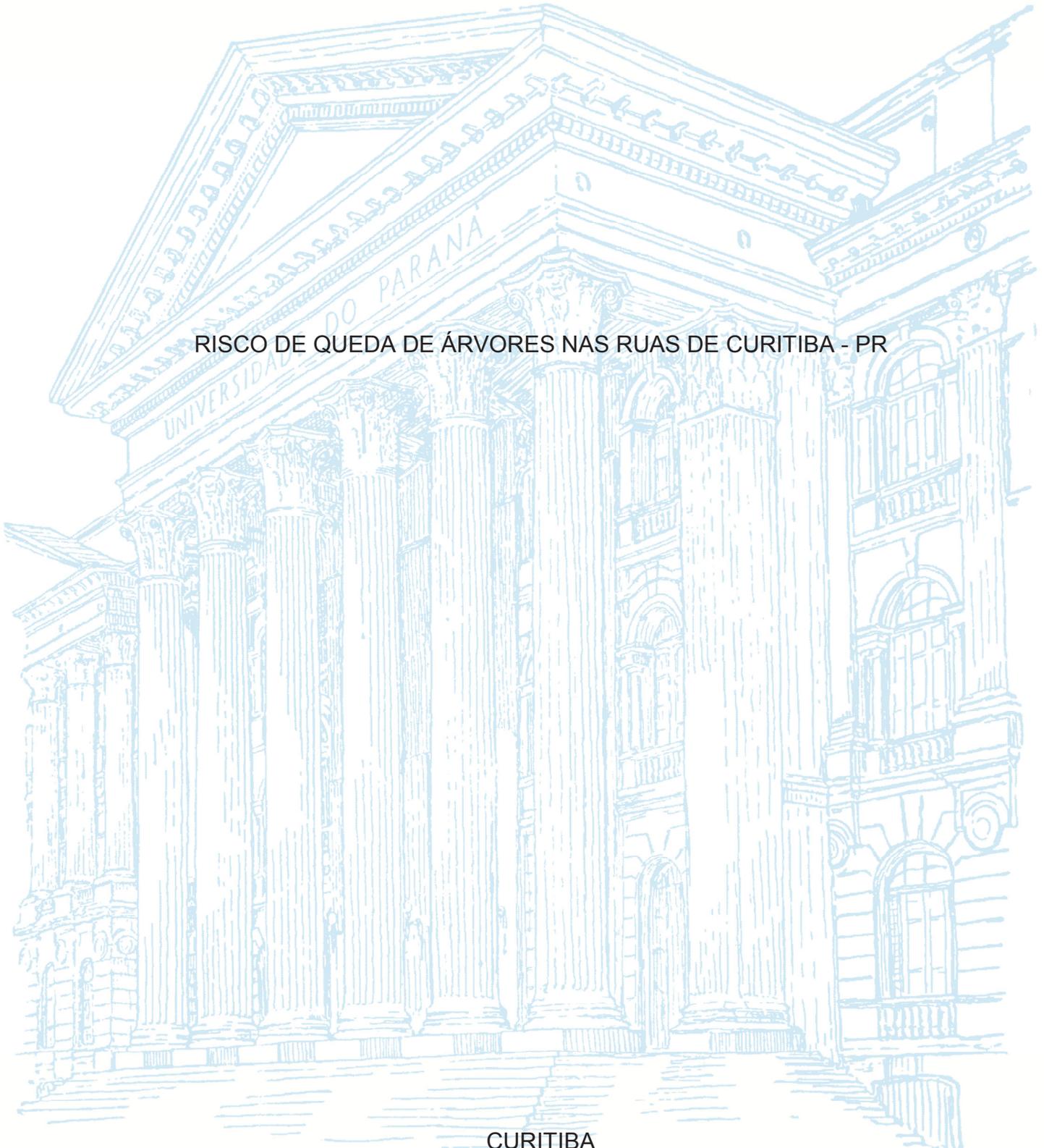


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DÂMARIS ARAÚJO DA SILVA

RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES NAS RUAS DE CURITIBA - PR



CURITIBA

2019

DÂMARIS ARAÚJO DA SILVA

RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES NAS RUAS DE CURITIBA - PR

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutora em Engenharia Florestal, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias.

