estrutura anatômica celular, causando a ruptura de estruturas da árvore quando expostas a forçantes externos como vento e o próprio peso da árvore. De acordo com os autores, a deterioração do lenho por fungos apodrecedores pode estar relacionada a ocorrência de cupins devido a criação de ambientes favoráveis a proliferação.

Fostad e Pedersen (1997 apud CARMO, 2013) observaram que espécies mais adaptadas ao solo e ao clima de uma região mostraram maior suscetibilidade ao ataque de insetos. Os autores apontam que a principal causa para isso está relacionada com as práticas de manejo inadequadas. Pereira et al. (2011) concluiu que uma distribuição contínua de uma mesma espécie também favorece a disseminação de pragas ou doenças.

Leal, Bujokas e Biondi (2006) destacam que a presença de hemiparasitas⁵ como as ervas-de-passarinho também comprometem a qualidade de vida de um indivíduo arbóreo, deixando-o mais suscetível a queda. De acordo com as autoras, alguns dos efeitos causados pela presença de ervas-de-passarinho em um vegetal envolvem a interrupção e absorção de água e nutrientes do hospedeiro com conseqüente redução do vigor, aumento do peso na copa, mau funcionamento dos tecidos internos e até mesmo a predisposição do hospedeiro ao ataque de insetos ou doenças.

2.2.5 Influências antrópicas na queda de árvores

Oliveira (2016) concluiu que os principais riscos de acidentes decorrentes da queda de árvores em equipamentos ou estruturas urbanas estão relacionados com a falta de planejamento e também do manejo inadequado dos indivíduos arbóreos. Pereira et al. (2011) alerta sobre o risco da escolha de espécies semelhantes para a rápida propagação de pragas. Além disso, os danos provocados a árvore, pelo Poder Público ou população, através de cortes ou furos propiciam o ambiente ideal para infestação por fungos ou insetos (AMARAL et al., 2003 apud IPT, 2004; BRAZOLIN, 2009; MARTINS; ANDRADE; ANGELIS, 2010).

⁵É um tipo de parasita que não depende completamente do seu hospedeiro, porém utiliza recursos deste para sua sobrevivência (LEAL, BUJOKAS e BIONDI, 2006).

De acordo com Pereira et al. (2011) a queda de uma árvore pode ser resultado da perda de equilíbrio em função da falta ou de podas mal executadas pelo Poder Público, concessionárias de energia elétrica ou população, pois, uma copa desproporcional influencia negativamente na estabilidade do indivíduo. O autor salienta que as escolhas de espécies de médio ou grande porte exigem mais podas e isso reflete a falta de planejamento a médio e longo prazo.

Brasil (1995) constatou a má distribuição de árvores ao longo das vias públicas no município de Belém – PA, além de que 50% das amostras estudadas apresentavam copas deformadas. Para a autora, a má distribuição favorece o crescimento acentuado sem a estabilidade necessária decorrente da competição entre os indivíduos pela busca de luz solar.

Um relatório do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (2004) apresentado a Prefeitura de São Paulo denota que na maioria dos casos, podas e supressões são realizadas com o mero objetivo de correção imediata de algum conflito com propriedade ou estrutura urbana, ou seja, sem a preocupação com os riscos a médio e longo prazo, não só pela desestabilidade como também pela brotação de ramos epicórmicos⁶.

Martins, Andrade e Angelis (2010) observam que além da perda de equilíbrio há uma maior incidência de ataque de pragas em indivíduos que sofrem podas do tipo drástica ou de raiz. Além disso, os autores descrevem que podas de emergência que possuem formatos em “V”, furo, “L” e “U” devem ser rapidamente corrigidas em função do desequilíbrio que trazem ao indivíduo arbóreo. Além disso, podas mal executadas prejudicam ou inibem o processo de compartimentalização, processo no qual a área lesionada forma barreiras físicas e químicas para recomposição e proteção contra agentes biológicos que causam a degradação do lenho (BROBOWSKI, 2010).

Vale mencionar que além dos problemas acima descritos, a compactação e impermeabilização do solo em volta de árvores além de canteiros com pequenas dimensões são outros problemas que devem ser levados em consideração para sobrevivência e aumento da suscetibilidade a queda do indivíduo arbóreo (BRASIL, 1995; BROBOWSKI, 2010). Essa impermeabilização dificulta trocas gasosas, escoamento subterrâneo e aprofundamento da raiz (CALZAVARA; MORAIS, 1969).

⁶São ramos desenvolvidos em de forma a compensar a perda de equilíbrio entre folhas e raízes do vegetal através do estímulo de brotos epicórmicos pela não compartimentalização adequada e possuem ligação frágil com o tronco (IPT, 2004; MILANO e DALCIN, 2000 apud MARTINS, ANDRADE e ANGELIS, 2010).

2.3 GESTÃO DE RISCOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA

2.3.1 Gestão e análise de riscos

Para Sánchez (2013), risco é a possibilidade da ocorrência ou materialização de um evento indesejado que provoque danos a saúde ou a vida de indivíduos. Rowe (1987 apud MARANDOLA JR.; HOGAN, 2004) conceitua o risco como a probabilidade de uma consequência desejável ou indesejável de um dado evento.

Araújo (2012) conceitua o risco (R) como o produto da função (f) de probabilidade (P) de ocorrência do evento e a severidade ou magnitude (M) deste mesmo evento através da expressão 2.1 mostrada a seguir:

$$\mathbf{R = f(P \times M)}$$

(1)

Neste sentido, uma gestão de riscos eficaz considera algumas etapas fundamentais que envolvem o conhecimento do risco, planejamento, medidas de prevenção ou mitigação e as ações a serem tomadas durante e após a ocorrência do evento (ARAÚJO, 2012). Kuhnen (2009) também compartilha a ideia de que a compreensão de uma situação de risco é o primeiro passo para construção de uma gestão de riscos eficaz, pois através disso as propostas de resposta (mitigação, prevenção ou eliminação) são elaboradas.

Marandola Jr. e Hogan (2004) expressam que as decisões para o gerenciamento de riscos na sociedade moderna exigem o desenvolvimento de novas propostas metodológicas nas quais insiram as dimensões, características e abordagens de risco. Kuhnen (2009) considera que uma gestão de riscos deve ser pautada também no conhecimento, percepção e aceitação do risco pela população e não apenas pelo gestor.

Dessa forma, Araújo (2012) afirma que os gestores têm empregado, avaliado e modernizado as metodologias de gerenciamento de riscos para elaboração de planos de gestão e ações concernentes a prevenção e mitigação de riscos. O autor aponta que uma Análise de Riscos é uma ferramenta essencial durante a fase de planejamento de uma gestão de riscos e para tomada de decisão (ARAÚJO, 2012).

Nas palavras de Rowe (1987 apud MARANDOLA JR.; HOGAN, 2004, p. 31) o termo Análise de Risco pode ser definido como “uma ferramenta de análise política que usa uma base composta do conhecimento científico [...]”. Além disso, o autor explica que na Análise de Riscos são necessárias etapas e procedimentos que auxiliem na tomada de decisão e verificação das expectativas e aceitabilidade das consequências.

Araújo (2012) esclarece que há diversas metodologias para se averiguar os riscos de um determinado evento, cabendo a uma equipe multidisciplinar a escolha da melhor técnica, entretanto, em muitos casos é escolhido o método denominado Análise Preliminar de Riscos – APR. O autor explica que a escolha deste método possibilita uma análise baseada em critérios de riscos mais comuns de acordo com o tipo de atividade ou objeto de avaliação, possibilitando ainda a definição de categorias e tolerabilidade para o risco através de uma Matriz de Riscos.

Leinfelder (2016) explica que a matriz de riscos é a resultante de intervalos em uma tabela, na qual um grupo denominado probabilidade classificado por linhas e outro grupo denominado severidade classificado por colunas são dispostos com a finalidade de haver o cruzamento de variáveis. O autor também explica que cada organização ou profissional tem liberdade para construir a própria matriz de riscos de acordo com a realidade de seu estudo.

2.3.2 Gestão e manejo da arborização urbana

Milano e Dalcin (2000 apud MENEGHETTI, 2003) consideram que árvores localizadas ou plantadas em ambientes onde a pressão urbana é constante são mais suscetíveis ao processo denominado “declínio”, no qual em decorrência das dificuldades de adaptação do indivíduo arbóreo e de seus mecanismos de defesa, ficam mais propensos a desenvolver fases de vida mais curtas. Para evitar e reduzir as condições de declínio é necessário a aplicação correta de um manejo de arborização.

Klechowicz (2001) aponta que a ausência ou falta de execução de políticas de gestão pelo Poder Público abrem as portas para que os problemas decorrentes de uma arborização inadequada sejam ignorados ou recorram a práticas de manejo incorretas. A autora observou que as espécies com maiores frequências de queda na cidade de Curitiba – PR, no período de 1995 a 1999, foram as que o Poder Público insistia em manter o plantio regular.

Pereira et al. (2011) também constataram a negligência da gestão da arborização urbana pelo Poder Público. Os autores identificaram 81 indivíduos com risco de queda na cidade de Dois Vizinhos – PR, dentre os quais 79,5% dos indivíduos já estavam em processo avançado de apodrecimento. Outro elemento apontado como preocupante de acordo com os autores, foram as bases do tronco e as copas das árvores – que são regiões que influenciam diretamente na estabilidade da árvore – das quais 59,3% das árvores avaliadas apresentavam risco de queda devido, principalmente, a falta da aplicação de técnicas ou critérios para a poda.

Silva (2015) descreve sobre a importância de se aplicar ações de planejamento adequadas e criteriosas para a arborização urbana de uma cidade, pois, segundo o autor, o norteamento das políticas e ações para um correto manejo não só trazem benefícios e eficiência na prática de arborização e saúde do indivíduo arbóreo como também pode diminuir significativamente os custos com a sua manutenção ou reparação de danos.

Biondi e Althaus (2005 apud LIMA NETO, 2011) consideram que uma gestão adequada de arborização urbana deve levar em consideração diversos critérios técnicos, desde a seleção da espécie que deve ser compatível com o local em que é plantada até o seu constante monitoramento. Lima Neto (2011) cita a importância da realização de avaliações periódicas em termos de quantidade e qualidade de indivíduos arbóreos de uma cidade como forma de planejamento para elaboração de programas e medidas adequadas de gerenciamento em longo prazo.

Salomão et al. (2003) concluem que a inexistência de instrumentos orientadores quanto a escolha de espécies utilizando critérios de adequação ao espaço do município de Belém favorece não apenas a degradação estética da paisagem como também a ocorrência de danos as ruas, calçadas, etc. Através de estudos elaborados pelos autores, espécies como *Moringa pterigosperma*, *Parkia platycephala*, *Heterostemon ellipticus*, entre outras seriam as mais adequadas para arborização viária no município de Belém.

2.3.3 Utilização do geoprocessamento no gerenciamento da arborização urbana

O manejo e monitoramento da arborização urbana geralmente exigem uma grande quantidade de recursos financeiros para compra e manutenção de equipamentos, veículos e mão de obra, além do tempo necessário para averiguação de diversos parâmetros. Desta

forma, em muitos países, incluindo o Brasil, tem buscado tecnologias que reduzam estes custos e aumentem as eficiências das ações (LIMA NETO, 2011).

Neste sentido, Lima Neto (2011) cita que o uso de geotecnologias, entre elas o geoprocessamento que tem contribuído como ferramenta essencial para planejamento e escolha das ações adequadas. Segundo o autor, a coleta, armazenamento e detalhamento de informações em tempo útil propiciam uma maior eficiência na gestão das informações de cada indivíduo arbóreo.

Silva et. al (2016) aponta que a possibilidade de atualização das informações é uma das principais vantagens da utilização do geoprocessamento. Lima Neto (2011) relata também outras vantagens como o grande volume de dados, possibilidade de filtragem de informações, análise de dados, além da combinação com outras informações de campo pertinentes.

Além disso, IPT (2004) ressalta que a possibilidade do cruzamento de informações de indivíduos arbóreos com os locais que apresentam maiores índices de queda de árvores como forma de tentar identificar algum motivo em comum para a queda. Mendes (2016) relata que na cidade de São Paulo, por exemplo, há um mapeamento de quedas de árvores desde 2003, sendo essa uma ferramenta de grande relevância para o manejo.

Pereira et al. (2011) observa a importância da elaboração de um mapa de risco como forma de monitoramento de indivíduos arbóreos que ofereçam dano potencial. De acordo com o autor, a simples avaliação visual e inserção das informações obtidas em um mapa contribuem significativamente para uma tomada de decisão mais eficaz, podendo reduzir significativamente os custos com as ações de manejo.

Silva (2016) complementa que a utilização do geoprocessamento permite ao gestor a obtenção individualizada das informações de cada árvore, favorecendo a detecção imediata de possíveis conflitos com a rede elétrica, ruas ou avenidas, edifícios e calçadas. Para o autor, a utilização dessa ferramenta torna mais rápido o processo de tomada de decisão pelos gestores.

2.4 AVALIAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES

Meneghetti (2003) diz que uma análise de risco de queda de árvores deve estar pautada na verificação dos diversos itens físicos internos e externos do indivíduo arbóreo. Brazolin (2009) menciona que os métodos mais comuns de avaliação de risco de quedas de

árvores são os métodos que envolvem a análise visual externa e a análise estrutural (interna) do indivíduo.

Rollo (2009) afirma que uma desejável avaliação do risco de queda de árvores envolve etapas de análise visual externa, avaliação estrutural interna, estabelecimento de critérios para avaliação do risco de queda ou ruptura e a tomada de decisão quanto ao manejo. Vale mencionar que embora o gestor utilize das técnicas e metodologias de avaliação de risco de queda de árvores, a possibilidade de que não haja nenhum risco em áreas urbanas é quase nula, pois as possibilidades e circunstâncias que favorecem a queda são inúmeras, entretanto, as ferramentas de avaliação aumentam a precisão da probabilidade e consequências, cabendo ao gestor a redução, prevenção, mitigação ou até eliminação do risco (BRAZOLIN, 2009; BOBROWSKI, 2010).

2.4.1 Métodos de avaliação estrutural interna

Rollo (2009) destaca que o método de análise estrutural interna tem o objetivo de verificar de forma mais detalhada a porcentagem de tecido interno afetado por apodrecimento, sendo identificado através do volume ocupado por tecido não lenhoso ou partes ocas. O autor destaca que os cálculos levam em consideração principalmente a diferença entre o diâmetro do tronco sadio e o volume deteriorado. O autor também cita alguns instrumentos e métodos utilizados para inspeção de árvores, dentre eles os não destrutivos (martelo, medidores lineares de estresse cronometrado e tomografia) e “quase não destrutivos”⁷ (sonda de *pressler*, penetrômetro e medidores de condutividade elétrica).

A utilização de métodos de avaliação interna é de grande importância, pois apresentam um panorama das condições de um indivíduo arbóreo e o grau de resistência aos diversos esforços solicitantes tais como flexão, torção, cisalhamento e forças transversais (BOBROWSKI, 2010). Todavia, a utilização de equipamentos para avaliação interna de indivíduos arbóreos pode ser impraticável como nas situações de grande demanda geradas pela população, por isso, esta avaliação pode ser utilizada como medida complementar após análise visual externa (ROLLO, 2009; BOBROWSKI, 2010).

⁷Para Nicolotti et al. (2003 apud ROLLO, 2009), embora muitas literaturas especializadas utilizem a denominação de “inspeções não destrutivas”, em alguns casos as sondas e eletrodos são inseridos dentro da árvore.

2.4.2 Métodos de avaliação visual externa

Brasil (1995), IPT (2004), Brazolin (2009), ISA (2013) e Bobrowski (2016) reconhecem a importância de uma avaliação da condição geral de uma árvore através de verificação visual externa. Para os autores, quando não se dispõe de instrumentos eletrônicos e/ou quando há uma grande quantidade de árvores para se avaliar, um protocolo torna o processo mais viável e permite uma tomada de decisão quanto ao manejo mais adequado para cada indivíduo ou até mesmo a necessidade de complementação através de uma análise interna. Em decorrência dos custos e tempo envolvidos em uma análise estrutural interna de uma árvore, as prefeituras municipais na grande maioria dos casos adotam o método de análise visual (BOBROWSKI, 2016).

Embora haja certo grau de subjetividade na utilização de métodos visuais de avaliação, é possível criar ou adaptar um protocolo que atenda de forma padronizada deformidades estruturais ou más condições fitossanitárias visíveis. Independente dos itens que serão ponderados é imprescindível o avaliador considerar a presença de insetos e parasitas, condição de sustentação do tronco e deformidades na copa (BOBROWSKI, 2016).

Partindo da premissa de identificar e elaborar métodos padronizados e de fácil identificação pela população, a Sociedade Internacional de Arboricultura - ISA (2013) publicou uma cartilha contendo os principais defeitos estruturais e fitossanitários em indivíduos arbóreos. Dentre eles, destacam-se a inclinação acentuada, sinais de poda inadequada, raízes expostas, presença de fungos e insetos, rachaduras e/ou bifurcação no tronco, ramos epicórmicos, entre outros.

Para avaliar o estado qualitativo de árvores no município de Belém – PA, Brasil (1995) levou em consideração o grau de infestação por fungos ou parasitas, insetos, formato da copa, deformações no tronco, condições das raízes e ângulo de inclinação. De acordo com a autora, a avaliação destes itens é essencial não apenas para uma avaliação adequada, como também para a indicação de medidas apropriadas para redução de riscos de cada indivíduo.

2.4.3 Considerações sobre metodologias de avaliação visual

Bobrowski (2016) observa que algumas das metodologias de avaliação visual de risco de queda de árvores criadas ou adaptadas por diversos autores, apresentam falhas que podem comprometer a tomada de decisão, como por exemplo, verificação apenas de

informações dendrométricas (Altura total, forma da copa, Diâmetro da Altura do Peito – DAP), atribuição de mesmo peso aos diferentes itens de avaliação, falta de averiguação de alvos adjacentes como pessoas ou propriedades. De acordo com o autor, a maioria dos critérios estabelecidos envolve apenas aspectos probabilísticos ou, em alguns casos, emocionais.

Entretanto, Sampaio (2010) afirma que o risco de queda de um indivíduo arbóreo em via pública deve ser diretamente proporcional as condições ou probabilidade desta árvore atingir direta (ex.: ferimentos ou morte de pessoas) ou indiretamente (ex.: interrupção no fornecimento de água ou energia elétrica, danos ao patrimônio público ou particular) uma ou mais pessoas. Bobrowski (2010) afirma que para que exista o risco, é necessária a existência de um ou mais alvos no raio de projeção de queda de uma árvore, permitindo assim, que o avaliador pondere sobre a aceitabilidade ou não do risco.

Conceição (2015) salienta que embora o Diâmetro a Altura do Peito – DAP não induza a queda do indivíduo arbóreo, diâmetros superiores a 1 (um) metro podem trazer sérios danos materiais ou a vida humana caso esta queda venha a acontecer. Além disso, o autor adverte sobre o aumento do risco de vítimas ou danos em função da altura total da árvore, uma vez que esta é diretamente proporcional a área de impacto.

Pereira et al. (2011) destaca sobre a importância da inclusão de aspectos relacionados ao tráfego local como fator agravante. De acordo com o autor, ruas movimentadas, áreas comerciais e Pólos Geradores de Tráfego - PGT⁸ aumentam o grau de risco em função da possibilidade de um maior número de vítimas em caso de queda do indivíduo arbóreo. Bobrowski (2010) ressalta que nesses locais além do maior número de alvos, maiores também serão os custos com reparações ou indenizações. Albers, Pokorny e Johnson (2003 apud BOBROWSKI, 2010) citam como exemplos as rotas de acesso a hospitais e escolas, residências, ruas e pontos de ônibus com tráfego intenso e acessos de veículos e pedestres como locais de maior preocupação.

⁸Pólos Geradores de Tráfego – PGT ou Pólos Geradores de Viagens – PGV são edificações, instalações ou empreendimentos que atraem um grande número de pessoas por oferecer bens ou serviços, causando maior circulação de pessoas ou veículos no entorno (MANFIO, 2015).

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Belém, capital do estado do Pará, está localizado na mesorregião Metropolitana de Belém e microrregião de Belém, nas coordenadas 01°28'22"S e 48°30'53"W, possui uma área total de 1.059,458 km² e está limitado ao norte com os municípios de Santo Antônio do Tauá e Cachoeira do Arari, ao leste com os municípios de Ananindeua, Marituba e Santa Bárbara, ao sul com o município de Acará, e a oeste com o município de Ponta de Pedras e Barcarena, possuindo uma população estimada de 1.393.399 habitantes, sendo considerado o município mais populoso do estado do Pará de acordo com o censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em 2010. O município também possui 08 divisões administrativas⁹ sendo discriminadas no Quadro 01:

Quadro 01 – Divisões Administrativas do município de Belém.

Distrito Administrativo	Bairros
Mosqueiro (DAMOS)	Aeroporto, Ariramba, Baía do Sol, Bonfim, Caranduba, Caruará, Chapéu Virado, Farol, Mangueiras, Maracajá, Marahú, Murubira, Natal do Murubira, Paraíso, Porto Arthur, Praia Grande, São Francisco, Sucurijuquara e Vila.
Outeiro (DAOUT)	Água Boa, Brasília, Itaiteua e São João de Outeiro.
Icoaraci (DAICO)	Águas Negras, Agulha, Campina de Icoaraci, Cruzeiro, Maracacuera, Paracuri, Parque Guajará, Ponta Grossa e Tenoné.
Bengui (DABEN)	Bengui, Cabanagem, Parque Verde, Pratinha, São Clemente, Tapanã e Una.
Entroncamento (DAENT)	Águas Lindas, Aurá, Castanheira, Curió-Utinga, Gunabara, Mangueirão, Marambaia, Souza, Val-de-Cans, Universitário.
Sacramenta (DASAC)	Barreiro, Fátima, Maracangalha, Miramar, Pedreira, Sacramento, Telégrafo.
Belém (DABEL)	Batista Campos, Campina, Cidade Velha, Nazaré, Reduto, São Brás, Umarizal e Marco
Guamá (DAGUA)	Canudos, Condor, Cremação, Guamá, Jurunas e Terra Firme.

Fonte: PMB (2011).

⁹De acordo com a Lei Municipal de Belém n° 7.682 de 05 de Janeiro de 1994, Distrito Administrativo consiste no agrupamento de bairros de Belém que possuem características locais ou de urbanização em comum, cujo objetivo é atendimento integrado de políticas de planejamento e gestão, considerando a realidade local.

De forma geral, os solos do município são predominantemente do tipo latossolo amarelo, seguido por Gleissolos e solos aluviais (PMB, 2011). A vegetação é predominantemente secundária ou capoeira, principalmente em virtude da crescente taxa de ocupação urbana e desmatamento, resistindo apenas alguns fragmentos com funções e estruturas alteradas, desprovidas de condições adequadas de sobrevivência (PMB, 2011). Em termos de arborização urbana, o censo do IBGE do ano de 2010 apontou que 22.3% de domicílios estão localizados em vias públicas arborizadas.

Na classificação de Köppen, o município possui o tipo climático Am no qual é caracterizado por altas temperaturas (temperaturas máximas em torno de 31,5°C e mínimas em torno de 22°C) e elevada pluviosidade anual (médias anuais de 2.858,7mm), com períodos de alta precipitação de dezembro a maio, e baixa precipitação de junho a novembro (SILVA JUNIOR, 2012). Essas condições de umidade e temperatura favorecem a formação de áreas de instabilidade e o desenvolvimento de nuvens convectivas, como por exemplo, a cumulonimbus, responsável por fortes chuvas, rajadas de vento muito fortes, e descargas elétricas (BASTOS et. al., 2002). Além disso, outros sistemas atmosféricos favorecem a alteração no regime pluviométrico e influenciam eventuais desvios das condições climáticas anuais, como por exemplo, a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, responsável pelo acréscimo significativo de precipitações em decorrência da criação de uma área de evaporação e evapotranspiração de superfícies oceânicas e algumas extensões continentais (MOURA; VITORINO, 2012).

O estudo de avaliação qualitativa de indivíduos arbóreos ocorreu no bairro de Nazaré, Distrito Administrativo de Belém, limitado ao norte pelos bairros do Reduto e Umarizal, ao leste pelo bairro de São Braz, ao sul pelos bairros da Cremação e Batista Campos e a oeste pelo bairro da Campina, e possui uma área de 1,5132 km² (PMB, 2011). De acordo com o IBGE (2010), o bairro de Nazaré, em 2010, possuía uma população estimada de 20.504 residentes.

A escolha deste bairro ocorreu em função de maior¹⁰ quantitativo e distribuição de canteiros e indivíduos arbóreos para avaliação (PMB, 2011), além de possuir o maior quantitativo de calçadas arborizadas do município (SILVA, 2015). A escolha dos trechos para aplicação da avaliação foi definida com o auxílio do software *Google Earth*, no qual foram

¹⁰Segundo maior quantitativo de distribuição de logradouros, praças e áreas verdes levando em consideração os Distritos Administrativos (PMB, 2011).

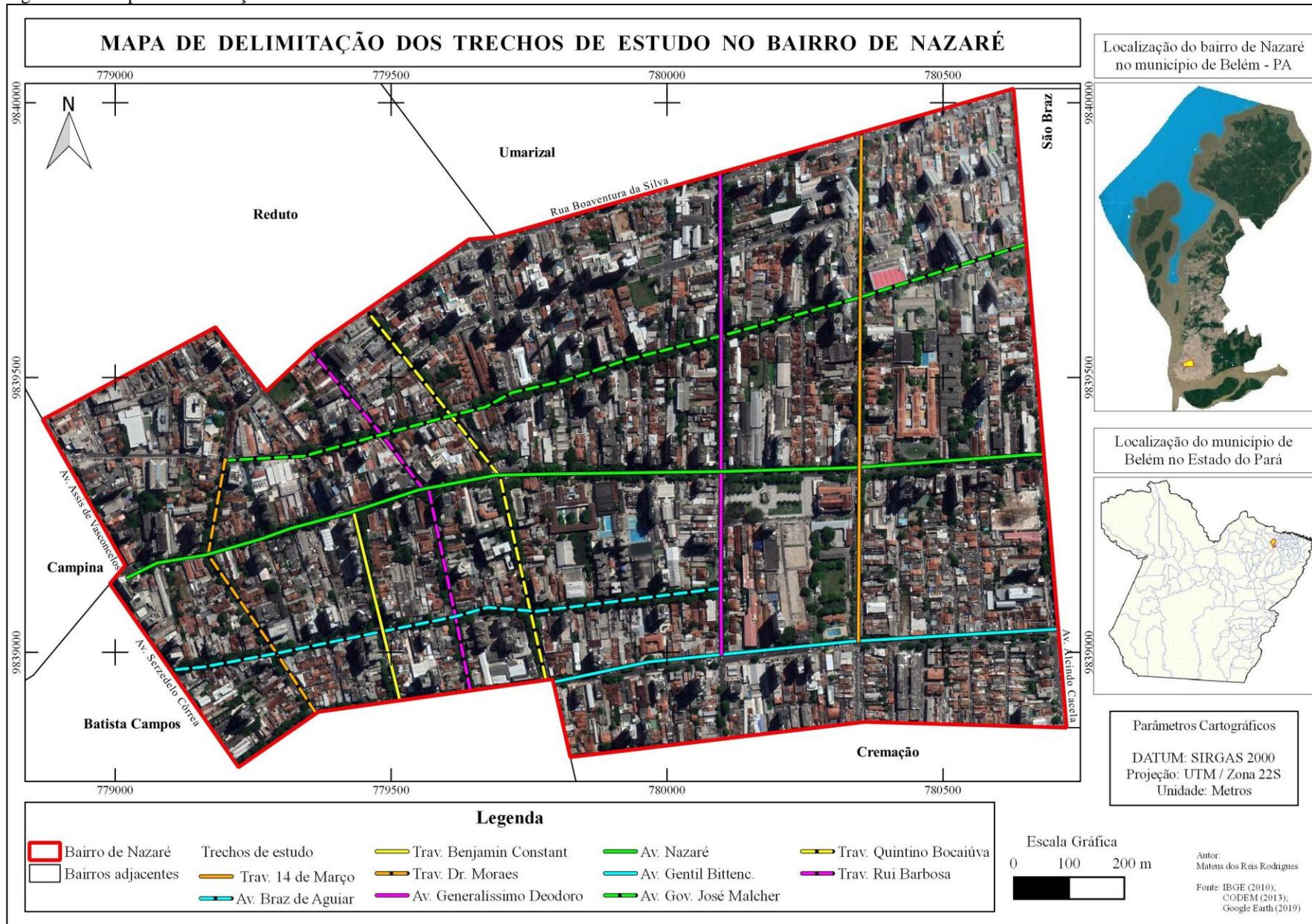
levados em consideração os limites geográficos do bairro e a densidade de indivíduos arbóreos ao longo de toda a via, em um total de aproximadamente 9,02 km. Os trechos de estudo estão discriminados no Quadro 02, e em seguida é apresentado o mapa de delimitação de estudo (Figura 02):

Quadro 02 – Delimitação dos trechos de estudo.

Trecho de estudo	Limite	Distância do trecho
Avenida Governador José Malcher	Avenida Alcindo Cacela até Travessa Benjamin Constant	≈ 1,45km
Avenida Nazaré	Avenida Alcindo Cacela até Avenida Assis de Vasconcelos	≈ 1,66km
Avenida Comandante Braz de Aguiar	Avenida Serzedelo Côrrea até Avenida Generalíssimo Deodoro	≈ 980m
Avenida Generalíssimo Deodoro	Rua Boaventura da Silva até Avenida Gentil Bittencourt	≈ 850m
Travessa 14 de Março	Rua Boaventura da Silva até Avenida Gentil Bittencourt	≈ 890m
Travessa Quintino Bocaiúva	Avenida Gentil Bittencourt até Rua Boaventura da Silva	≈ 750m
Travessa Rui Barbosa	Avenida Gentil Bittencourt até Rua Boaventura da Silva	≈ 690m
Travessa Benjamin Constant	Avenida Gentil Bittencourt até Avenida Nazaré	≈ 350m
Travessa Dr. Moraes	Avenida Gentil Bittencourt até Avenida Governador José Malcher	≈ 500m
Avenida Gentil Bittencourt	Travessa Quintino Bocaiúva até Avenida Alcindo Cacela	≈ 900m

Fonte: Autor do trabalho (2018).

Figura 02 – Mapa de delimitação dos trechos de estudo no bairro de Nazaré.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

3.2 DADOS UTILIZADOS

Foram coletadas informações referentes a queda natural de árvores no município de Belém, através de consultas a jornais eletrônicos do estado do Pará, caderno de ocorrências do Bosque Rodrigues Alves Jardim Zoológico da Amazônia e análise de relatórios de ocorrências solicitadas ao Centro Integrado de Operações – CIOP (Anexo A – Ofício nº 69/2019), departamento responsável pelo atendimento e registro de solicitações de ocorrências desta e de outras naturezas, e posterior encaminhamento ao órgão de atendimento competente como Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, emergência médica, etc. Foram disponibilizadas as ocorrências do período de janeiro de 2011 a dezembro de 2018.

Além disso, foram obtidas séries históricas diárias e mensais de precipitação do município de Belém no banco de dados meteorológicos disponíveis no sítio eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET¹¹, além de séries históricas de velocidade média máxima, direção e rajadas de vento, medidas de hora em hora obtidas pela estação meteorológica do Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Belém – DTCEA-BE¹², localizada no Aeroporto Internacional de Belém, situado no bairro Val-de-Cães. A busca de dados enfocou nas informações disponibilizadas do período de dados fornecidos pelo CIOP, ou seja, de 01 de janeiro de 2011 a 31 de dezembro de 2018.

3.3 ELABORAÇÃO DO FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO VISUAL EXTERNA

Para análise de risco de queda de árvores utilizou-se o método de avaliação visual externa com a utilização de formulário contendo os principais itens observados em inspeções visuais externas de árvores. Este formulário foi adaptado com base em formulários elaborados por Brasil (1995), Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT (2004) e Sampaio et al. (2010), além das condições de risco citadas por Brazolin (2009), Bobrowski (2010), Martins, Andrade e Angelis (2010) e ISA (2013). A seguir é apresentada a descrição dos itens avaliados:

¹¹INMET. Séries históricas de precipitação. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 22 de mar. de 2019.

¹²DTCEA-BE. Séries históricas de velocidade e direção do vento. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/organizacoes/mostra/130/destacamento%20de%20controle%20do%20espa%c3%87o%20a%c3%89reo:%20be1%c3%89m>>. Acesso em 26 de mar. de 2019

I. Condições Estruturais

a) Danos a copa: Visualização de deformações na copa decorrente de manejo inadequado. Para este estudo foi verificada a existência de Brotações/Ramos Epicórmicos (Figura 03), poda em “V” (Figura 04) ou desproporcional (Figura 05) e a poda drástica ou poda de raiz (Figura 06).

Figura 03 – Exemplo de brotações epicórmicas.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

Figura 04 – Exemplo de poda em “V”.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

Figura 05 – Exemplo de copa desproporcional.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

Figura 06 – Exemplo de poda drástica.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

b) Ramos codominantes: Constatação de bifurcação do tronco principal ou de ramos que apresentavam circunferência semelhante ao tronco principal, formados abaixo de 40% da altura total do indivíduo (Figura 07).

Figura 07 – Exemplo de bifurcação no tronco.



Fonte: Autor (2018).

c) Inclinação do tronco: Medição do maior ângulo formado pelo tronco em relação ao eixo perpendicular do pavimento de circulação (calçada ou rua). Para esta aferição foi utilizado o aplicativo para dispositivo Android denominado *Clinometer*, versão 2.4, desenvolvido e disponibilizado gratuitamente em 2016 pela PlainCode. Foram estabelecidos quatro intervalos de inclinação, com base no grau crescente de suscetibilidade a queda ($\theta \leq 15^\circ$; $15^\circ < \theta \leq 25^\circ$; $25^\circ < \theta < 40^\circ$ e $\theta \geq 40^\circ$).

d) Raiz Exposta: Visualização do afloramento de raízes (Figura 08).

e) Sufocamento: Verificação de ausência de espaço livre em volta da base do tronco devido à impermeabilização por asfalto ou concreto (Figura 09).

Figura 08 – Afloramento de raízes.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

Figura 09 – Condições de sufocamento.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

II. Condições Fitossanitárias

a) Presença de fungos ou parasitas: Observação da presença de fungos ou hemiparasitas na base do tronco e copa da árvore. Para este trabalho foram adotados os seguintes critérios:

i) Foi verificado se na base do tronco ou dentro do canteiro havia ou não a presença de corpos-de-frutificação (cogumelo, orelhas-de-pau, bolor, etc.);

ii) No tronco e parte aérea foi verificada o grau de infestação por ervas-de-passarinho, através das seguintes considerações: Grau Leve: Quando a infestação é inferior a copa do hospedeiro (até 20%); Grau Moderado: Quando a infestação é superior 20% da copa do hospedeiro ou igual a metade (20%-50%); Grau Severo: Quando a infestação é superior a copa do hospedeiro (superior a 50%);

iii) Epífitas em excesso (distribuídas de forma superior a copa do hospedeiro) também foram levadas em consideração, em especial as bromélias e ripsálias, sendo atribuída como infestação moderada.

- Nos casos em que foi observada a presença de parasitas e epífitas em um mesmo indivíduo arbóreo, sempre foi levado em consideração o maior grau atribuído a um destes;
- No caso de infestações Moderadas de epífitas e de parasitas em um mesmo indivíduo arbóreo foram atribuídas o Grau Severo;

b) Presença de insetos: Verificação referente a indícios da presença de cupins ou formigas na base do tronco e no tronco (considerando o tronco e ramos da copa). Sendo classificados:

- Grau Leve: Até 20% da área externa da árvore sob infestação;
- Grau Moderado: 20 a 50% da área externa da árvore sob infestação;
- Grau Severo: Acima de 50% da área externa da árvore sob infestação.

c) Necrose na raiz ou base do tronco: Verificação de indícios de apodrecimento na base do tronco ou raiz (se exposta). ISA (2013) define que os principais indícios são a presença de cavidades, rachaduras ou cascas que se soltam facilmente, corpos-de-frutificação ou porções granuladas escurecidas de madeira próximas a base do tronco (Figura 10).

d) Deterioração no tronco: Verificação dos indícios anteriormente mencionados (letra c do item II) no tronco (Figura 11);

Figura 10 – Indícios de necrose na base do tronco.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

Figura 11 – Tronco deteriorado.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

e) Danos físicos ou condições irregulares: Referente a danos físicos no indivíduo arbóreo, sendo classificados:

- i) Externos: Pintura da base do tronco, Furos e/ou rachaduras ocasionadas por ação humana;
- ii) Internos: Ramos quebrados ou dependurados.