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Biondi

Coorientadores: Prof. Dr. Alexandre Behling
Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

CURITIBA

2019

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Silva, Dâmaris Araújo da

Risco de queda de árvores nas ruas de Curitiba – PR / Dâmaris Araújo da Silva. – Curitiba, 2019.
137 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Biondi

Coorientadores: Prof. Dr. Alexandre Behling

Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 15/02/2019.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Florestas urbanas – Curitiba (PR). 2. Arborização das cidades – Curitiba (PR). 3. Árvores – Avaliação de risco. 4. Árvores – Inspeção. 5. Poda. 6. Teses. I. Batista, Daniela Biondi. II. Behling, Alexandre. III. Batista, Antonio Carlos. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.27(816.2)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL - 40001016015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **DAMARIS ARAUJO DA SILVA** intitulada: **RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES NAS RUAS DE CURITIBA-PR**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 15 de Fevereiro de 2019.

DANIELA BIONDI BATISTA
Presidente da Banca Examinadora

LUCIANA LEAL
Avaliador Externo (COPEL - PR)

ANGELINE MARTINI
Avaliador Externo (UFV)

EVERALDO MARQUES DE LIMA NETO
Avaliador Externo (UFRPE)

ANTONIO CARLOS BATISTA
Avaliador Interno (UFPR)



Dedico à Deus e a minha família
por toda inspiração e força
nessa longa jornada.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Profa. Daniela Biondi, pela sua sabedoria, profissionalismo e persistência em acreditar que sempre podemos melhorar.

Ao meu co-orientador, Antonio Carlos Batista, por todas as sugestões e conselhos relevantes para a estruturação e desenvolvimento desta pesquisa.

Ao prof. Alexandre Behling por aceitar o desafio de me auxiliar com toda a parte estatística deste trabalho, muito obrigada.

Aos amigos do laboratório de Paisagismo pela convivência, conselhos e ajuda nas coletas de campo.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal do Paraná, pelo apoio recebido.

À Secretaria Municipal do Meio Ambiente/PMC de Curitiba, Paraná pela disponibilização dos dados de corte de árvores, sobretudo, ao José Fernando Rios pela prontidão em ajudar, muito obrigada.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos, a qual possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos funcionários Reinaldo e David por todo suporte e colaboração.

Aos amigos e familiares de Belém e Curitiba, muito obrigada!

Provai e vede como o SENHOR
é bom. Como é feliz o homem
que nele se abriga! Salmos 34:8

RESUMO

A ausência de informações sobre o risco de queda de árvores associado à presença dos alvos no meio urbano tem gerado inúmeros problemas, como danos materiais e pessoais. A análise visual tem sido um dos principais métodos usados para avaliar o risco de queda das árvores. Desta forma, essa pesquisa objetivou identificar e avaliar os fatores associados ao risco de queda de árvores nas ruas de Curitiba - PR. Para isto, utilizaram-se dados secundários fornecidos pela Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC) e dados coletados em campo. A partir dos dados de corte de árvores com risco de queda fornecidos pela PMC, as variáveis foram processadas em: espacialização dos cortes das árvores por espécie, por bairro e por motivo de corte. Foram selecionadas em campo as árvores de *Acer negundo* L. e *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze. Essas espécies foram escolhidas por estarem entre as mais plantadas e cortadas nas ruas curitibanas. Baseado no inventário realizado em 2011 foram escolhidas 240 árvores adultas, sendo 120 árvores por espécie, com DAP \geq 15 cm. Dessas 120 árvores, selecionou-se 60 que apresentavam sinais de injúrias, apodrecimento ou outros fatores que podem prejudicar o desenvolvimento das árvores; e 60 indivíduos que não apresentavam ou apresentavam percentagem inferior a 50% de injúrias, rachaduras e apodrecimento. Foram selecionados seis bairros que detinham as maiores quantidades de indivíduos de *A. negundo* e *T. tipu*. Para a análise do risco de queda das árvores foi utilizado um método de avaliação visual. Para definir os cenários de risco de queda das árvores de *A. negundo* e *T. tipu*, adotou-se a técnica multivariada de análise discriminante, utilizando o programa *SPSS Statistics 17.0*. Os resultados indicaram que a *T. tipu* foi a espécie mais cortada nas ruas de Curitiba, representando 15%. Os bairros CIC, Boqueirão e Água Verde foram os que apresentaram maior número de árvores cortadas, totalizando 17%. Os principais motivos de corte de árvores em Curitiba estão associados aos conflitos das árvores com o meio-físico e aos problemas fitossanitários, representando 64%. As árvores de *A. negundo* e *T. tipu* encontram-se em estágio maduro, com pouco ou nenhum plantio recente nas vias, 78% dessas árvores encontram-se em vias de tráfego rápido. As variáveis estatisticamente significativas na avaliação do risco de queda do *A. negundo* foram a condição geral do tronco, do colo, da copa, quebra de calçada, DAP e tipo de edificação. Para *T. tipu* as condições gerais do tronco, da copa, do colo, a quebra de calçada, inclinação do tronco e fluxo geral foram as variáveis mais relevantes na análise do risco de queda. Esses resultados reforçam a importância da escolha da espécie e do local de plantio, pois as características inerentes à espécie e as condições do local foram relevantes nas avaliações do risco de queda das árvores analisadas.

Palavras-chave: Mapa de risco. Avaliação visual de árvores. Estatística multivariada. *Acer negundo*. *Tipuana tipu*.

ABSTRACT

The lack of information on the risk of falling trees associated with the presence of targets in urban areas has generated numerous problems, such as personal and material damages. Visual analysis has been one of the main methods used to assess the risk of falling trees. In this way, this research aimed to identify and evaluate the factors associated with tree fall risk in the streets of Curitiba - PR. For this, we used secondary data provided by Curitiba City Hall (PMC) and data collected in the field. From the tree cutting data of trees with risk of fall provided by PMC, the variables were processed in: spatialization of tree cutting by species, by neighborhood and for reasons of cutting. The trees of *Acer negundo* L. and *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze were selected in the field. These species were chosen because they are among the most planted and cut species in the streets of Curitiba. Based on the inventory carried out in 2011, 240 adult trees were chosen, being 120 trees per species, with DAP \geq 15 cm. Of these 120 trees, 60 were selected that showed signs of injuries, rotting or other factors that could impair the development of the trees; and 60 individuals which did not present or had a percentage of less than 50% of injuries, cracks and rot. Six neighborhoods with the largest numbers of *A. negundo* and *T. tipu* individuals were selected. For the analysis of the risk of falling trees was used a method of visual evaluation. To define the risk scenarios for the fall of *A. negundo* and *T. tipu* Trees, the multivariate discriminant analysis technique was adopted using the *SPSS Statistics* 17.0 program. The results indicated that *T. tipu* was the most cut species in the streets of Curitiba, representing 15%. The CIC, Boqueirão and Água Verde districts were the ones with the highest number of trees cut, totaling 17%. The main reasons for tree cutting in Curitiba are associated to tree conflicts with the physical environment and phytosanitary problems, accounting for 64%. The trees of *A. negundo* and *T. tipu* are in a mature stage, with little or no recent planting in the streets. 78% of these trees are in fast traffic streets. The trees presented adequate urban environment characteristics. The statistically significant variables in the evaluation of the risk of fall of *A. negundo* were the general condition of the trunk, the neck, the canopy, the breakage of the sidewalk, DAP and type of edification. For *T. tipu* the general conditions of the trunk, crown, lap, sidewalk breakage, trunk inclination and general flow were the most relevant variables in the fall risk analysis. These results reinforce the importance of the choice of the species and the planting site, since the inherent characteristics of the species and the local conditions were relevant in evaluating the risk of fall of the trees of analyzed.