III. Dendrometria

a) Circunferência à Altura do Peito – CAP: Refere-se ao perímetro do tronco do indivíduo medido a altura de 1,30 m do solo. Foi medido com a utilização de uma trena.

b) Diâmetro da Altura do Peito – DAP: Obtido através da divisão da CAP por π (Pi), para este estudo foi adotado o valor de 3,14 para π .

c) Altura Total (h): Estimativa da medida da base do tronco até o final da copa, para indicação do porte do indivíduo arbóreo de acordo com o Manual de Orientação Técnica da Arborização Urbana de Belém (PORTO et al., 2013). A altura total de cada indivíduo arbóreo foi obtida com o auxílio do aplicativo para celular *Smart Measure*, versão 1.6, desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pela Smart Tools Corporation, no qual utiliza princípios trigonométricos para estimativa de altura, apresentando bom desempenho e precisão para estimativa da altura total em terrenos planos (BRITO NETO; BARRETO; PRADO, 2016; HARFOUCHE et al., 2019).

IV. Possíveis Alvos

a) Rede elétrica: Refere-se a localização da rede elétrica (baixa e alta tensão) em relação a copa da árvore. Neste estudo foram categorizadas redes elétricas acima da copa, entre a copa, abaixo da copa e ausência de fiação elétrica na imediação.

b) Tráfego Local: Verificação de prejuízos ou possíveis alvos que poderão ser atingidos se houver a ocorrência de queda da árvore avaliada. O preenchimento deste item foi feito em campo através de observações e também conferido com a utilização da ferramenta “lugares” do *Google Earth*. Sendo classificados da seguinte forma:

- Pequenas aglomerações: Trecho predominantemente residencial e com pouca movimentação de pedestres e veículos;
- Médias aglomerações: Trecho comercial com movimentação regular (ex.: Garagem/Estacionamento, prédio comercial, igreja).
- Altas aglomerações: Trecho com movimentação constante e predominantemente comercial ou atendimento ao público em geral (Ex.: Órgão Público, Supermercado, Ruas e pontos de ônibus com tráfego intenso).
- Serviços: Trecho que além de apresentar movimentação constante, são apontados como locais de maior preocupação em decorrência da possibilidade de suspensão/interrupção de serviços essenciais e maior número de vítimas (Ex.: Shopping, terminal rodoviário, trecho de acesso a hospitais e/ou escolas).

Também foram atribuídas pontuações para cada item analisado através de adaptação da proposta apresentada por Sampaio et al. (2010). Além disso, os itens de avaliação definidos anteriormente foram divididos em dois grupos: **Probabilidade** (Associado aos indícios de danos ou deformidades estruturais que podem influenciar na suscetibilidade de queda do indivíduo arbóreo) e **Severidade** (Associado aos danos ou efeitos colaterais ocasionados em levando em conta as dimensões do indivíduo arbóreo e alvos que podem ser afetados em uma eventual queda deste). Os Quadros 03 e 04 apresentam os itens de avaliação em seus respectivos grupos de severidade e probabilidade e as respectivas pontuações atribuídas.

Quadro 03 – Classificação e valoração dos itens de avaliação visual do grupo Severidade.

Grupo	Item	Classificação	Pontuação atribuída
Severidade	Altura (h)	Arbusto ($h \leq 3m$) – A	1
		Pequeno Porte ($3m < h \leq 6m$) – PP	2
		Médio Porte ($6m < h \leq 12m$) – MP	3
		Grande Porte ($12m < h \leq 24m$) – GP	4
		Porte Muito Grande ($h > 24m$) – MG	5
	Circunferência a altura do Peito - CAP	$CAP \leq 1m$	1
		$1m < CAP \leq 2m$	2
		$2m < CAP \leq 3m$	3
		$CAP > 3m$	4
	Rede Elétrica	Acima da copa – AC	0
		Nenhuma – N	0
		Entre a copa – EC	2
		Abaixo da copa – AB	2
	Tráfego Local	Pequenas aglomerações – P	1
		Médias aglomerações – M	2
		Altas aglomerações – A	3
Ocorrência em pico – S		4	

Fonte: adaptado de Sampaio et al. (2010).

Quadro 04 – Classificação e valoração dos itens de avaliação visual do grupo Probabilidade.

Grupo	Seção	Item	Classificação	Pontuação atribuída
Probabilidade	Base do tronco ou raiz	Necrose	Sim – S	3
			Não – N	0
		Raiz exposta	Sim – S	1
			Não – N	0
		Fungos	Sim – S	1
	Não – N		0	
	Sufocamento	Sim – S	1	
		Não – N	0	
	Infestação por insetos	Leve – L	1	
		Moderada – M	2	
		Severa – S	4	
	Tronco e copa	Inclinação do tronco	$\theta \leq 15^\circ$ - 1	0
			$15^\circ < \theta \leq 25^\circ$ - 2	2
			$25^\circ < \theta < 40^\circ$ - 3	6
			$\theta \geq 40^\circ$ - 4	10
		Infestação por insetos	Leve – L	1
			Moderada – M	2
			Severa – S	4
		Infestação por hemiparasitas	Leve – L	1
Moderada – M			2	
Severa – S			3	
Ramos codominantes		Sim – S	2	
		Não – N	0	
Deterioração no tronco		Sim – S	2	
	Não – N	0		
Deformação na copa ou raiz	Aparentemente equilibrada – E	0		
	Ramos epicórmicos – I	1		
	Em “V” ou desproporcional – D	2		
	Poda de raiz ou drástica – V	3		
Injúrias ou danos	Nenhuma – N	0		
	Pintura, furos ou rachaduras – E	1		
	Ramos quebrados ou dependurados – I	2		

Fonte: adaptado de Sampaio et al. (2010).

Em seguida foi realizado o trabalho de campo, que consistiu no preenchimento do formulário de campo (Apêndice A) de avaliação de cada árvore localizada nos canteiros públicos¹³ dos trechos de estudo (Figura 02). Além do preenchimento do formulário, foram realizados registros fotográficos com auxílio de dispositivo celular e georreferenciamento de cada indivíduo arbóreo com o auxílio de GPS *Garmin Oregon 650*. Para que não houvesse desarranjo e comprometimento com as árvores já avaliadas, foi realizada primeiramente a avaliação das árvores situadas em apenas um lado do trecho até o limite deste, fazendo o caminho inverso do outro lado da via até o limite inicial.

Em seguida, é apresentada metodologia de cálculo das pontuações referente aos itens avaliados em campo e também para determinação do grau de risco.

O cálculo da pontuação geral para o grupo Probabilidade é dado pela equação 3.2:

$$\Sigma_{\text{Prob}} = ((N + \text{Re} + \text{FP}_b + S + \text{I}_b) + (\theta + \text{I}_t + \text{I}_h + \text{RC} + \text{D} + \text{DC}) + \text{ID}) \quad (2)$$

Sendo

N = Pontuação atribuída ao item Necrose;

Re = Pontuação atribuída ao item Raiz Exposta;

FP_b = Pontuação atribuída ao item Fungos na base do tronco;

S = Pontuação atribuída ao item Sufocamento;

I_b = Pontuação atribuída ao item Infestação de insetos na base do tronco;

θ = Pontuação atribuída ao item Inclinação do tronco;

I_t = Pontuação atribuída ao item Infestação de insetos no tronco e na copa;

I_h = Pontuação atribuída ao item Infestação por hemiparasitas;

RC = Pontuação atribuída ao item Ramos Codominantes;

D = Pontuação atribuída ao item Deterioração no tronco;

DC = Pontuação atribuída ao item Deformação na copa ou raiz;

ID = Pontuação atribuída ao item Injúrias ou danos;

¹³Espaços delimitados pela Prefeitura Municipal de Belém reservados para arborização urbana.

De acordo com o resultado da equação 3.2, é estabelecida uma categoria de Probabilidade, conforme apresentado no Quadro 05:

Quadro 05 – Categorias do grupo Probabilidade.

Pontuação obtida	Categoria	Descrição
Até 7 pontos	Muito Remota	Árvore visualmente saudável
8 a 11 pontos	Remota	Árvore com indícios iniciais de danos
12 a 15 pontos	Improvável	Árvore com indícios de danos ou deformidades estruturais em nível moderado
16 a 19 pontos	Provável	Árvore com indícios graves de danos ou deformidades estruturais
Acima de 19 pontos	Muito Provável	Árvore com alta suscetibilidade ou iminência de queda

Fonte: adaptado de Sampaio et al. (2010) e Santos (2017).

O cálculo da pontuação geral para o grupo Severidade é dado pela equação 3.3:

$$\Sigma_{Sev} = (h + CAP) + (R + T) \quad (3)$$

Sendo:

h = Pontuação atribuída ao item altura total do indivíduo arbóreo;

CAP = Pontuação atribuída ao item Circunferência a Altura do Peito;

R = Pontuação atribuída ao item Rede Elétrica;

T = Pontuação atribuída ao item Tráfego Local.

De acordo com o resultado da equação 3.3, é estabelecida uma categoria de Probabilidade, conforme apresentado no Quadro 06:

Quadro 06 – Categorias do grupo Severidade.

Pontuação obtida	Categoria	Descrição
3 a 6 pontos	Desprezível	Danos leves em função das baixas dimensões do indivíduo arbóreo ou menor movimentação.
7 a 9 pontos	Marginal	Danos ou efeitos colaterais moderados em função das dimensões do indivíduo arbóreo e/ou número de alvos.
10 a 12 pontos	Crítica	Danos relevantes a estruturas, patrimônio e pessoas em função das dimensões do indivíduo arbóreo, raio de projeção e número de vítimas ou serviços afetados.
Acima de 12 pontos	Catastrófica	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) e Santos (2017).

Para a determinação do grau de risco foi utilizada a metodologia de avaliação através da Matriz de Riscos, ferramenta utilizada em Análise Preliminar de Riscos – APR. A escolha foi motivada pela vasta aplicação desta técnica na análise inicial de riscos de várias naturezas, permitindo ao avaliador/gestor a definição de riscos que demandam priorização (SANTOS, 2017). A análise de risco, por este método, consiste na intersecção da categoria Probabilidade com a categoria Severidade – obtidas após o cálculo – em uma Matriz de Riscos (Quadro 07) responsável pela definição de uma escala de risco para cada indivíduo arbóreo que varia de I a V (algarismos romanos), além de um índice de auxílio para tomada de decisão quanto à priorização e tipo de ação mais adequada para o gerenciamento (Quadro 08):

Quadro 07 – Matriz de Riscos.

<i>Análise de Risco</i>		SEVERIDADE			
		Desprezível	Marginal	Crítica	Catastrófica
PROBABILIDADE	Muito Remota	I	I	I	II
	Remota	I	I	II	III
	Improvável	I	II	III	IV
	Provável	II	III	IV	V
	Muito Provável	III	IV	V	V

Fonte: adaptado de Amorim (2012 apud RODRIGUES e PANTOJA, 2012).

Quadro 08 – Índice de auxílio para tomada de decisão.

	Tipo de Risco	Nível de ações
I	Trivial	Não necessita de ações especiais.
II	Tolerável	Aceitável, necessitando de ações pontuais.
III	Moderado	Requer aplicação de medidas de curto ou médio prazo para redução de riscos.
IV	Severo	Requer aplicação imediata de medidas emergenciais de redução ou eliminação do risco
V	Intolerável	Risco inadmissível, se não for possível a redução imediata para nível tolerado, deve ser eliminado.

Fonte: Souza (2010 apud SANTOS, 2017).

3.4 PROCESSAMENTO DE DADOS E ANÁLISE GEOESPACIAL

Os dados históricos de quedas de árvore e as séries históricas de precipitação e vento foram tabulados em planilha eletrônica própria, sendo esta denominada Planilha 01. As informações obtidas em trabalho de campo foram tabuladas em planilha eletrônica separada, sendo esta denominada Planilha 02. Em seguida foram aplicados os cálculos estatísticos.

Em decorrência da ampla variedade de informações fornecidas pelo CIOp, tais como ocorrências de queda de árvores em outros municípios, solicitações de avaliação ou remoção de árvores de “risco”¹⁴ ou em decorrência de fatores não naturais como colisão de veículo e tentativa de poda foi necessária uma pré-filtragem e seleção de dados apenas para os critérios deste estudo. Em casos de solicitações repetidas, ou seja, mesmo local e data, utilizou-se apenas o primeiro registro, considerando ser o mais próximo do real horário da queda, sendo os demais excluídos. Além disso, foi realizado o cruzamento das variáveis de precipitação com os dias de ocorrência da queda do indivíduo arbóreo. Após filtragem, os dados da Planilha 01 foram agrupados, conforme Quadro 09:

Quadro 09 – Modelo de planilha obtida após tabulação de dados documentais e séries históricas.

Dia	Hora	Precipitação	Vento	Direção	Rajada	Local	Tipo	Perímetro	Bairro	Danos

Fonte: Autor do trabalho (2018).

Onde,

- a) Data da ocorrência: Contendo as informações de dia, mês e ano da ocorrência de queda do indivíduo arbóreo;
- b) Hora: Horário correspondente a solicitação de remoção da árvore caída e não ao horário real da queda;
- c) Precipitação: Corresponde ao valor de precipitação (mm) medido no dia da ocorrência;
- d) Vento: Corresponde a média de velocidade do vento medida na hora da ocorrência em m/s;
- e) Direção: Corresponde a direção predominante do vento na hora da ocorrência;
- f) Rajada: Referente ao valor medido de uma ocorrência de rajada de vento na hora da ocorrência em m/s;

¹⁴Tratava-se de informações fornecidas pelos solicitantes, na qual a queda da árvore não ocorreu efetivamente.

- g) Local: Informação referente ao nome da via (rua, avenida, passagem, etc.) da ocorrência;
- h) Tipo: Informação complementar ao local da queda na qual descreve o tipo de propriedade que o indivíduo arbóreo se encontrava antes da queda, sendo classificados em:
 - i. Via pública: Árvore localizada em rua, avenida, travessa, passagem, cruzamento etc.
 - ii. Área com acesso restrito: Árvore situada em local não urbanizado com pouca ou nenhuma movimentação/acesso.
 - iii. Área de uso público: Árvore situada em local de responsabilidade da administração pública em que há procura por serviços de lazer ou educacional (escola, praça, unidade de conservação com visitação pública, etc.);
 - iv. Área particular: Árvore localizada em área ou propriedade de acesso privado. Ex.: residência, vila, conjunto habitacional, etc.
- i) Perímetro: Referência da(s) via(s) mais próxima(s) ao local da queda;
- j) Bairro: Bairro em que ocorreu a queda.
- k) Danos: Prejuízos ou transtornos causados após a queda da árvore, sendo classificados:
 - i. Interrupção de serviços: Quando a queda da árvore ocasionou suspensão temporária no fornecimento de energia elétrica ou água tratada para a população;
 - ii. Interrupção de tráfego: Quando, em função da queda da árvore, ocorreu interdição parcial/total da via pública ou cruzamento, causando redução ou impedimento no tráfego de veículos ou pedestres;
 - iii. Danos ao patrimônio: Quando a queda da árvore acarretou danos ou prejuízos em imóveis, veículos, equipamentos ou prédios públicos, etc.
 - iv. Danos pessoais: Quando a queda da árvore ocasionou escoriações leves ou graves, fratura ou morte de pessoas;
 - v. Dano mínimo/nenhum: Quando a queda da árvore não ocasionou os cenários descritos nos itens anteriores.

Para verificar a possível influência de eventos de precipitação na queda de árvores foram calculados os coeficientes de correlação linear (σ) entre as variáveis, em seguida, verificou-se o grau de dispersão entre elas, a fim de se determinar um modelo de regressão linear e R^2 (“r” quadrado) para tentar explicar o comportamento da variável dependente.

Em seguida, os dados das planilhas “01” e “02” foram exportados para o software *QGIS*. As informações da planilha 01 foram acrescentadas em feições existentes do tipo “polígono” dos bairros de Belém – PA, disponibilizadas pela Companhia de Desenvolvimento Metropolitana de Belém – CODEM.

Os indivíduos arbóreos da planilha 02 foram informatizados e georreferenciados através da feição do tipo “ponto”. Utilizaram-se também as feições (*shapefiles*) de arranjo das vias públicas (feição tipo “linha”) do município de Belém, disponibilizadas no sítio eletrônico do IBGE, sendo necessário o recorte para as ruas do bairro de Nazaré. Para obter maior precisão no delineamento das ruas, as feições foram editadas com auxílio de imagens de satélite no próprio *QGIS*. As coordenadas geográficas obtidas no trabalho de campo foram inseridas no software *Google Earth*, para verificação de distorções e aplicação de eventuais correções com base no delineamento das ruas e imagens de satélite.

Salienta-se que em virtude da necessidade de imagens de alta resolução (e os altos custos envolvidos para aquisição destas) para análise e distinção da arborização viária, foram utilizadas imagens do *Google Earth*, devidamente georreferenciadas no *QGIS*, sendo uma alternativa viável em função do custo/benefício (LIMA NETO, 2011). Para este trabalho foi adotado o Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator – UTM e o Sistema de Referência Datum Sirgas2000.

3.5 ELABORAÇÃO DO PRODUTO FINAL (RELATÓRIO)

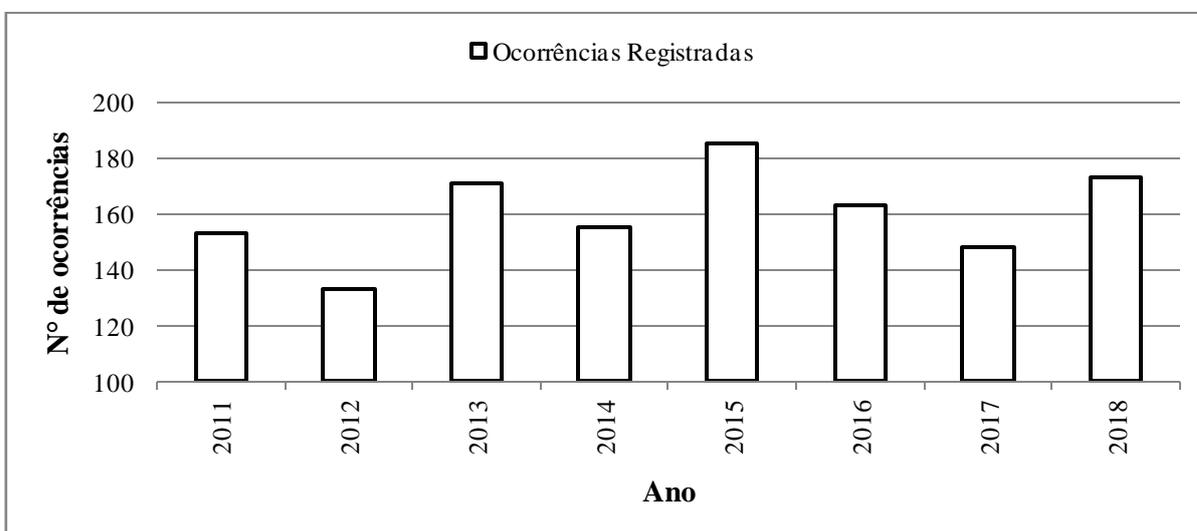
Nesta etapa, os dados obtidos em campo, registros fotográficos, bem como as análises estatísticas e espaciais, foram reunidas e descritas de forma sintetizada, levando-se em consideração a descrição das condições da arborização dos trechos estudados no bairro de Nazaré e o risco de queda destas árvores, apontando medidas que podem ser adotadas para tomada de decisão, minimização dos riscos e possíveis estudos futuros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. QUEDAS DE ÁRVORES NO MUNICÍPIO DE BELÉM

Durante o período analisado de janeiro de 2011 a dezembro de 2018, foram registrados um total de 1281 ocorrências de quedas de árvores na zona urbana do município de Belém, com uma média de aproximadamente 160 quedas por ano, com destaque para o ano de 2012 que apresentou o menor índice de ocorrências (133) e 2015 que apresentou o maior índice de ocorrências (185). O Gráfico 01 apresenta a distribuição das ocorrências entre os anos de 2011 a 2018.