Key-words: Risk map. Visual evaluation of trees. Multivariate statistics. *Acer negundo*. *Tipuana tipu*.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CLASSIFICAÇÃO DA FLORESTA URBANA	21
FIGURA 2- CONTRIBUIÇÃO DA AVALIAÇÃO DO RISCO DE QUEDA PARA O PROCESSO DE GESTÃO DO RISCO DE QUEDA DA ÁRVORE.....	31
FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NA CIDADE DE CURITIBA-PR	39
FIGURA 4 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA PESQUISA.....	42
FIGURA 5 - MOTIVOS DE CORTE DAS ÁRVORES DE CURITIBA NO PERÍODO DE 2013-2016	43
FIGURA 6 - ILUSTRAÇÃO DA AVALIAÇÃO DA INCLINAÇÃO DO TRONCO	48
FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DE FATORES DE RISCO DE QUEDA.....	49
FIGURA 8 - ESPACIALIZAÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM RISCO SUPRIMIDAS NA CIDADE DE CURITIBA NO PERÍODO DE 2013-2016	59
FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS QUINZE ESPÉCIES MAIS CORTADAS NA CIDADE DE CURITIBA	62
FIGURA 10 - PROPORÇÃO DE ÁRVORES CORTADAS NAS RUAS DE CURITIBA DE ACORDO COM OS MOTIVOS DO CORTE NO PERÍODO DE 2013-2016	70
FIGURA 11 - ESPACIALIZAÇÃO DOS MOTIVOS DE CORTE DAS ÁRVORES DE RISCO DA CIDADE DE CURITIBA.....	71
FIGURA 12 - ESPACIALIZAÇÃO DOS MOTIVOS DE CORTE DAS QUINZE ÁRVORES MAIS CORTADAS NA CIDADE DE CURITIBA	73
FIGURA 13 - CONDIÇÕES DAS ÁRVORES DE <i>A. NEGUNDO</i> NAS RUAS DE CURITIBA	78
FIGURA 14 - CONDIÇÕES DAS ÁRVORES DE <i>T. TIPU</i> NAS RUAS DE CURITIBA	78
FIGURA 15 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DAS ÁRVORES DE <i>A. NEGUNDO</i> NAS RUAS DE CURITIBA.....	80
FIGURA 16 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DAS ÁRVORES DE <i>T. TIPU</i> NAS RUAS DE CURITIBA.....	80

FIGURA 17 - DISTRIBUIÇÃO HIPSOMÉTRICA DAS ÁRVORES DE <i>A. NEGUNDO</i> NAS RUAS DE CURITIBA	81
FIGURA 18 - DISTRIBUIÇÃO HIPSOMÉTRICA DAS ÁRVORES DE <i>T. TIPU</i> NAS RUAS DE CURITIBA.....	82
FIGURA 19 - CLASSES DE ÁREA DE COPA DAS ÁRVORES DE <i>A. NEGUNDO</i> NAS RUAS DE CURITIBA	83
FIGURA 20 - CLASSES DE ÁREA DE COPA DAS ÁRVORES DE <i>T. TIPU</i> NAS RUAS DE CURITIBA	83
FIGURA 21 - RELAÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES PLANTADAS E TIPO DE VIA URBANA NAS RUAS DE CURITIBA	85
FIGURA 22 - RELAÇÃO DO TIPO DE VIA E O FLUXO DE VEÍCULOS E PESSOAS NAS RUAS DE CURITIBA	85
FIGURA 23 - GRUPOS CENTRÓIDES DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES DOS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DO <i>A. NEGUNDO</i>	94
FIGURA 24 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS CENTROIDES DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES DOS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DA <i>T.</i> <i>TIPU</i>	105