Gráfico 01 – Distribuição anual das ocorrências de quedas de árvores no município de Belém entre 2011 a 2018.

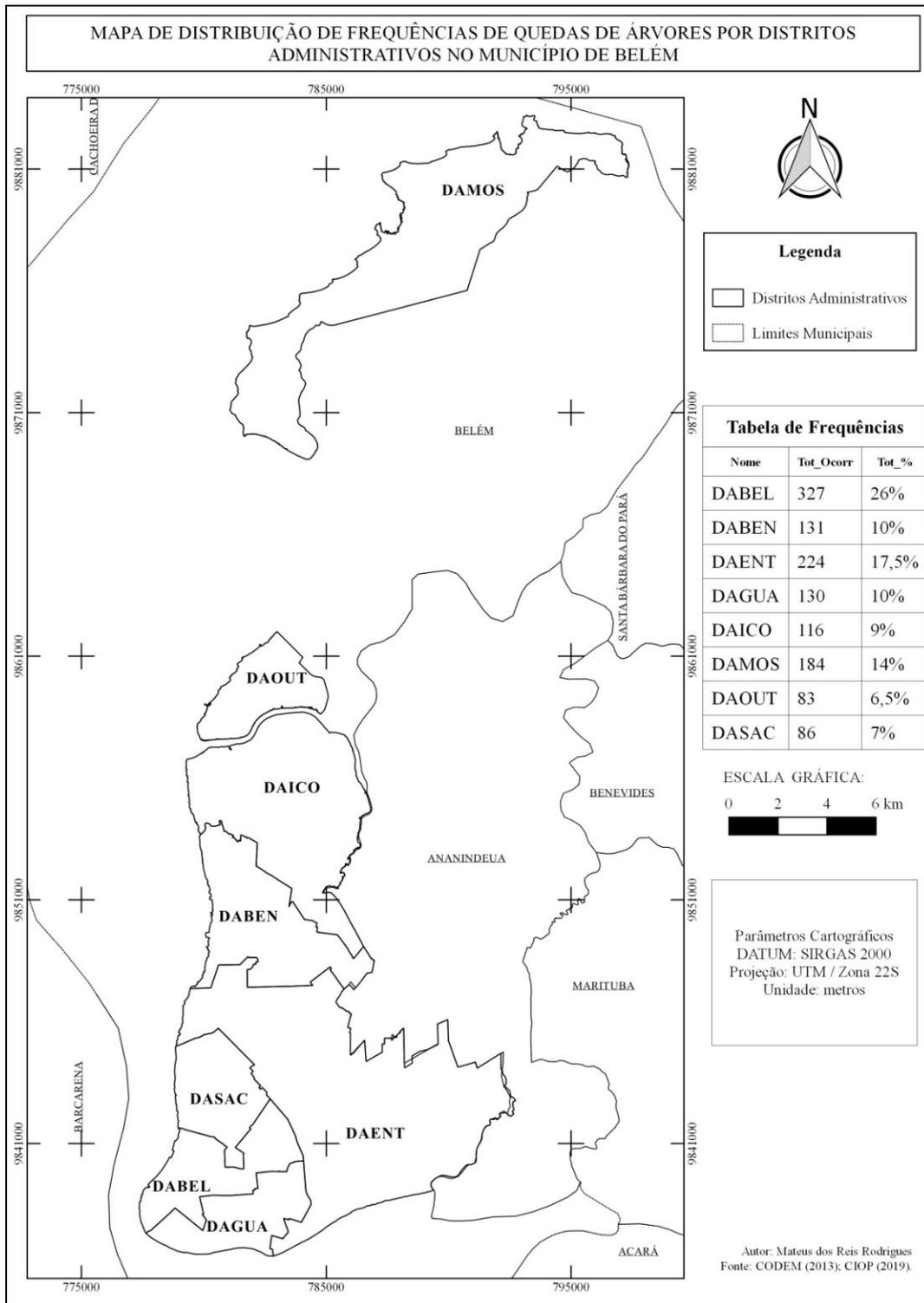


Fonte: Centro Integrado de Operações – CIOp (2019).

No gráfico 01 também é possível observar oscilações no número de ocorrências entre os anos de 2011 a 2018, além de índices acima da média nos anos de 2013, 2015, 2016 e 2018. Cazalvara e Moraes (1969) atribuem o aumento na taxa de senilidade da população de arbóreas no município de Belém como um dos principais responsáveis pelo aumento no número de tombamentos, além de fatores externos, como a interrupção do ciclo de incorporação de matéria orgânica ao solo devido a pavimentação e limpeza de vias. Oliveira e Lopes (2007) atribuíram algumas hipóteses que podem justificar o aumento de tais ocorrências na cidade de Lisboa, e que também podem ser levadas em consideração neste estudo, como por exemplo, o aumento da poluição na cidade, que cria ou agrava problemas fitossanitários na vegetação, reduzindo a capacidade de suporte a cargas externas.

Foi realizada também a distribuição de frequências de registros de quedas de árvores de acordo com os respectivos Distritos Administrativos que compõem o município de Belém no período de 2011 a 2018. A figura 12 mostra a localização dos distritos administrativos no município e a respectiva tabela de frequências observada.

Figura 12 – Índices de quedas de árvores por Distritos Administrativos entre os anos de 2011 a 2018 no município de Belém – PA.



Fonte: Centro Integrado de Operações – CIOP (2019).

Na Figura 12 é possível observar que os maiores índices de ocorrências de quedas de árvores ocorreram nos Distritos Administrativos de Belém - DABEL, localizada na região central do município, seguido pelos Distritos do Entroncamento – DAENT (porção leste do município) e de Mosqueiro – DAMOS (porção norte do município). Este resultado foi semelhante ao encontrado por Mendes (2016), no qual, segundo o autor, reafirma a hipótese de que o fator urbanização propicia situações em que o indivíduo arbóreo entra em processo de declínio, ficando mais suscetível a quedas em função de variados fatores internos ou externos. Na tabela 01 é apresentado a distribuição de frequências absoluta (f_{Abs}) e relativa (f_{Rel}) por bairros baseado na classificação do Distrito Administrativo com maior número de ocorrências (DABEL).

Tabela 01 – Classificação de ocorrências por bairros do Distrito Administrativo de Belém – DABEL.

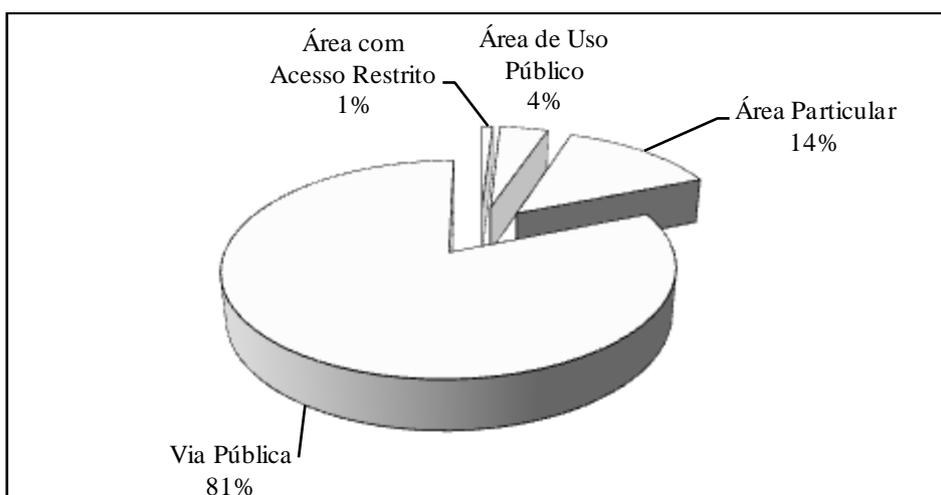
Bairros	f_{Abs}	$f_{Rel} (%)$
Marco	118	36%
Umarizal	52	16%
Nazaré	49	15%
São Braz	36	11%
Campina	30	9%
Batista Campos	23	7%
Cidade Velha	13	4%
Reduto	6	2%
Total	327	100%

Fonte: Centro Integrado de Operações – CIOp (2019).

De acordo com os resultados apresentados na tabela 01, o bairro do Marco apresenta o maior número de registros de ocorrências, sendo importante levar em consideração que neste bairro fica situado o Bosque Rodrigues Alves Jardim Zoobotânico da Amazônia, o qual possui uma área de 15 ha de vegetação nativa e secundária, do qual contribuiu com o incremento de 30 (25%) das 118 ocorrências registradas.

Após filtragem das informações registradas pelo Centro Integrado de Operações – CIOp e leitura de jornais eletrônicos foram verificados os relatos dos locais onde estavam situadas as árvores antes da queda no município de Belém, sendo apresentadas no gráfico 02.

Gráfico 02 – Localização das árvores antes da queda no município de Belém.



Fonte: Centro Integrado de Operações – CIOp (2019).

No gráfico 02, é possível observar que a maior fatia do quantitativo de árvores que caíram estavam localizadas em vias públicas (81%), indicando que o maior número de ocorrências nesses locais pode estar relacionado com a hipótese levantada por Cazalvara e Moraes (1969) acerca do estado fitossanitário da vegetação e impermeabilização do solo, além disso, a canalização e favorecimento no escoamento de ventos em vias urbanas devem ser considerados como fatores que influenciam nas ocorrências (SILVA JUNIOR, 2012).

Também foram verificados os danos ou prejuízos mais comuns após a queda de árvores, discriminadas na tabela 02. Vale ressaltar que em alguns casos, a queda de um único indivíduo arbóreo ocasionou mais de uma consequência no local.

Tabela 02 – Prejuízos mais relatados em decorrência de queda de árvores em Belém.

Prejuízo	Descrição	f_{Abs}	$f_{Rel} (%)$
Interrupção de tráfego	Redução de tráfego ou circulação de pessoas	946	65%
Danos Patrimoniais	Queda em imóveis ou veículos	248	17%
Interrupção de serviços	Abastecimento de água ou energia elétrica	194	13%
Nenhum	Não foi registrado incidente significativo	56	4%
Danos pessoais	12 feridos e 1 morte	13	1%

Fonte: Centro Integrado de Operações – CIOp (2019).

Através da tabela 02 é possível observar que a interrupção de vias está entre os prejuízos mais comuns após a queda de indivíduos arbóreos, ainda que em alguns casos de forma parcial (apenas um lado da via) e temporária (retirada após alguns minutos após a queda) é um tipo de recorrência que tem efeitos colaterais significativos, como por exemplo, a

saturação de outras vias públicas adjacentes, pode interferir ou dificultar o tráfego de serviços de emergência (ambulâncias, corpo de bombeiros para atendimento de outras ocorrências ou demais serviços públicos) durante o tempo decorrido entre a queda e a liberação da via.

Em relação aos danos patrimoniais, constatou-se que 89% das ocorrências se distribuíram em danos a veículos e imóveis particulares. Ribeiro (2011) concluiu que esse tipo de dano é o mais comum em ruas ou bairros mais arborizados, pois além de serem maiores os registros nessas regiões, maior é a exposição dos alvos situados nesses locais. No que se refere a danos pessoais, foram constatadas 13 ocorrências na qual, em 12 eventos a queda do vegetal acarretou ferimentos ou escoriações e 01 evento a queda da árvore ocasionou óbito.

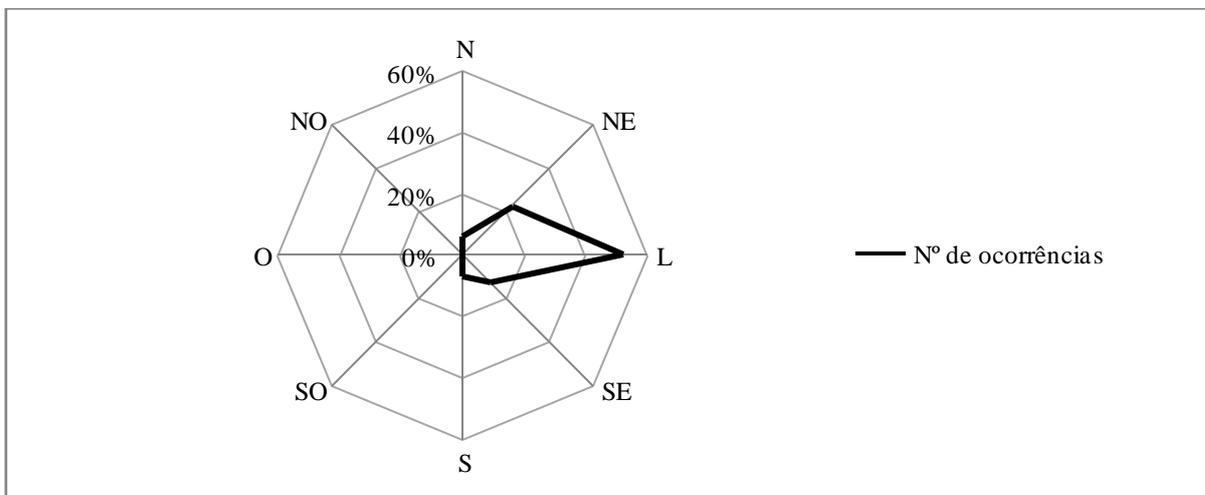
Observou-se também que do total de 194 registros de interrupções no fornecimento de energia elétrica ocasionados pela queda de árvores, onde pelo menos 06 deles ocasionaram a interrupção no fornecimento de água tratada à população, afetando diversos bairros, estas ocorrências são apresentadas e discutidas no item 4.2.3 deste trabalho.

4.2 QUEDAS DE ÁRVORES E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

4.2.1 Vento

Foram confrontadas as informações obtidas de direção do vento predominante com os respectivos horários de registros das quedas de árvores no município de Belém. Os resultados são apresentados no gráfico 03.

Gráfico 03 – Direção predominante do vento nos dias de ocorrência de queda de árvore.



Fonte: Centro Integrado de Operações – CIOp (2019); FAB/DTCEA (2019).

De acordo com o gráfico 03 é possível verificar uma tendência maior de quedas com o vento predominante a Leste (51,60%), seguido por Nordeste (22,48%) e Sudeste (12,41%). Há variações também para as direções Sul (6,79%), Norte (6,09%), Nordeste e Sudoeste (ambos com índice abaixo de 0,5%), além de apenas 01 ocorrência para Sudoeste e nenhuma para Oeste. Além disso, foi verificado a direção do vento predominante e o número de ocorrências por Distrito Administrativo, constatou-se que em todos apresentaram a direção de vento predominante Leste, seguido por Nordeste e Sudeste com variações para as demais direções, porém sem relevância comparada as direções citadas.

Em relação aos meses do ano, não houve semelhança com os resultados encontrados por Oliveira e Lopes (2007) de maiores números de ocorrências em função de alteração dos padrões de direção de ventos no decorrer do ano, ou seja, verificou-se que em todos os meses (janeiro a dezembro) do período analisado, as direções do vento predominante mantinham o mesmo padrão (L, NE e SE), não acarretando maiores índices por suposta mudança na direção dos ventos predominantes.

No que diz respeito ao cruzamento das variáveis de velocidade máxima horária do vento e horário de registro de ocorrência, com exceção de um único evento ocorrido em 06 de janeiro de 2011, não ocorreram velocidades acima de 25 km/h, estabelecidas por Oliveira e Lopes (2007) como velocidade mínima para que árvores comecem a cair. Todavia, foram também consultados todos os eventos de rajadas – curta duração e elevada velocidade de vento – sucedidos em até 60 minutos antes das ocorrências, encontrando-se um total de 105 episódios de rajadas superiores a 25 km/h. A tabela 03 apresenta o total de ocorrências de quedas de árvores classificadas por meses do ano, além dos valores máximos e mínimos das rajadas de vento em horários próximos (até 60 minutos antes) ao registro efetuado pelo CIOP.

Tabela 03 – Distribuição de ocorrências de rajadas de vento com ocorrências de queda de árvore em Belém de 2011 a 2018.

Meses do ano	Nº de Ocorrências	Valor Mínimo (km/h)	Valor Máximo (km/h)
Janeiro	10	40,32	53,28
Fevereiro	12	27,36	69,12
Março	21	37,08	77,4
Abril	2	54,72	57,96
Maio	5	48,24	54,72
Junho	8	37,08	75,6
Julho	5	33,84	45,36
Agosto	9	40,32	64,44
Setembro	14	37,08	51,48
Outubro	10	33,84	59,4
Novembro	1	37,08	37,08
Dezembro	8	35,28	61,2

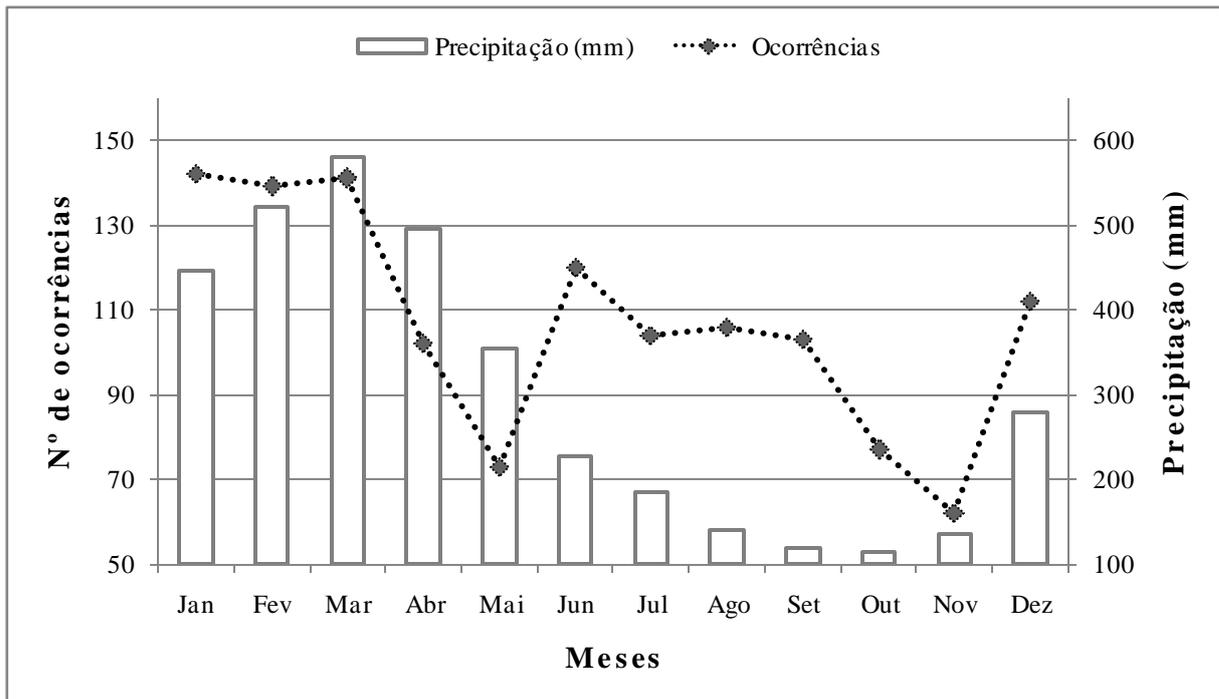
Fonte: Centro Integrado de Operações – CIOp (2019); FAB/DTCEA (2019).

Nota-se que os eventos apresentados na tabela 03 ocorreram com maior frequência nos três primeiros meses do ano, com valor mínimo em novembro e valor máximo em março, ou seja, dentro do período chuvoso na região, neste caso, é possível que as rajadas de vento estivessem associadas a eventos de precipitação hídrica. Sendo importante frisar que deste total, a maior frequência de quedas de árvores ocorreram no período da tarde (entre 12h e 18h) e noite (entre 18h e 0h) com 84 e 21 ocorrências, respectivamente. Isso pode ser explicado através de estudos conduzidos por Klechowicz (2001), no qual concluiu que o número de interrupções no fornecimento de energia elétrica em decorrência da queda de árvores ocorria em períodos mais quentes do ano. De acordo com o autor, eventos de forte turbulência como as rajadas de vento, por exemplo, estão ligadas ao aquecimento das superfícies, contribuindo para a formação e deslocamento brusco de correntes de ar e formação de chuvas convectivas (intensa e de curta duração).

4.2.2 Precipitação

Foram analisadas as médias de precipitação hídrica mensais de janeiro de 2011 a dezembro de 2018 com o número total de ocorrências dos respectivos meses, sendo apresentados no gráfico 04:

Gráfico 04 – Ocorrências mensais de quedas de árvores e respectivas médias de precipitação.

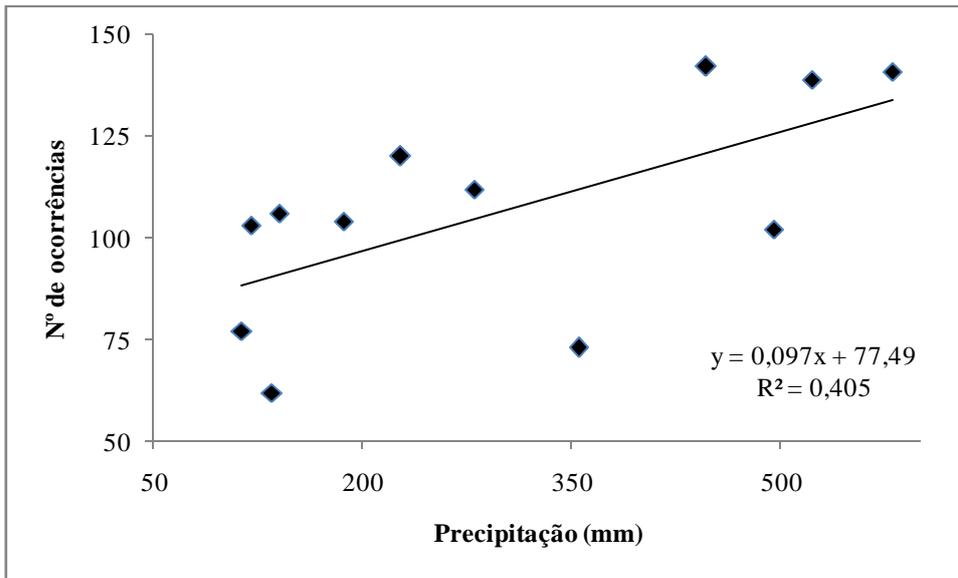


Fonte: Centro Integrado de Operações – CIOp (2019), INMET (2019).

No gráfico 04 é possível observar alterações significativas nos volumes mensais de chuvas durante o ano (variável independente), sendo de fácil identificação o período menos chuvoso de dezembro a maio e menos chuvoso de junho a novembro citado por Silva Junior (2012). Também é possível observar, na maioria dos meses, que há uma mudança no comportamento da variável dependente (queda de árvores) de forma proporcional ao volume mensal de chuvas, indicando uma possível correlação positiva entre as duas variáveis. Campos, Mota e Santos (2015) corroboram tal afirmação ao constatar que as quedas de árvores no município de Belém representam uma parcela significativa das consequências após eventos de precipitação hídrica intensa (acima de 25 mm em 1h).

O resultado da aplicação do teste de correlação linear entre as variáveis precipitação e índices de queda de árvores é apresentado no Gráfico 05.

Gráfico 05 – Diagrama de dispersão das variáveis precipitação e quedas de árvores.



Fonte: Centro Integrado de Operações – CIOp (2019); INMET (2019).

O valor encontrado para o coeficiente de correlação linear entre as variáveis foi $\sigma = 0,64$, indicando correlação moderada (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009). Através do gráfico 05, notou-se uma dispersão entre as variáveis, de forma que o valor encontrado para r^2 foi igual a 0,4. Isto significa dizer que, estatisticamente, a variável precipitação pode influenciar de forma diretamente proporcional as ocorrências de queda de árvores, porém, não é a única variável que deve ser considerada em um modelo matemático explicativo para a ocorrência de quedas de árvores. Como já mencionado anteriormente, as rajadas de vento durante episódios de precipitação contribuem para o tombamento do indivíduo durante a precipitação.

Outra hipótese levantada, após conclusões de estudos de eletrorresistividade do solo conduzidas por Nazaré (2018), consiste na característica pedológica da região associada às chuvas, na qual, de forma geral apresenta camadas inferiores argilosas e uma camada superior de arenosa. Ainda de acordo com o autor, durante ou após eventos de precipitação hídrica, a textura argilosa (menor porosidade) dificulta o escoamento de água nessa camada, direcionando o fluxo para a camada acima (maior porosidade) – na qual as raízes criaram poros, uma vez que a acidez e impermeabilização do solo dificultam o desenvolvimento de raízes mais profundas (CAZALVARA; MORAIS, 1969) – percorrendo e erodindo o conteúdo arenoso próximo a raiz, criando cavidades e perda de aderência desta.

4.2.3 Estudo de caso das ocorrências de queda de árvores e interrupção no fornecimento de água no município de Belém

Conforme apresentado no item 4.1, a queda de árvores, em alguns casos, provocou a interrupção no fornecimento de água tratada a diversos bairros no município de Belém. Os jornais eletrônicos locais noticiaram um total de seis ocorrências entre os anos de 2015 a 2018. A principal responsável pelo abastecimento de água no município – Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) – atribuiu a interrupção do fornecimento de água em virtude de queda de uma ou mais árvores no sistema elétrico que mantêm o funcionamento das operações da Estação de Tratamento de Água Bolonha – ETA, localizada no bairro do Curió-Utinga. No bairro onde sucederam os eventos, está localizada a estação meteorológica convencional do INMET (Figura 13) que realiza coleta de dados pluviométricos diários.

Figura 13 – Localização da Estação de Tratamento de responsabilidade da COSANPA.



Fonte: Google Earth (2019); CODEM (2013).

Neste sentido, foram filtradas as informações divulgadas pela imprensa dos bairros afetados em cada evento, sendo também realizado o cruzamento de séries históricas diárias de precipitação com os respectivos dias de interrupção no abastecimento de água motivado pela queda de árvores. Também foram consultadas séries históricas horárias de velocidade e rajadas de vento da estação meteorológica localizada no Aeroporto Internacional de Belém,

filtrando-se os valores máximos obtidos de 48h anteriores ao tombamento do vegetal. Os resultados são apresentados no Quadro 10, seguindo-se com a descrição destes.

Quadro 10 – Variáveis climáticas e informações noticiadas pela imprensa de interrupções no fornecimento de água em decorrência de queda de árvores em Belém.

Dia	Rajada	Precipitação	Bairros Afetados
17/11/2015	32,04 km/h (15h42min)	37,2 mm	Comércio, Cidade Velha, Reduto, Batista Campos, Jurunas, Guamá, Cremação, Condor, Umarizal, Nazaré, Cidade Nova, Marco, Souza, Curió-Utinga, São Brás, Fátima, Canudos, Terra Firme, Telégrafo, Sacramento, Barreiro e Guanabara
29/07/2016	12,96 km/h (09h)	0 mm	Comércio, Cidade Velha, Reduto, Jurunas, Umarizal, Nazaré, Souza, Curió-Utinga e parte do Reduto e do Marco Parcialmente afetados: Guamá, Cremação e Condor
26/12/2016	24,12 km/h (18h)	17,4mm	Guamá, São Brás, Canudos, Fátima, Terra Firme, Jurunas, parte da Cremação, Condor, parte do Marco e da Pedreira, Telégrafo, Sacramento, Marambaia, parte de Jaderlândia, Atalaia, Guanabara e parte da Cidade Nova
23/05/2017	16,2 km/h (01h)	1,2 mm	Marco, Souza, Curió-Utinga, Canudos, Fátima e São Brás.
09/10/2017	33,84 km/h (14h25min)	28 mm	Guamá, Cremação, Condor, São Brás, Fátima, Canudos, Pedreira, parte do Marco, Terra Firme, Jurunas, parte de Batista Campos, Telégrafo, Sacramento, Barreiro, Guanabara, Marambaia e parte da Cidade Nova.
26/02/2018	< 10,8 km/h	0 mm	Comércio, Cidade Velha, Reduto, Batista Campos, Nazaré, Umarizal, Marco, Souza, Curió-Utinga, São Brás, Fátima, Terra Firme, Marco, Sacramento, Barreiro e Guamá.

Fonte: FAB/DTCEA (2019); INMET (2019).

No dia 17 de novembro de 2015, foram encontrados valores bastante significativos de precipitação (37,2 mm) e rajadas de vento (8,9 m/s às 15h42min). No dia anterior, também foram registrados valores de velocidade média máxima de 6,3 m/s às 12h, 14h e 15h.

Já no episódio ocorrido no dia 29 de julho de 2016 e também quanto no dia anterior, não foram verificados episódios de rajadas de vento nem precipitação. O valor máximo de velocidade do vento foi de 3,6 m/s as 9h, próximo a hora da ocorrência informada pela imprensa local (09h30min).

A imprensa local informou que a queda da árvore no dia 26 de dezembro de 2016 ocorreu no período da noite, sendo verificado que no dia anterior, foi constatada velocidade média de vento de 7,2 m/s às 15h e de 7,6 m/s às 16h, além de rajadas de vento de 13,9 m/s às

15h20min, com precipitação total de 30,4 mm. No dia da ocorrência, foram identificadas rajadas de vento de 8,9 m/s e precipitação total de 17,4 mm.

No dia 23 de maio de 2017 e no dia anterior, não foram constatados volumes significativos de chuva, rajadas e velocidades de vento significativo. Sendo encontrado valores máximos de 1,2 mm para precipitação e 4,5 m/s a 01h para velocidade máxima do vento no dia do evento.

No dia 09 de outubro de 2017 foi identificado um valor de rajada de vento igual a 9,4 m/s às 14h25min e velocidade média máxima de vento no dia anterior de 13 m/s. A precipitação verificada no dia da ocorrência foi de 28 mm. A imprensa local informou que a queda de um único indivíduo arbóreo sobre a rede elétrica interrompeu o abastecimento de água, afetando mais de 500 mil pessoas.

No dia 26 de fevereiro de 2018 não foram constatadas rajadas e velocidades de vento significativas (abaixo de 3 m/s). O valor máximo encontrado para velocidade média máxima foi de 6,7 m/s às 13h no dia anterior. Todavia, foi constatado volume significativo de chuva no dia anterior, em um total de 90,7mm. De acordo com a imprensa local, a COSANPA informou que a queda de diversas árvores de pequeno porte durante a madrugada foi a causa para a interrupção.

Levando-se em consideração os bairros afetados – mencionados no Quadro 08 –, verifica-se que os episódios podem ser considerados como “catástrofe” pois, de acordo com a definição estabelecida pela EM-DAT¹⁵ na qual, dentre outros critérios, atribui o termo quando há relatos de 100 ou mais pessoas afetadas.

De forma geral, os resultados descritos indicam que, na maioria dos casos, as variáveis de precipitação e vento podem ter influenciado na queda das árvores. Também, deve-se considerar que a ocorrência de velocidade de ventos próximos ou superiores a 25 km/h, além de eventos de precipitação hídrica em dias anteriores podem ter contribuído para a fragilização do indivíduo arbóreo, requerendo como em alguns casos, uma carga mínima para que houvesse o tombamento. Além de constatadas velocidades de vento ou rajadas superiores as estabelecidas por Oliveira e Lopes (2007) para que indivíduos arbóreos comecem a cair (25 km/h), Campos, Mota e Santos (2015) explicam que eventos extremos de precipitação hídrica

¹⁵Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED. Disponível em: <<https://www.emdat.be/frequently-asked-questions>>. Acesso em 03 de abr. de 2019.

– quando superiores a 25 mm no município de Belém de acordo com os autores – acarretam diversos prejuízos, sendo a queda de árvores uma das principais averiguadas pelos autores. Além disso, conforme estudado por Ribeiro (2011), embora a imprensa utilize de mecanismos para chamar atenção do público com títulos “alarmantes” ou exagerados, não deixam de indicar uma real ocorrência com grande número de afetados.

4.3 RESULTADOS DE CAMPO

4.3.1 Análises quantitativas

Após trabalho de campo com aplicação de protocolo de avaliação visual de risco de queda de árvores, foram obtidos diagnósticos das condições dendrométricas e fitossanitárias de um total de 915 indivíduos arbóreos nos trechos de avaliação no bairro de Nazaré. A figura 14 apresenta o mapa de distribuição dos indivíduos arbóreos ao longo dos trechos de estudo, em seguida, são descritas as condições visualizadas em campo.

Figura 14 – Mapa de distribuição dos indivíduos arbóreos nos trechos de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

Em relação às variáveis dendrométricas, a tabela 04 apresenta de forma sintetizada os principais resultados obtidos classificando média (\bar{x}) e seus respectivos desvios padrões (S), mediana (X_{Med}), moda (X_{Mo}), valores máximos e valores mínimos verificados.

Tabela 04 – Principais resultados dendrométricos encontrados nos trechos de estudo.

Variável	\bar{x} (m)	S	X_{Med} (m)	X_{Mo} (m)	$V_{Máx}$ (m)	V_{Min} (m)
Altura (h)	10,54	2,91	11,4	6,4	17,3	0,95
CAP	2,22	0,84	2,44	3	4,3	0,03
DAP	0,71	0,27	0,78	0,96	1,37	0,01

Fonte: Autor do trabalho (2018).

Em relação as variáveis apresentadas na tabela 04, Brasil (1995) encontrou altura média de 12,37m e DAP médio de 0,72, com desvios padrão de 5m e 0,28m respectivamente, no trecho da Avenida Nazaré, sendo a maior média em relação as demais amostras no município de Belém. Silva (2015) encontrou altura média de 12,61m e DAP médio de 0,55m com desvios padrão de 3,41 e 0,25 respectivamente para amostras no bairro de Nazaré. Assim, os resultados dendrométricos apresentados na tabela 04 são semelhantes aos já estudados anteriormente, com a diferença de que não houve seleção de amostras para estudo, influenciando assim, em diferenças insignificantes entre os resultados já estudados com os resultados obtidos neste trabalho.

Do total de espécies, houve maior predominância da espécie *Mangifera indica* (Mangueira), com representatividade de 94% do total, seguida por outras com menor representatividade como *Ficus Benjamina* e *Terminalia catappa L.* (Castanhola ou Chapéu-de-sol). Os resultados encontrados por Silva (2015) enfatizam que a falta de diversidade e predominância excessiva de espécies utilizadas na arborização viária do município de Belém favorecem a disseminação de pragas como insetos ou fungos, sendo necessário um planejamento também para a escolha das espécies.

A tabela 05 apresenta o quantitativo de indivíduos arbóreos de acordo com o respectivo trecho estudado (frequência absoluta e relativa).

Tabela 05 – Distribuição do quantitativo da arborização de calçadas por trechos.

Trecho	f_{Abs}	$f_{Rel}(\%)$
Av. Nazaré	203	22%
Av. Governador José Malcher	155	17%
Av. Comandante Brás de Aguiar	108	12%
Trav. Quatorze de Março	94	10%
Av. Generalíssimo Deodoro	91	10%
Av. Gentil Bittencourt	74	8%
Trav. Quintino Bocaiúva	61	6%
Trav. Benjamim Constant	43	5%
Trav. Dr. Moraes	43	5%
Trav. Rui Barbosa	43	5%
Total	915	100%

Fonte: Autor do trabalho (2018).

Verifica-se na tabela 05 um maior quantitativo de árvores na Avenida Nazaré, também observadas por Brasil (1995) e Silva (2015), entretanto, em alguns dos trechos acima mencionados houve substituição de indivíduos arbóreos em decorrência de queda e/ou remoção pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SEMMA, sendo alguns desses substituídos por mudas de *Mangifera indica*, ou encerramento do canteiro¹⁶.