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CATEGORIZAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES.....	36
QUADRO 2 - CATEGORIZAÇÃO DOS FATORES INTERNOS DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES <i>DE A. NEGUNDO</i> E <i>T. TIPU</i>	50
QUADRO 3 - CATEGORIZAÇÃO DOS FATORES EXTERNOS DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES DE <i>A. NEGUNDO</i> E <i>T. TIPU</i>	52
QUADRO 4 - AJUSTE DOS DADOS PARA APLICAÇÃO DA ANÁLISE DISCRIMINANTE NO SPSS	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - FUNÇÕES PREVISTAS DOS AGENTES ENVOLVIDOS NA AVALIAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE UMA ÁRVORE.....	32
TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS MOTIVOS DE CORTE DAS ÁRVORES DE CURITIBA NO PERÍODO DE 2013-2016.....	44
TABELA 3 - SELEÇÃO DAS ÁRVORES DE <i>A. NEGUNDO</i> E <i>T. TIPU</i> NAS RUAS DE CURITIBA.....	46
TABELA 4 - FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO VISUAL DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES NA ARBORIZAÇÃO DE RUAS DE CURITIBA	47
TABELA 5 - AS QUINZE ESPÉCIES MAIS CORTADAS NAS RUAS DE CURITIBA NO PERÍODO DE 2013-2016	58
TABELA 6 - TIPO DE EDIFICAÇÃO E AS ÁRVORES DE <i>A. NEGUNDO</i> E <i>T. TIPU</i> NAS RUAS DE CURITIBA	84
TABELA 7- MÉDIA (X) E DESVIO PADRÃO (s) DAS CONDIÇÕES DO MEIO-FÍSICO DAS ÁRVORES DE <i>A. NEGUNDO</i> E <i>T. TIPU</i> NAS RUAS DE CURITIBA – PR.....	86
TABELA 8 - AUTOVALORES PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DO <i>A. NEGUNDO</i>	87
TABELA 9 - TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DO <i>A. NEGUNDO</i>	87
TABELA 10 - VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS NO MODELO DE RISCO DE QUEDA DO <i>A. NEGUNDO</i> NAS RUAS DE CURITIBA	88
TABELA 11 - MATRIZES DE COVARIÂNCIA E DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS PARA TODOS OS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DO <i>A. NEGUNDO</i>	90
TABELA 12 - MATRIZES DE COVARIÂNCIA E DE CORRELAÇÃO PARA CADA GRUPO DE RISCO DE QUEDA DO <i>A. NEGUNDO</i>	91
TABELA 13 - TESTE BOX`S PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DO <i>A. NEGUNDO</i>	92
TABELA 14 - VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS E OS RESPECTIVOS COEFICIENTES PADRONIZADOS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DO <i>A. NEGUNDO</i>	92

TABELA 15 - VALORES MÉDIOS (CENTRÓIDES) EM CADA FUNÇÃO NOS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DO A. <i>NEGUNDO</i> NAS RUAS DE CURITIBA - PR	94
TABELA 16 - CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DO A. <i>NEGUNDO</i> NAS RUAS DE CURITIBA	95
TABELA 17 - AUTOVALORES PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DA T. <i>TIPU</i> NAS RUAS DE CURITIBA	98
TABELA 18 - TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DA T. <i>TIPU</i>	98
TABELA 19 - VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS NO MODELO DE RISCO DE QUEDA DA T. <i>TIPU</i> NAS RUAS DE CURITIBA.....	99
TABELA 20 - MATRIZES DE COVARIÂNCIA E DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS PARA TODOS OS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DA T. <i>TIPU</i>	101
TABELA 21 - MATRIZES DE COVARIÂNCIA E DE CORRELAÇÃO PARA CADA GRUPO DE RISCO DE QUEDA DA T. <i>TIPU</i>	102
TABELA 22 - TESTE BOX'S PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DA T. <i>TIPU</i>	103
TABELA 23 - COEFICIENTES PADRONIZADOS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DA T. <i>TIPU</i>	103
TABELA 24 - VALORES MÉDIOS (CENTRÓIDES) EM CADA FUNÇÃO DOS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DA T. <i>TIPU</i>	105
TABELA 25 - CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DA T. <i>TIPU</i>	106

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo geral	19
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 FLORESTA URBANA.....	21
2.1.1 Conceitos e benefícios	21
2.1.2 Comportamento fisiológico e biomecânico das árvores	23
2.2 <i>ACER NEGUNDO</i> E <i>TIPUANA TIPU</i> NA ARBORIZAÇÃO DE RUAS DE CURITIBA	25
2.2.1 <i>Acer negundo</i>	26
2.2.2 <i>Tipuana tipu</i>	28
2.3 RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES	30
2.3.1 Gestão dos riscos de queda de árvores	31
2.3.2 Avaliação do risco de queda de árvores.....	32
2.3.3 Variáveis da avaliação visual	34
2.3.5 Critérios de categorização do risco de queda de árvores.....	35
2.4 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA - ANÁLISE DISCRIMINANTE ..	37
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	39
3.1.1 Condições ambientais	40
3.1.2 Características da floresta urbana.....	40
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	41
3.2.1 Dados secundários.....	42
3.2.2 Dados de Campo	45
3.2.3 Processamento e Análise dos Dados.....	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.1 ANÁLISES DAS ÁRVORES DE RISCO SUPRIMIDAS NAS RUAS DE CURITIBA NO PERÍODO DE 2013-2016.	58
4.1.1 Distribuição espacial das variáveis analisadas	59
4.2 AVALIAÇÃO DE <i>ACER NEGUNDO</i> E <i>TIPUANA TIPU</i>	78
4.2.1 Características gerais das árvores	78

4.2.2 Condição do meio- físico	84
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DISCRIMINANTE	86
4.3.1 Modelo de classificação de risco de queda de <i>Acer negundo</i>	86
4.3.2 Modelo de classificação de risco de queda da <i>Tipuana tipu</i>	98
4.3.3 Considerações sobre o risco de queda de <i>Acer negundo</i> e <i>Tipuana tipu</i>	106
5 CONCLUSÃO	108
REFERÊNCIAS.....	109
APÊNDICE 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS QUINZE ÁRVORES MAIS CORTADAS NA CIDADE DE CURITIBA	126
APÊNDICE 3- TESTE DE IGUALDADE DE MÉDIAS DOS GRUPOS DE RISCO DO A. NEGUNDO	129
APÊNDICE 4 - TESTE DE IGUALDADE DE MÉDIAS DOS GRUPOS DE RISCO DA T. TIPU.....	130
ANEXO 1- DESCRIÇÃO DAS REGIONAIS DA CIDADE DE CURITIBA.....	133

1 INTRODUÇÃO

O meio urbano é marcado por constantes mudanças devido a presença do homem e de seus interesses. Nessas alterações não se prioriza o verde urbano e os processos naturais, que muitas vezes, já estão estabelecidos no meio. A árvore é um dos elementos que sofre pressão frente às alterações humanas, por meio da realização de obras, instalações das redes elétricas, construção de equipamentos urbanos e outros. No geral, o concreto tem sido priorizado em relação aos elementos ambientais, como a floresta urbana.

A arborização urbana é um serviço público e desempenha um papel fundamental para o bem-estar da população (BIONDI; ALTHAUS, 2005). As árvores proporcionam benefícios estéticos, ambientais, sociais e econômicos à medida que contribuem para o embelezamento das cidades, regulação do microclima, melhoria da qualidade do ar, fornecimento de sombra, valorização de imóveis e melhorias físicas e psicológicas aos seus habitantes (GOMES; SOARES, 2003; SANTOS; LISBOA; CARVALHO, 2012).

Para garantir esses benefícios e perdurar no meio urbano, a árvore precisa ser estruturalmente confiável e possuir algum fator de segurança. Em geral, a arborização urbana é objeto constante de ações inadequadas de manejo, fator que contribui para os problemas estruturais e fitossanitários, potencializando a ocorrência de acidentes e mortes de pessoas (NIKLAS, 2002).

Não há níveis de risco definidos e aceitáveis para as árvores, assim como aqueles reconhecidos para diversas outras estruturas urbanas, como para pavimentação e fiação (BOBROWSKI, 2010). Observa-se, então, a necessidade de verificar os níveis de risco das árvores urbanas, para melhor manejá-las a padrões de risco aceitáveis (ALBERS; POKORNY; JOHNSON, 2003).

Para isso, é necessária a avaliação de risco de queda no meio urbano, a qual deve ocorrer de forma periódica e com critérios confiáveis para tomada de decisão. As avaliações de árvores de risco na cidade de Curitiba são previstas na legislação municipal, pois determina que para toda e qualquer intervenção em árvores, localizadas tanto em áreas públicas quanto particulares, há necessidade de licenciamento ambiental por meio do qual o órgão público procede a vistoria de

avaliação por profissional técnico habilitado e delibera sobre o manejo a ser adotado (BOBROWSKI, 2010).

De acordo com o mesmo autor, na vistoria de avaliação de árvores deve ser visual, a existência ou não de problemas estruturais e/ou fitossanitários, sua extensão e comprometimento da estabilidade estrutural e possíveis riscos a alvos potenciais. Devido à demanda pública por esse tipo de serviço, as avaliações devem ser objetivas e procedidas por profissional experiente para que a ação proposta seja a mais apropriada possível.