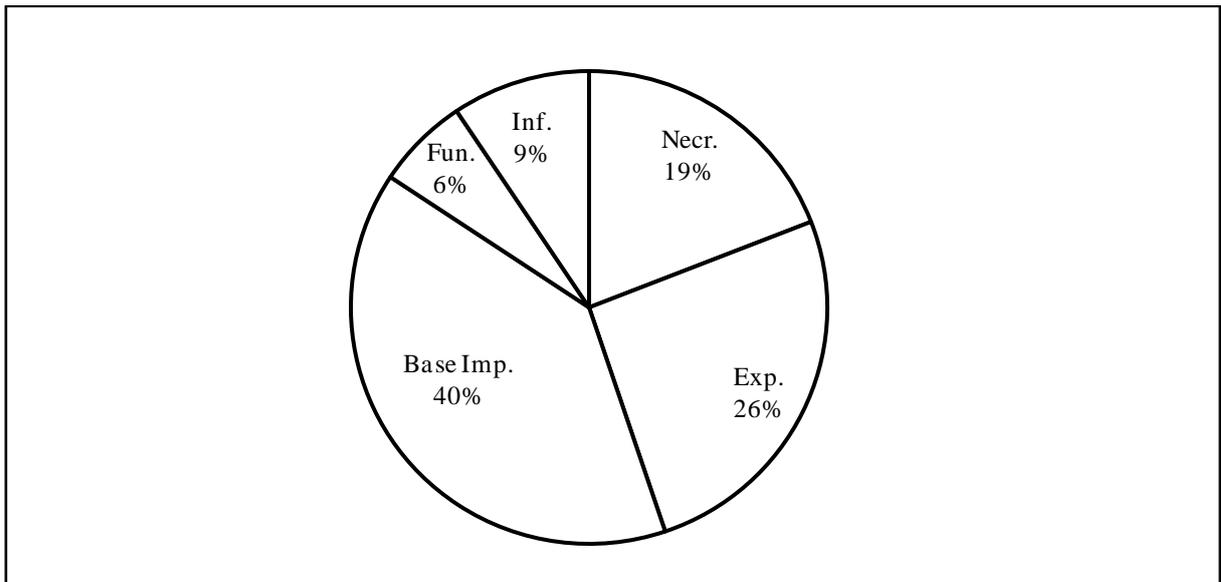
4.3.2 Análises qualitativas

De forma geral, os indivíduos arbóreos apresentaram bom estado fitossanitário e/ou estrutural aparente (visual), correspondendo a 83% do total de árvores observadas, 15% do total apresentaram problemas estruturais e fitossanitários a nível moderado, ou seja, em processo de declínio, e 2% apresentaram indícios de sérios problemas tanto estruturais quanto fitossanitários. Do total de indivíduos arbóreos avaliados, foram classificadas as principais anomalias estruturais e fitossanitárias de acordo com a seção (base, tronco e copa).

Em relação a base do tronco, os principais problemas encontrados considerando todos os trechos de estudo estão ilustrados no gráfico 06.

¹⁶Condição na qual o canteiro é impermeabilizado para que não ocorra novo plantio.

Gráfico 06 – Principais problemas encontrados na base do tronco.

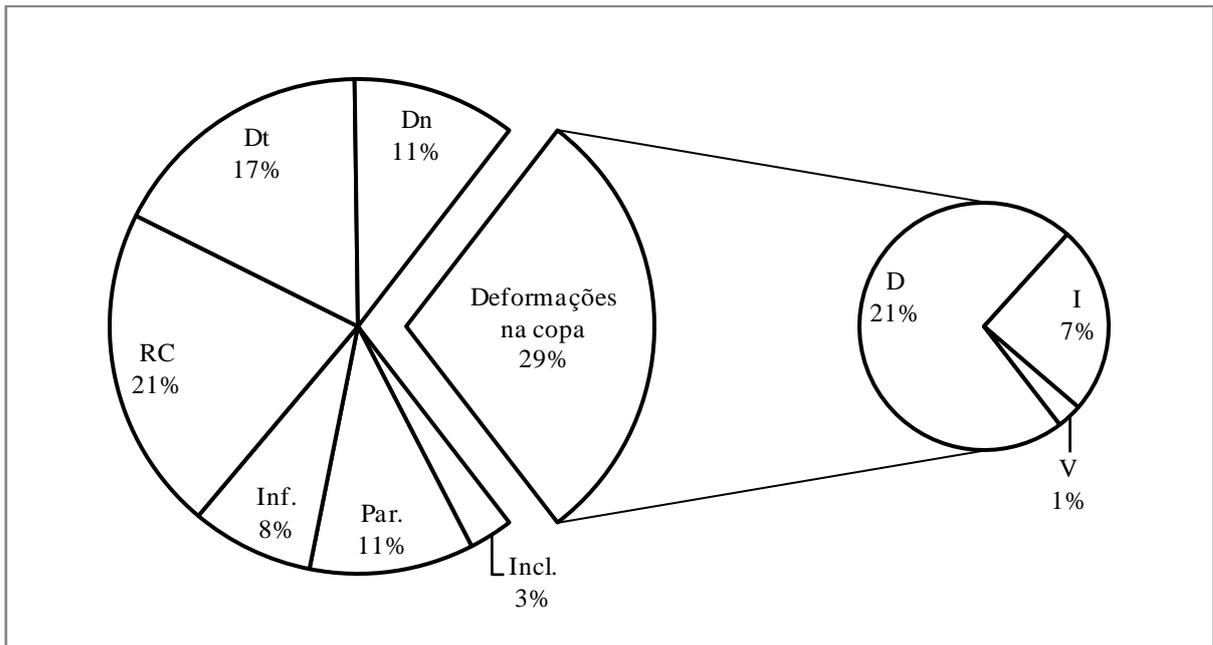


Legenda: **Base Imp.**: Impermeabilização na base do tronco; **Fun.**: Presença de fungos; **Exp.**: Exposição de raízes; **Necr.**: Sinais de necrose; **Inf.**: Infestação de insetos em grau moderado e severo.

De acordo com o gráfico 06, os três principais problemas encontrados na base do tronco foram impermeabilização na base, exposição de raízes e indícios de necrose. O problema da falta de espaço para desenvolvimento de raízes também foi constatado por Sampaio et al. (2010) como principal irregularidade na base do tronco, evidenciando que nestes casos a principal falha está relacionada ao plantio. A exposição de raízes por outro lado, corrobora a hipótese de ausência ou redução no desenvolvimento de raiz pivotante e compactação excessiva do solo. Como já mencionado, Cazalvara e Morais (1969) sustentam que a principal causa para a queda de árvores no município de Belém está relacionada a problemas mecânicos na base do tronco.

Levando em consideração as principais anomalias identificadas no tronco e na copa, os principais resultados são apresentados no gráfico 07.

Gráfico 07 - Principais anomalias encontradas no tronco e na copa.



Legenda: **Incl.**: Inclinação acentuada do indivíduo arbóreo (acima de 25°); **Par.**: Infestação de hemiparasitas em grau moderado e severo ou excesso de epífitas; **Inf.**: Infestação de insetos em grau moderado e severo. **RC**: Bifurcação no tronco/Ramos codominantes; **Dt**: Tronco deteriorado; **Dn**: Danos ocasionados ao indivíduo ou ramos pendurados; **D**: Indícios de poda em “V” ou copa desproporcional; **I**: Ramos “ladres”/epicórmicos; **V**: Poda de raiz ou drástica.

Os principais problemas identificados em relação a copa, podem ser explicados pela falta da aplicação de critérios adequados de poda dos indivíduos arbóreos, sem descartar a possibilidade de falta de treinamentos e capacitação de profissionais responsáveis pelo corte. Na maioria dos casos, observou-se que as podas tinham apenas o objetivo de reduzir o conflito com imóveis (copa desproporcional) ou rede elétrica (poda em “V”), sem levar em consideração a estrutura do indivíduo para distribuição de cargas. Brasil (1995) constatou que a deformação em ramos e copa de árvores no município de Belém é um problema recorrente, além disso, a autora afirma que porcentagem de árvores com problemas estruturais aumentam à medida que estas atingem a altura de fios de baixa tensão (6 a 10 m). Pereira et al. (2011) também constatou deformações na copa como fator de suscetibilidade e agravante para aumento de possibilidade de queda.

Outro indício da falta de planejamento ou capacitação no manejo da arborização urbana foi a constatação da presença significativa de ramos epicórmicos nas árvores avaliadas, sugerindo que os cortes não obedeceram a critérios necessários que favorecessem a compartimentalização adequada do ramo cortado. Pereira et al. (2011) afirma que podas do tipo drástica favorecem o desenvolvimento de ramos epicórmicos, sugerindo que árvores que

receberam esse tipo de poda estão mais propensas a queda devido a perda de equilíbrio. Sampaio et al. (2010) ressalta a importância de critérios bem definidos e acompanhamento de podas por profissionais devidamente capacitados, para evitar situações favoráveis a queda de árvores.

Também foi observada uma quantidade expressiva de árvores em condições de bifurcação no tronco (ramos codominantes) e inclinação elevada, que segundo Brasil (1995), são qualidades indesejáveis e favorecem o aumento de cargas na árvore. De acordo com a autora, o principal problema relacionado a estes dois itens está relacionado a falta de acompanhamento do vegetal após o plantio. Por isso, esta condição poderia ser contornada se o devido monitoramento e cuidados houvessem sido aplicados corretamente na fase inicial, ou seja, após o plantio.

Além disso, em casos identificados como infestação moderada ou severa de parasitas ou insetos em uma árvore, a chance de que a árvore seguinte apresentasse a mesma condição era maior, corroborando as observações feitas por Silva (2015), de que a predominância de espécies favorece a disseminação de pragas. Entretanto é importante considerar que a constatação de insetos ou fungos apodrecedores, mesmo em grau severo não é suficiente para explicar uma possível remoção, necessitando de estudos mais completos de qualidade interna do indivíduo arbóreo, conforme recomendações de Brazolin (2009). Além disso, é importante mencionar que foram constatados diversos tipos de epífitas entre a copa e ramos das árvores dos trechos de estudo, já apontadas por Brasil (1995) como indício de falta de manutenção pelo poder público.

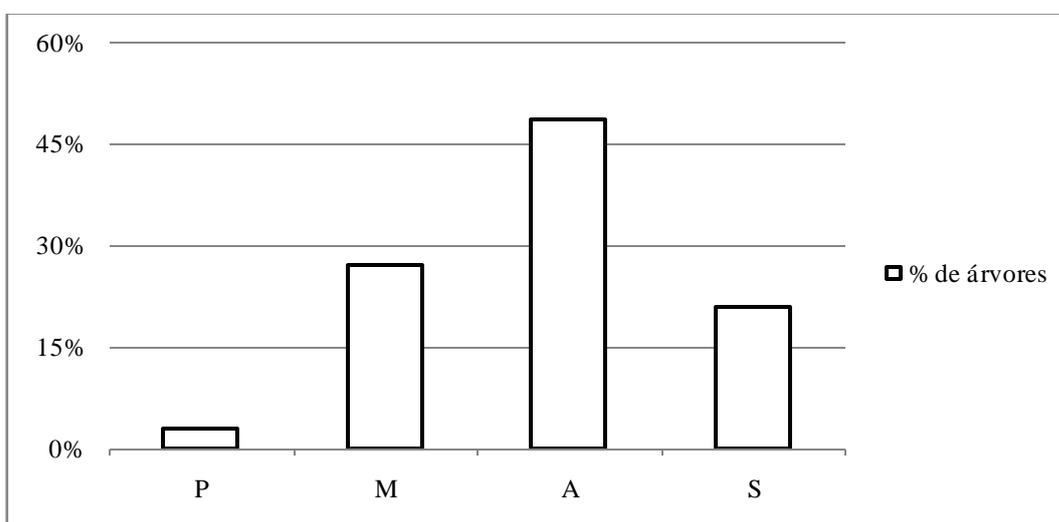
Em relação aos danos por vandalismo, os mais observados durante trabalho de campo estavam relacionados a fixação de cartazes ou placas e ferimentos decorrentes de pequenos cortes efetuados no tronco. Sampaio et al. (2010) e Brazolin (2009) constataram que o aparecimento e desenvolvimento de lesões e cancos estão diretamente associados a este tipo de situação, onde partes internas do lenho ficam facilmente acessíveis a patógenos.

4.3.3 Fatores de risco

Em relação aos fatores que agravam o risco de queda de árvores, observou-se que no bairro de Nazaré, de forma geral, há grande circulação de pessoas e veículos, além disso, a oferta de serviços diversos e quantidade expressiva de empreendimentos comerciais atraem

um número diversificado de pessoas, isso também foi comprovado por Silva (2015), que destacou também sobre a influência negativa da forte pressão imobiliária no local. Através dos resultados obtidos, foi possível constatar que em 76% do total de árvores avaliadas poderiam causar sérios danos de cunho material e pessoal se ocorridas em horários de grande movimentação, principalmente em função da altura e diâmetro dos indivíduos arbóreos. Já em 24% dos resultados, não foram identificados riscos significativos em uma possível queda, podendo ser explicado em decorrência do baixo porte do indivíduo, em alguns casos pela baixa circulação de pessoas ou veículos, ou a combinação de ambos. O gráfico 08 apresenta o percentual de localização das árvores de acordo com o tipo de tráfego averiguado nos trechos de estudo.

Gráfico 08 – Percentual de localização das árvores de acordo com o tipo de tráfego.



Legenda: **P**: Predominantemente residencial; **M**: Movimentação regular/pontual de pessoas; **A**: Grande circulação de pessoas e veículos, presença de Pólos Geradores de Tráfego e pontos de ônibus; **S**: Trechos em que há grandes aglomerações de pessoas (horário comercial) e/ou serviços de emergência/atendimento ao público.

Os dados apresentado no gráfico 08 reforçam a idéia discutida por Sampaio et al. (2010) e Pereira et al. (2011) de que os centros urbanos estão mais propensos a situações de risco elevado em decorrência da concentração de inúmeros serviços oferecidos a população. De acordo com os autores, em muitos casos, ainda que a árvore não apresente fortes sinais ou indícios de declínio, são suprimidas por representarem alguma ameaça a população.

No que concerne a rede elétrica, 53% dos indivíduos arbóreos estavam com a copa acima desta, 34% apresentavam conflitos com a rede elétrica por estarem entre a copa ou ramos (incluindo ramos epicórmicos) e os demais (13%) não apresentavam situações em que

o indivíduo arbóreo poderia causar o rompimento em decorrência da altura e/ou distância da rede de baixa tensão. Os resultados são apresentados na tabela 06 e comparados com os obtidos por Brasil (1995) e Silva (2015) para o município de Belém.

Tabela 06 – Comparação entre resultados obtidos de localização da rede elétrica com estudos anteriores.

Rede Elétrica	Brasil (1995)	Silva (2015)	Autor (2018)
Abaixo da copa	51%	55%	53%
Entre a copa	43%	33%	34%
Acima da copa ou ausente	7%	12%	13%

Fonte: Brasil (1995); Silva (2015).

Em termos percentuais, os resultados foram muito próximos aos já apontados por Silva (2015) e significativamente próximos aos apresentados por Brasil (1995). De acordo com as autoras os conflitos com a rede elétrica indicam a inexistência de planejamento na escolha da espécie que evite tal conflito ou aplicação de técnicas corretas para o bom manejo, além disso, a falta de modernização no processo de distribuição de energia elétrica – linhas subterrâneas – mantém o risco de forma contínua.

4.4 AVALIAÇÃO DO RISCO DE QUEDA E MEDIDAS DE GERENCIAMENTO

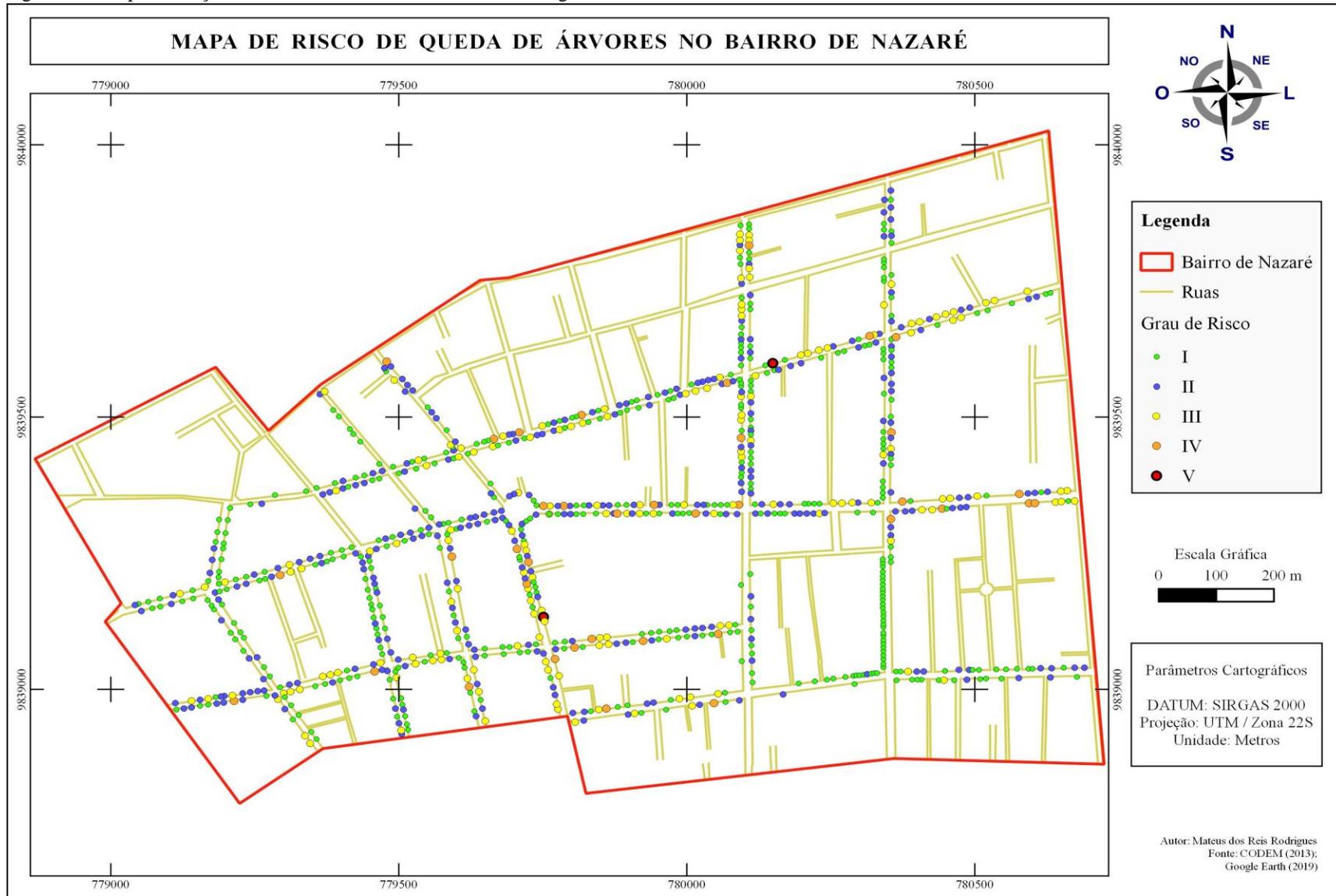
O resumo dos resultados obtidos através do cálculo de pontuações e cruzamento das categorias Probabilidade e Severidade de cada indivíduo arbóreo na matriz de riscos é apresentado na tabela 07, em seguida, os pontos foram espacializados como mostra a figura 15.