De forma prática, o método de avaliação visual é o mais utilizado pelas prefeituras municipais e órgãos responsáveis pela análise do risco de queda de uma árvore. Esse método auxilia a identificação de problemas biomecânicos e fitossanitários, bem como a interpretação do risco de queda dos indivíduos arbóreos (ALBERS; POKORNY; JOHNSON, 2003).

A escolha das variáveis que irão compor a avaliação de risco depende do objetivo e dos recursos disponíveis. Contudo, a falta de informação dos fatores significativos relacionado à classificação de risco de uma árvore, tem limitado a deliberação de laudos e manejo adequado (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2011).

O grau de risco de queda de árvores na floresta urbana depende de sua tipologia. As árvores plantadas nas ruas encontram-se mais próximas das pessoas e propriedades do que as árvores que estão em uma floresta urbana particular ou em áreas verdes, por exemplo. Logo, o risco tende a ser maior nas vias urbanas, caso ocorra a queda de uma árvore. Sendo assim, as avaliações de risco de queda das árvores de ruas devem ser mais frequentes e criteriosas.

Curitiba é conhecida mundialmente pela sua quantidade e qualidade da floresta urbana, principalmente a arborização de rua. Em 2005, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente constatou que as árvores plantadas nas ruas contribuem com uma cobertura arbórea correspondente a 2,48 m² por habitante. Ainda foi estimado um total de aproximadamente 300.000 árvores plantadas nas ruas de Curitiba, tendo um participação significativa de plantios realizados pelos moradores. Grise (2015), constatou que do total da cobertura arbórea de Curitiba, 11,4% corresponde as árvores que estão nas ruas.

Embora existam pesquisas que avaliam o comportamento das árvores nas cidades através de inventários da arborização de ruas, pouco se conhece sobre o risco de queda das espécies mais plantadas. Nos registros da Prefeitura Municipal de

Curitiba pode-se constatar a frequência de supressão de muitas árvores de determinadas espécies com diversos problemas que, na maioria das vezes, estão associados ao risco de queda. Dentre essas, destacam-se o *Acer negundo* L. e a *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze, que embora caracterizem a arborização de ruas da cidade de Curitiba, apresentam problemas relacionados com a característica inerente da espécie e as condições do meio urbano.

Nesse contexto, esta pesquisa considerou a hipótese de que o risco de queda das árvores de *Acer negundo* e *Tipuana tipu* está associado aos fatores externos (meio físico) e internos (inerentes à espécie), pois a maioria das árvores que caem no meio urbano apresentam essas evidências.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa foi mapear as árvores em risco de queda suprimidas pela Prefeitura Municipal de Curitiba e verificar as variáveis que estão associadas a este risco existente em *Acer negundo* e *Tipuana Tipu* da cidade de Curitiba.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- a) classificar e padronizar as solicitações de corte de árvores em risco de queda da Prefeitura Municipal de Curitiba;
- b) espacializar o corte das árvores em risco de queda por meio das variáveis: espécie, bairro, número de árvores, motivo do corte;
- c) elaborar um mapa de risco de queda de árvores baseado nas solicitações de corte da Prefeitura Municipal de Curitiba;
- d) analisar as características dendrométricas e fitossanitárias das espécies *Acer negundo* e *Tipuana tipu*;
- e) caracterizar o meio físico das ruas selecionadas com *Acer negundo* e *Tipuana tipu*;

- f) avaliar estatisticamente o risco de queda de *Acer negundo* e *Tipuana tipu* nas ruas de Curitiba;
- g) estabelecer um padrão de avaliação visual para as espécies *Acer negundo* e *Tipuana tipu*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