Tabela 07 – Resumo de resultados referentes ao grau de risco dos indivíduos arbóreos nos trechos avaliados.

Grau de Risco (G_R)	f_{Abs}	$f_{Rel} (%)$
I	424	46,34%
II	292	31,91%
III	160	17,49%
IV	37	4,04%
V	2	0,22%

Fonte: Autor do trabalho (2019).

Figura 15 – Espacialização das árvores avaliadas de acordo com o grau de risco.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

Por via de regra, verificou-se que os principais problemas agravantes para o risco de queda estão relacionados ao porte do indivíduo (altura) e problemas estruturais (Figura 16) em decorrência da falta de ações adequadas de manejo pós-plantio e na fase adulta, foram também encontrados problemas fitossanitários (Figura 17), todavia, sem grande representatividade comparada aos problemas estruturais, embora necessitem de manejo específico. Em termos de seção da árvore, os maiores problemas estavam ligados as más condições biomecânicas na base do tronco (Figura 18) e na copa (Figura 19), resultados também encontrados por Sampaio et al. (2010) e Pereira et al. (2011), reforçando a idéia de que a principal causa para o declínio e queda de árvores, em muitos casos, está relacionada a urbanização e ausência de práticas adequadas no trato da arborização.

Figura 16 – Árvore com inclinação acentuada.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

Figura 17 – Infestação severa de térmitas.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

Figura 18 – Base do tronco sob “sufocamento”.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

Figura 19 – Copa desproporcional.



Fonte: Autor do trabalho (2018).

Os resultados encontrados, de forma geral, diferem dos apresentados por Brasil (1995) para o município de Belém, no qual considerou que os principais problemas estavam relacionados a fitossanidade aparente. A hipótese mais provável para explicar essa mudança de comportamento nos resultados está relacionada à remoção ou queda de indivíduos arbóreos que apresentavam sinais de declínio no tempo decorrido. Além disso, não se pode descartar a idéia de que as ações de “poda coletiva” intensificaram problemas estruturais, favorecendo uma nova dinâmica/causa para a ocorrência de quedas de árvores no município.

Através do panorama descrito e com base no nível de ações recomendadas no quadro 08 (página 50), são apresentadas ações que, se aplicadas, podem reduzir o grau de risco. Pereira et al. (2011) lembra que na grande maioria dos casos, a remoção do alvo para eliminação do risco é impraticável, por isso, as medidas sugeridas neste estudo objetivam reduzir problemas avaliados no indivíduo arbóreo para redução do risco de queda. As ações propostas neste estudo têm como principal fundamento as já indicadas por Brasil (1995) e definições do *Manual de Orientação Técnica da Arborização Urbana de Belém* (PORTO et al., 2013) além de outras medidas, sendo elas:

- a) Graus de Risco I e II: Pelo fato de apresentarem condições estruturais e/ou fitossanitárias boas, demandam apenas tratos de manutenção, como por exemplo:
 - Poda de condução: Realizada durante a fase de desenvolvimento da árvore, para adequação ao local em que está situada, eliminando e evitando o desenvolvimento de ramos epicórmicos;
 - Poda de limpeza: Consiste na remoção de ramos defeituosos ou apodrecidos, em especial, ramos que apresentem ataque de pragas em fase inicial.

- b) Grau de Risco III: Pelo fato de árvores enquadradas nesta categoria oferecerem probabilidade ou consequência de queda mais elevada, é necessária a aplicação de medidas corretivas, como as mencionadas anteriormente, acrescentando-se:
 - Poda de correção: Realizada com o objetivo de adequar ramos que apresentem condições de anomalia ou desequilíbrio em relação a copa, além de epífitas em excesso (bromélias e ripsálias) e até mesmo bifurcações no tronco;

- Fechamento de orifícios ou lesões que possam favorecer a entrada de patógenos ou eliminação destes através da eliminação de ninhos ou aplicação de inseticidas biológicos, se constatada infestações;
 - Em alguns casos, poderá ser necessária a aplicação da poda de rebaixamento, que consiste na redução de altura da árvore e/ou crescimento simpodial¹⁷ elevado de forma a estabelecer um equilíbrio estrutural a árvore.
 - Não se deve descartar, e alguns casos, a aplicação de técnicas de dendrocirurgia, que consistem no reforço da estrutura externa da árvore ou limpeza de lesões/cavidades seguido de preenchimento com materiais inertes¹⁸.
- c) Grau de Risco IV: Árvores enquadradas nesta categoria de risco merecem atenção especial por apresentarem dimensões (altura, CAP e, em alguns casos, copa) elevadas, estrutura e/ou condições fitossanitárias aparentemente ruins e probabilidade de atingir diversos alvos. Neste caso, são necessárias ações emergenciais com aplicação de tratamentos específicos para recuperação. Desta forma, fazem-se as seguintes recomendações:
- Aplicação de metodologia de avaliação interna do indivíduo arbóreo, com objetivo de decidir sobre a remoção ou não da árvore;
 - Aplicação das medidas apresentadas anteriormente (Graus I, II e III);
 - Apesar de pouco recomendada, a poda drástica pode ser necessária e alguns casos, observando-se que medidas de acompanhamento na recuperação do indivíduo arbóreo devem ser aplicadas;
 - Se houver impossibilidade ou falta de recursos para aplicação das técnicas descritas acima, deve-se optar pela remoção do indivíduo arbóreo, observando-se a necessidade de laudo específico para cada indivíduo, justificando a necessidade.

¹⁷Está relacionado as condições de desenvolvimento da copa/ramos em uma única direção (monopodial) como é o caso das palmeiras ou em várias direções (simpodial) como por exemplo as mangueiras (BOBROWSKI, 2010).

¹⁸O *Manual de Orientação Técnica da Arborização Urbana de Belém* (PORTO et al., 2013) indica o uso de cimento ou poliuretano.

- d) Grau de Risco V: Nesta categoria de risco, a maioria dos autores – entre eles Brasil (1995), Sampaio et al. (2010) e Pereira et al. (2011) – concordam que a única alternativa é a remoção imediata do indivíduo arbóreo e substituição por outro indivíduo, pelo fato de oferecerem perigo irreparável a população.

Vale lembrar que as ações propostas variam de acordo com a situação de cada árvore, cabendo ao gestor então, a tomada de decisão quanto ao atendimento prioritário das situações que oferecem mais riscos a população. Ressalta-se aqui, que muitos autores – entre eles Brazolin (2009) e Porto et al. (2013) – consideram a remoção do indivíduo arbóreo como última alternativa para eliminação do risco, sendo adotada quando todas as alternativas forem esgotadas.

Todos os resultados aqui apresentados foram descritos e detalhados no relatório das condições da arborização e risco de queda de árvores no bairro de Nazaré (Apêndice B), no qual também sugere medidas específicas de manejo para cada indivíduo arbóreo avaliado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como mencionado, este estudo teve o caráter exploratório do problema da queda de árvores no município de Belém – PA. Isso significa dizer que muitas são as variáveis que podem influenciar na queda de árvores, necessitando assim, de estudos mais específicos para cada uma.

Por outro lado, considera-se que a falta de dados mais completos e registros de queda de árvores em períodos superiores ao obtido podem comprometer hipóteses e investigações mais aprofundadas sobre o comportamento desta variável (queda de árvores) em função de quaisquer outras. Além disso, tem-se o entendimento de que apontar as causas específicas de cada episódio de queda de árvores a fatores meteorológicos é uma tarefa bastante complexa, pois são circunstâncias pontuais, em outras palavras, a ocorrência de fenômenos meteorológicos é muito dinâmica em termos cronológicos e espaciais.

Todavia, através deste estudo foi possível concluir que os índices de quedas de árvores entre os anos de 2011 a 2018 apresentaram aumentos significativos em termos de valores anuais médios, tendo como principal hipótese o aumento na taxa de urbanização aliada as más condições de desenvolvimento do vegetal, além do envelhecimento e estado fitossanitário da arborização urbana.

Concluiu-se também que no período chuvoso da região o município apresentou índices substancialmente maiores em comparação ao período menos chuvoso, através do qual foi possível verificar a existência de uma correlação positiva moderada entre precipitação hídrica e ocorrências de quedas de árvores, estabelecendo que a grande maioria das causas do tombamento estão associadas a combinação da chuva com um ou mais fatores externos e/ou internos.

A variável velocidade do vento (incluindo rajadas) demonstrou pouca significância de modo isolado, entretanto, não podem ser descartadas, uma vez que está associada a eventos de precipitação, principalmente chuvas convectivas. Em relação a variável direção do vento predominante no dia das ocorrências, constatou-se que a direção leste, seguido por nordeste e sudeste. Diversas hipóteses podem explicar estes resultados, entre eles, o fato de que em alguns casos a raiz desenvolve sustentação em região oposta ao vento predominante – nordeste no caso do município de Belém – podendo influenciar na queda quando o vento

ocorre em direções opostas ou diferentes. Outra hipótese pode estar relacionada com a localização dos indivíduos arbóreos que caíram associadas à direção da via, entretanto, seria necessário um trabalho de espacialização de pontos de ocorrência de quedas de árvores a médio e longo prazo para verificar tal hipótese.

No que diz respeito ao protocolo de avaliação visual aplicado, concluiu-se que há um diferencial em relação aos demais em termos de ponderação, pois ao estabelecer pontuações diferentes para cada item de avaliação é possível fornecer ao gestor indicativos de quais deles podem ser trabalhados de forma individual para redução do risco. Este mesmo raciocínio pode ser aplicado a matriz de riscos, pois através da combinação com ferramentas de geoprocessamento é possível decidir quais indivíduos arbóreos merecem prioridade para redução de riscos. Além disso, com a utilização da matriz de riscos, evita-se que árvores com baixa probabilidade visual de queda sejam classificadas como alto risco pelo simples fato de estarem situadas em locais de grande movimentação por exemplo.

Em relação as condições gerais da arborização urbana no bairro de Nazaré, foram encontrados resultados relativamente satisfatórios em termos sanitários, porém, ainda é necessária aplicação de medidas que visem o controle da propagação de parasitas ou pragas em geral. Por outro lado, em termos estruturais e de condições de desenvolvimento das árvores nos trechos avaliados, os resultados demonstraram a falta de iniciativa do Poder Público para redução de condições de risco, pois, muitos dos problemas identificados poderiam ser evitados se aplicadas medidas simples de manejo durante as primeiras fases do pós-plantio e também ações de manejo adequadas para cada árvore, levando em conta que cada indivíduo arbóreo tem características estruturais e adaptativas próprias.

A utilização de ferramentas de geoprocessamento mostrou-se indispensáveis para um gerenciamento moderno, dinâmico e estratégico para tomada de decisões mais eficientes, não apenas para redução de riscos, mas também para diminuição de custos e tempo no processo de planejamento até aplicação das ações preventivas/corretivas. Enfatiza-se que são inúmeras as possibilidades no tratamento de informações espaciais, desde a filtragem de dados mais relevantes para o gestor até a combinação/sobreposição com outros aspectos ou mapas (tipo de solo e locais de maiores ocorrências, por exemplo).

Portanto, do ponto de vista exploratório e descritivo, este estudo mostrou-se relevante para o atendimento a este problema que por vezes é tratado como aleatório, em alguns casos, até pelo próprio Poder Público, demonstrando que a ocorrência de queda de árvores é o resultado de uma combinação entre ameaças naturais, processo de urbanização e deficiência na gestão. Como forma de complementação e aprimoramento deste estudo, segue algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Criação e desenvolvimento de software/aplicativo contendo o formulário de avaliação visual externa para coleta de informações das condições da arborização “*in locu*”, bem como de informações mais detalhadas na ocorrência de queda de árvores;
- Criação de um banco de dados para armazenar as informações coletadas em campo para integração em um Sistema de Informações Geográficas;
- Espacialização dos pontos em que houveram quedas de árvores, com a finalidade de verificar se há correlação entre direção da via e ventos predominantes no momento da ocorrência;
- Estudo de eletrorresistividade do solo para determinação das condições de aderência das raízes;
- Avaliação das condições internas dos indivíduos arbóreos, preferencialmente com métodos não invasivos, como complementação das análises visuais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Antonio José Pereira de et al. Relação entre o índice de vegetação e a temperatura de superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR. [Anais...] João Pessoa-PB, 2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0406.pdf>. Acesso em: 14 de fev. de 2019.
- ARAÚJO, Sérgio Baptista de. **Administração de desastres: Conceitos e Tecnologias**. 3ª ed. 152 p. Rio de Janeiro: Sygma SMS, 2012. 152 p. Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/AdministracaodeDesastres.pdf>. Acesso em: 25 de fev. de 2019.
- BASTOS, Therezinha Xavier et. al. **Aspectos Climáticos de Belém nos Últimos Cem Anos**. Embrapa Amazônia Oriental. ISSN 1517-2201. Belém – PA 2002. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/389773/1/OrientalDoc128.pdf>. Acesso em: 22 de mar. de 2018.
- BOBROWSKI, Rogério. 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: 13 de mar. de 2019.
- BOBROWSKI, Rogério. Problemas e distinções entre métodos de avaliação da condição geral de árvores urbanas. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v. 11, n. 2, p. 01-11, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305754906_problemas_e_distincoes_entre_metodos_de_avaliacao_da_condicao_geral_de_arvores_urbanas. Acesso em: 07 de mar de 2018.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Departamento de Minimização de Desastres. **Construindo Cidades Resilientes: minha cidade está se preparando**, 2010. Disponível em: <http://eird.org/curso-brasil/docs/modulo7/4.SEDEC-Cidades-Resilientes.pdf>. Acesso em: 16 de jan. de 2018.
- BRASIL, H. M. S. **Caracterização da Arborização Urbana: o caso de Belém**. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará – FCAP. Serviço de Documentação e Informação. Belém – PA, 1995. 195 p. ISBN: 85-7295-010-9.
- BRAZOLIN, Sérgio. **Biodeterioração, anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores de tipuana, Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze, nos passeios públicos da cidade de São Paulo, SP**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP, 2009. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-20042010-092326/publico/Sergio_Brazolin.pdf. Acesso em: 22 de fev. de 2019.
- BRAZOLIN, Sérgio et al. 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. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr86/cap09.pdf>. Acesso em: 08 de mar. de 2019.

BRITO NETO, Rodrigo Lacerda; BARRETO, Patrícia Anjos Bittencourt; PRADO, Wilmerson Bernardino. **Utilização de aplicativo telemóvel para medição da altura total de árvores**. In: SEMANA DE ENGENHARIA FLORESTAL DA BAHIA, 4. & MOSTRA DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS DA UESB, 1., 2016, Vitória da Conquista – BA, 2016. [Anais...] Disponível em: <http://www.uesb.br/eventos/seefflor/publicacoes/2016/utilizacao%20de%20aplicativo%20telemovel%20para%20medicao%20da%20altura%20total%20de%20arvores.pdf>. Acesso em: 13 de abr. de 2018.

CALZAVARA, B. B. G.; MORAIS, V. H. de F. **O problema da queda acidental de mangueiras em Belém**. Belém, PA: IPEAN, 1969. 39 p. il. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160796/1/FL00387-.pdf>. Acesso em: 25 de fev de 2019.

CAMPOS, Thamiris Luisa de Oliveira Brandão; MOTA, Maria Aurora Santos; SANTOS, Sérgio Rodrigo Quadros. Eventos extremos de precipitação em Belém – PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 1, p. 182-194, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/928/92832874017/>. Acesso em: 29 de mar. de 2019.

CAPUDI, Henrique Machado. **Arborização Urbana: Influência no valor de mercado dos imóveis**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias. Curso de Especialização em Gestão Florestal. Curitiba – PR, 2013. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/50736/r%20-%20e%20-%20henrique%20machado%20capudi.pdf?sequence=1>. Acesso em: 12 de fev. de 2019.

CARMELO, S. R. et al. Diagnóstico das interferências da arborização na rede de distribuição de energia elétrica. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - SENDI, 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: 23 de fev. de 2019.

CARMO, J. P. M. M. **Avaliação do estado atual das árvores classificadas de interesse público da cidade de Lisboa e recomendações para a sua manutenção**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2013. Disponível em: https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/6344/1/Dissertacao_revista_15jul13.pdf. Acesso em: 26 de fev. de 2019.

CEMADEN. **Principais tipos de ameaças naturais no Brasil**. Ministério da Ciência, Tecnologia, inovações e Comunicações. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. São José dos Campos – SP, 2014. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/categoria/ameacas-naturais/>. Acesso em: 13 de mar. de 2019.

CONCEIÇÃO, Isaías de Jesus da. **Proposta de um Sistema de Avaliação de Risco potencial de queda de árvores em parques urbanos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas – Botânica Tropical. Universidade Federal Rural da Amazônia. Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém – PA, 2015.

COSTA, Luís Belo. Tempestade Ana causa um morto, derruba 389 árvores e provoca 37 inundações. **Rádio e Televisão de Portugal**, 10 de dezembro de 2017. Disponível em: https://www.rtp.pt/noticias/pais/tempestade-ana-causa-um-morto-derruba-389-arvores-e-provoca-37-inundacoes_n1045548. Acesso em: 19 de mar. de 2018.

DEZ anos após o furacão Catarina, moradores relembram tragédia. **G1 Santa Catarina**, 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2014/03/dez-anos-apos-o-furacao-catarina-moradores-relembra-tragedia.html>. Acesso em: 21 de mar. de 2018.

ESTEVES, Cláudio de Jesus Oliveira. Risco e Vulnerabilidade Socioambiental: aspectos conceituais. **Cad. IPARDES**, v.1, n.2, p. 62-79, jul./dez. Curitiba, PR, ISSN 2236-8248, v.1, 2011. Disponível em: <http://www.ipardes.pr.gov.br/ojs/index.php/cadernoipardes/article/view/421>. Acesso em: 12 de abr. de 2017.

FIGUEIREDO FILHO; Dalson Britto; SILVA JÚNIOR, José Alexandre da. Desvendando os mistérios do coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, v. 18, n.1, p. 115-146, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/viewFile/3852/3156>. Acesso em: 01 de abr. de 2019.

FREITAS, Carlos Machado de et al. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência – lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. **Ciênc. saúde coletiva**, v.17, n.6, p.1577-1586, Rio de Janeiro – RJ, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000600021&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 12 de abr. de 2017.

FURACÃO Irma atinge a Flórida e causa mortes; centro de Miami está inundado. **UOL**, 2017. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/internacional/ultimas-noticias/2017/09/10/a-horas-do-auge-do-furacao-irma-florida-ja-tem-milhares-sem-luz-e-inundacoes.htm>. Acesso em: 19 de mar. de 2018.

GALSTON, Arthur W.; DAVIES, Peter J. **Mecanismos de controle no desenvolvimento vegetal**. São Paulo – SP: Ed. Edgard Blucher Ltda; Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências, 1972, 171 p.

GAMA NETO, Oswaldo. **Arborização Urbana em Belém**: Diálogo entre tempos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Belém – PA, 2013. Disponível em: http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/8615/1/Dissertacao_ArborizacaoUrbanaBelem.pdf. Acesso em: 15 de fev. de 2019.

HARFOUCHE, Tieme Breternitz et al. Uso de aplicativos em smartphone para medições de árvores. **Biofix Scientific Journal**, Curitiba – PR, v. 4, n. 1, p. 07-15, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/biofix/article/download/62532/37502>. Acesso em: 15 de mar. de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Belém: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/panorama>. Acesso em: 14 de mar. de 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.

Diagnóstico e análise de risco de queda de árvores de vias públicas da cidade de São Paulo. São Paulo: IPT; Prefeitura do Município de São Paulo, 2004 (Relatório Técnico n° 73 875-205. Projeto Árvore Saudável. São Paulo – SP). v.1. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/arquivos/secretarias/meio_ambiente/projetos_acoes/Projeto_Arvore_Saudavel_Volume1.pdf. Acesso em: 28 de fev. de 2019.

INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. **Reconhecimento de Riscos de Árvores.** [s.1.]: Isa, 2013. Disponível em: <https://www.treesaregood.org/portals/0/docs/tree_care/Reconhecimento%20de%20Riscos%20de%20Arvores.pdf. Acesso em: 20 de mar. de 2018.

KLECHOWICZ, Neuceli Aparecida. **Diagnóstico dos acidentes com árvores na cidade de Curitiba – PR.** 2001. XII, 83f. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curitiba – PR, 2001. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24866/D%20-%20KLECHOWICZ,%20NEUCELI%20APARECIDA.pdf?sequence=1&isAllowed=>. Acesso em: 08 de mar. de 2019.

KUHNEN, Ariane. Meio Ambiente e Vulnerabilidade, a percepção ambiental de risco e comportamento humano. **Geografia**, Londrina – PR, v. 18, n. 2, p. 37-52, 2009. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/2009>. Acesso em: 12 de abr. de 2017.

LAFRAMBOISE, Nicole; LOKO, Boileau. **Natural Disasters: Mitigating Impact, Managing Risks.** Working Paper n. 12/245. International Monetary Fund - IMF. External Relations Department, Western Hemisphere Department. 2012. Disponível em: <http://www.imf.org/en/publications/wp/issues/2016/12/31/natural-disasters-mitigating-impact-managing-risks-40044>. Acesso em: 16 de jan. de 2018. ISBN/ISSN:978147551 2717/1018-5941.

LEAL, L.; BUJOKAS, W. M.; BIONDI, D. Análise da infestação de erva-de-passarinho na arborização de ruas de Curitiba, PR. **Revista Floresta**, v. 36, n. 3, set/dez de 2016, p. 323-330. Curitiba – PR, 2006. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/download/7512/5373>. Acesso em: 08 de mar. de 2019.

LEINFELDER, Robson Rodrigues. **Análise de riscos para redução dos riscos de segurança em uma pedreira paulista.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-07122016-102503/publico/RobsonRodriguesLeinfelderCorr16.pdf>. Acesso em: 15 de mai de 2019.

LICCO, Eduardo Antonio. Vulnerabilidade Social e Desastres Naturais: Uma análise preliminar sobre Petrópolis, Rio de Janeiro. **Revista Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - InterfacEHS.** Dossiê, v. 8, n. 1. São Paulo – SP, 2013. Disponível em: http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/2_DOSSIE_vol-8n1.pdf. Acesso em: 19 de fev. de 2019.

LIMA NETO, Everaldo Marques de. **Aplicação do Sistema de Informações Geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curitiba – PR, 2011. Disponível em: http://www.floresta.ufpr.br/defesas/pdf_ms/2011/d560_0749-M.pdf. Acesso em: 21 de mar. de 2018.

LOBODA, Carlos Roberto; ANGELIS, Bruno Luiz Domingos de. Áreas Verdes Públicas: Conceitos, usos e funções. **Revista Ambiência**, v. 1, n.1, p. 125-139, jan./jun. Guarapuava – PR, 2005. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/viewFile/157/185>. Acesso em: 12 de mar. de 2019.

MAGALHÃES, Lúcio Mauro S. **Arborização e Florestas Urbanas** – Terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. Série Técnica Floresta e Ambiente. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Departamento de Ciências Ambientais. Instituto de Florestas. Seropédica – RJ, 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/st/pdf/arboriza.pdf>. Acesso em: 12 de fev. de 2019.

MANFIO, Vinícius. **Pólos Geradores de Tráfego**: Uma análise das legislações vigentes e a cidade de Santa Maria. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Tecnologia. Santa Maria – RS, 2015. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_VI_NICIUS.pdf. Acesso em: 22 de fev. de 2015.

MARANDOLA JR., Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. O risco em perspectiva: tendências e abordagens. **Rev. Geosul**, v. 19, n. 38, p. 25-58, jul./dez. Florianópolis – SC, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/%25x>. Acesso em: 25 de fev. de 2019.

MARTINS, Larissa Fernanda Vieira; ANDRADE, Helisson Henrique Borsarto de; ANGELIS, Bruno Luiz Domingos de. Relação entre podas e aspectos fitossanitários em árvores urbanas na cidade de Luziana, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana – REVISBAU**, v. 5, n. 4, p. 141 a 155. Piracicaba – SP, 2010. Disponível em: http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo155-publicacao.pdf. Acesso em: 20 de mar. de 2018.

MENDES, Flávio Henrique. **Vulnerabilidade à queda de árvores por meio de simulações microclimáticas**. Dissertação de Mestrado. Programa: Recursos Florestais. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 69 p. Piracicaba – SP, 2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-22062016-165232/>. Acesso em: 21 de mar. de 2018.

MENEGHETTI, Gabriela Ignarra Pedreira. **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: 12 de fev. de 2019.

MOURA, Maurício do Nascimento; VITORINO, Maria Isabel. Variabilidade da Precipitação em tempo e espaço associada à Zona de Convergência Intertropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 4, p. 475-483. Belém – PA, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v27n4/10.pdf>. Acesso em: 22 de mar. de 2018.

NAZARÉ, Leonardo Loureiro. **Método Geofísico da Eletroresistividade aplicado no estudo ambiental de árvores centenárias no Bosque Rodrigues Alves**. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Geofísica. Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências. Faculdade de Geofísica. Belém – PA, 2018.

NEDEL, Anderson; SAUSEN, Tania M.; SAITO, Silvia M. Zoneamento dos desastres naturais ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1989 – 2009: Granizo e vendaval. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 119-126. Santa Maria – RS, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v27n2/a01v27n2.pdf>. Acesso em: 15 de mai de 2019.

OLIVEIRA, Robson José de et al. Gestão e Avaliação da Arborização de Áreas Públicas no município de Bom Jesus – Piauí. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável – RBAS**, v. 06, n. 03, p. 09 a 14. Viçosa – MG, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/ojs/rbas/article/view/2880/1353>. Acesso em: 08 de fev. de 2019.

OLIVEIRA, Sandra; LOPES, António. Metodologia de Avaliação do Risco de Queda de árvores devido 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: 17 de jan. de 2018.

PEREIRA, Paula Helena et al. Estudo de caso do risco de queda de árvores urbanas em via pública na cidade de Dois Vizinhos-PR. **Synergismus scyentifica**. Pato Branco – PR, v.6, n.1, p. 1-10, 2011. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/1281>. Acesso em: 12 de abr. de 2017.

PINHEIRO, Clebio Rodrigues; SOUZA, Danilo Diego de. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis – SC, v.6, n.1, p. 67-82, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v6e1201767-82>. Acesso em: 15 de fev. de 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM. Caracterização do Território. **Anuário Estatístico do Município de Belém**. Belém – PA, 2011. Disponível em: http://www.belem.pa.gov.br/app/ANUARIO_2011/1_01_Caracterizacao%20do%20Territorio.pdf. Acesso em: 22 de mar. de 2018.

PORTO, Luiz Paulo Monteiro et al. **Manual de Orientação Técnica da Arborização Urbana de Belém**. Universidade Federal Rural da Amazônia e Prefeitura Municipal de Belém – Luiz Paulo Monteiro Porto, Heliana Maria Silva Brasil, Organizadores. 110 p. Belém – PA, 2013. ISBN 978-85-7295-090-9.

PREJUÍZO por furacão Irma na Flórida chega a US\$ 19,4 bilhões. **Revista Exame**, 2017. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/economia/prejuizo-por-furacao-irma-na-florida-chega-a-us-194-bilhoes/>. Acesso em: 19 de mar. de 2018.

QUEDAS de árvores matam cinco pessoas no nordeste dos Estados Unidos. **Jornal de Notícias**, 3 de março de 2018. Disponível em: <https://www.jn.pt/mundo/interior/quedas-de-arvores-matam-cinco-pessoas-no-nordeste-dos-eua-9158833.html>. Acesso em: 19 de mar. de 2018.

QUEDAS de árvores no inverno amazônico preocupam a população. **G1 Pará**, 20 de dezembro de 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2016/12/quedas-de-arvores-no-inverno-amazonico-preocupam-populacao.html>. Acesso em: 19 de mar. de 2018.

REBOLHO, Bianca de Castro Silva; SCORTEGAGNA, Adalberto. Principais áreas de risco para desastres naturais na cidade de Curitiba-PR no ano de 2009. **Revista FAE**, v. 16, n. 2, p. 192-198. Curitiba – PR, 2013. Disponível em: <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/viewFile/147/91>. Acesso em: 21 de fev. de 2019.

RIBEIRO, Paulo José do Rosário. **Queda de árvores motivada por ventos fortes em Lisboa**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. 2011. Disponível em: http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/9343/1/igotul001890_tm.pdf. Acesso em: 19 de fev. de 2019.

RIBEIRO, Rosemary Campos. **Análise do Conforto Ambiental Urbano aplicado à área central de Pedro Leopoldo**. Monografia de Especialização. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. Belo Horizonte – MG, 2002. Disponível em: <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/ROSEMARY%20CAMPOS%20RIBEIRO.PDF>. Acesso em: 14 de fev. de 2019.

RODRIGUES, Mateus dos Reis; PANTOJA, Rosinaldo Carvalho. **Identificação dos Impactos e Riscos Ambientais decorrentes das ações antrópicas no km 22 da Alça Viária**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Ambiental Centro de Ciências Naturais e Tecnologia. Universidade do Estado do Pará. Belém – PA, 2012.

ROLLO, Francisco Martins de Almeida. **Identificação de padrões de resposta a tomografia de impulso em tipuanas (*Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze)**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-16032010-142305/>. Acesso em: 13 de mar. de 2019.

SALOMÃO, R. P. et al. Seleção de espécies arbóreas ornamentais para arborização urbana adequada a rede elétrica, Estado do Pará. **Anais. II CITENEL**. 2003. Disponível em: <http://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/03/selec%cc%a7a%cc%83o-de-espe%cc%81cies-arbo%cc%81reas-ornamentais-para-arborizac%cc%a7a%cc%83o-urbana-adequada-a-rede-ele%cc%81trica-estado-do-para%cc%81.pdf>. Acesso em: 15 de mai de 2019.

SAMPAIO, André Cesar Furlaneto et al. Avaliação de árvores de risco na arborização de vias públicas de Nova Olímpia, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 2, p. 82-104. Piracicaba – SP, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285578660_avaliacao_de_arvores_de_risco_na_arborizacao_de_vias_publicas_de_nova_olimpia_parana. Acesso em: 12 de mar de 2019.

SÁNCHEZ, Luiz Enrique. Análise de Risco. In: _____. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e métodos**. 2^a ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013. p. 313-331.

SANTOS, Camila Ismania. **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. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8928/1/CT_CEEST_XXXIII_2017_06.pdf. Acesso em: 15 de mar. de 2019.

SHARMA, Vinod K. **Natural Disaster Management in India - Environment and development view point**. Disaster Management. Indian Institute of Public Administration. New Delhi – Índia, 2011. Disponível em: http://www.teriuniversity.ac.in/mct/pdf/Environment/Disaster_risk_reduction_through_environment_management_and_disaster_management/Prof%20Vinod%20Sharma/Natural_Disaster.pdf. Acesso em: 16 de jan. de 2018.

SILVA, Dâmaris Araújo da. **Avaliação quali-quantitativa da mangueira (*Mangifera indica* L.) na arborização viária e percepção dos moradores da cidade de Belém – PA**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curitiba – PR, 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/37995/R%20-%20D%20-%20DAMARIS%20ARAUJO%20DA%20SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 de fev. de 2019.

SILVA, Karen Allen Resende et. al. Diagnóstico e uso de Geoprocessamento para manejo da arborização urbana do bairro Centro da cidade do Rio de Janeiro – RJ. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana – REVISBAU**. v. 11, n. 4, p. 98 a 114. Piracicaba – SP, 2016. Disponível em: <http://www.revsbau.esalq.usp.br/teste/ojs-2.3.7/index.php/REVSBAU/article/view/583/pdf>. Acesso em: 21 de mar. de 2018.

SILVA, Stefania Dalmolin da; STRECK, Nereu Augusto. Tendências das séries históricas do índice de calor no município de Santa Maria - RS. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, p. 1360 a 1366. Santa Maria – RS, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782014000801360&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 14 de fev. de 2019.

SILVA JUNIOR, João de Athaydes. **Avaliação de Parâmetros Micrometeorológicos, do conforto e da Percepção Térmica na área urbana da cidade de Belém – PA**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável no Trópico Úmido. Universidade Federal do Pará. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. Belém – PA, 2012. Disponível em: <http://www.ppgdstu.propesp.ufpa.br/arquivos/teses/teses/2012/joao%20de%20athaydes%20silva%20junior.pdf>. Acesso em: 22 de mar. de 2018.

SOUSA, Maeli Freitas et al. Avaliação quali-quantitativa e fitossanitária das espécies vegetais do Campus IV: um enfoque sustentável. **Revista Terceiro Incluído**, v. 3, n. 2, p. 86 a 103, Goiânia – GO, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/teri/article/viewFile/29800/16432>. Acesso em: 26 de fev. de 2019.

SOUZA, Valdineis Aparecido de. **Proposta de educação ambiental nas principais áreas de risco para desastres naturais em Curitiba nos últimos anos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Curso de Pós Graduação em Mudanças Climáticas, Projetos Sustentáveis e Mercado de Carbono. Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR, 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/50099/R%20-%20E%20-%20VALDINEIS%20APARECIDO%20DE%20SOUZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 de fev. de 2019.

TAVARES, Alexandre Oliveira; MENDES, José Manuel; BASTO, Eduardo. Percepção dos riscos naturais e tecnológicos, confiança institucional e preparação para situações de emergência: O caso de Portugal continental. **Revista Crítica de Ciências Sociais** [Online], 2011. Disponível em: <http://rccs.revues.org/1380>. Acesso em: 12 de abr. de 2017.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do. **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. Instituto Geológico. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo – SP, 2009. Disponível em: <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em: 19 de fev. de 2019.

TOZZI, Rodrigo Henrique Branquinho Barboza. A Tutela Jurídica da Arborização Urbana. **Revista Âmbito Jurídico**. Ano XX, edição nº 159. São Paulo – SP, 2017. Disponível em: http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=18708&revista_caderno=5. Acesso em: 15 de fev. de 2019.

APÊNDICES

**APÊNDICE B – RELATÓRIO DAS CONDIÇÕES DA ARBORIZAÇÃO
E RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES NO BAIRRO DE NAZARÉ [CD]**

ANEXOS

ANEXO A – OFÍCIO DE RESPOSTA DO CIOP



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA E DEFESA SOCIAL
CENTRO INTEGRADO DE OPERAÇÕES



OFÍCIO Nº 69/2019 – Coord. Telemática.

Belém - PA, 25 de Fevereiro de 2019.

Ao Exmo Sr.

PROF. DR HERNANI JOSE BRAZÃO RODRIGUES

Universidade Federal Do Pará

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia

Assunto: Solicitação de relatórios de ocorrência.

Anexo: 01 (um) Relatório técnico nº 69/2019 – OCORRENCIA/CIOP e Relatório de ocorrência em anexo.

Cumprimentando-o e de ordem do Exmº Sr. Diretor do CIOP, conforme solicitação contida no **Ofício 06/2019 - PPGGRD**, do dia 13 de Fevereiro de 2019, encaminho a V.Ex.ª, os relatórios conforme solicitados, de ocorrência de queda de arvore em via publica.

Ademais informo que os meses disponíveis são de janeiro de 2011 até fevereiro de 2019.

Atenciosamente,

ALDIRLEY BARBOSA DE FARIAS - MAJ QOCBM

Coordenador de Telemática / CIOP

Mat.: 57197249



Rua Cesário Alvim, 691 - PABX (91) 3213-3150. CEP 66023-170 Belém-Pa.
<http://www.ciop.pa.gov.br> - E-mail: TELEMATICA.CIOP@GMAIL.COM
DIG/ VC JOAO VICTOR

**ANEXO B – MODELO DE FORMULÁRIO UTILIZADO PELA
SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE BELÉM –
SEMMA PARA AVALIAÇÃO DE ÁRVORES**

VISTORIA TÉCNICA

- 1) **REQUERENTE:** _____
ENDEREÇO: _____
PERÍMETRO: _____
BAIRRO: _____
PROCESSO Nº: _____ **DATA DA SOLICITAÇÃO** ____/____/____

AUTORIZAÇÃO DE EXECUÇÃO

DIRETORIA – DAVP

2) **Motivo da Vistoria:**

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> a) CELPA BT | <input type="checkbox"/> f) PLANTIO |
| <input type="checkbox"/> b) CELPA AT | <input type="checkbox"/> g) REVITALIZAÇÃO |
| <input type="checkbox"/> c) PODA | <input type="checkbox"/> h) MANUTENÇÃO GERAL |
| <input type="checkbox"/> d) RETIRADA | <input type="checkbox"/> i) IMPLANTAÇÃO |
| <input type="checkbox"/> e) DESTOCAMENTO | <input type="checkbox"/> j) OUTROS RELATOS GERAIS |

- 3) **RELATO GERAL:** _____

Belém (PA), ____/____/____

 Assinatura do Requerente

 Assinatura Responsável Técnico