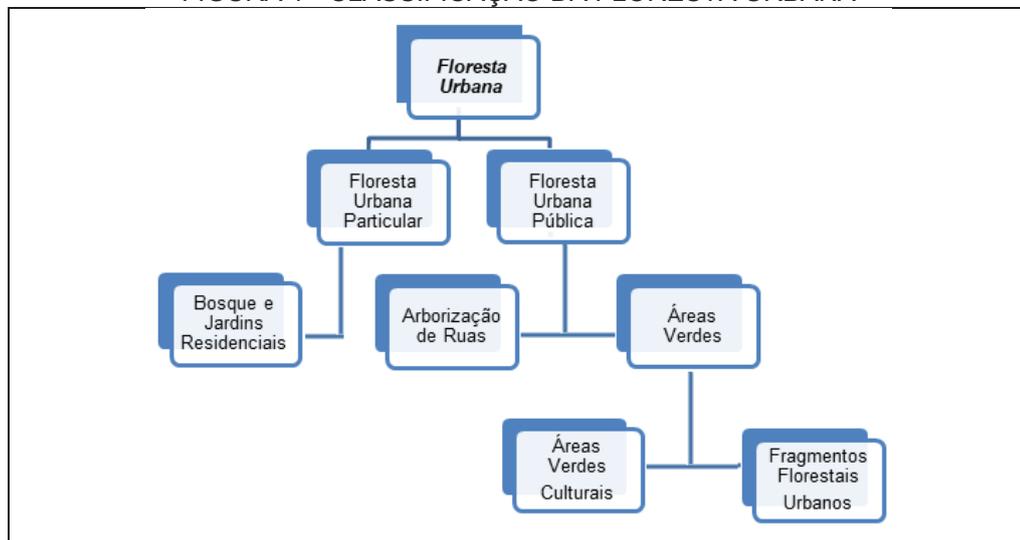
2.1 FLORESTA URBANA

2.1.1 Conceitos e benefícios

O termo floresta urbana é polêmico e divide opiniões. O uso desse termo representa a quebra de um paradigma, pois a sua construção depende das pesquisas científicas sobre a ecologia urbana. A evolução desse termo está relacionada a inferências teóricas e análises pontuais que necessitam de resultados históricos para conhecer sua dinâmica (BIONDI, 2015).

Nesse contexto, a mesma autora conceitua floresta urbana sob a ótica moderna, que possibilita a substituição do termo Arborização Urbana por Floresta Urbana. Assim, pode-se classificar a floresta urbana nos seguintes grupos mostrados na FIGURA 1.

FIGURA 1 - CLASSIFICAÇÃO DA FLORESTA URBANA



FONTE: Biondi (2015)

1. Floresta Urbana Particular - composta de áreas particulares com espécies arbóreas e diversos tipos de vegetação que incluem desde arboretos a jardins residenciais ou condomínios.
2. Floresta Urbana Pública - composta de áreas públicas com diferentes tipos de vegetação inclusive espécies arbóreas, administradas geralmente pelas prefeituras de cidades.

- a) Arborização de Ruas - se utiliza exclusivamente da vegetação arbórea com plantios lineares em ambientes com alto grau de antropização, principalmente com a presença de calçadas, asfalto, construções e população urbana;
- b) Áreas Verdes - é produto de um processo paisagístico que pode apresentar diferentes níveis de influência humana. O tratamento paisagístico inclui também as ações preservacionistas e/ou conservacionistas.

As áreas verdes da Floresta Urbana Pública podem ser divididas em:

- a) Áreas Verdes Culturais - são ambientes que apresentam diversos tipos de vegetação inclusive espécies arbóreas, mas demonstram ter um tratamento paisagístico para atender as necessidades sociais, estéticas e/ou ecológicas.
- b) Fragmentos Florestais Urbanos - são remanescentes de florestas alteradas que devido à expansão das cidades se encontram tanto no perímetro urbano como em ambientes de interface urbano-rural.

De modo geral, a floresta urbana pode ser definida como toda “cobertura vegetal” situada dentro do perímetro urbano, a qual inclui diferentes formas de vida. Por isso, floresta urbana inclui outros componentes que são ícones deste ambiente, como: as construções, a impermeabilização do solo e a presença maciça do componente urbano, e não apenas sua situação geográfica. Logo, as diferentes formas de arranjo da vegetação (isolada, agrupada ou composta) demonstra sua peculiaridade e a distinção do conceito tradicional de floresta (BIONDI, 2015).

Biondi (2008) afirma que os benefícios das árvores, seja arborização de ruas ou áreas verdes, podem ser reunidos em três aspectos: ecológico, estético e social. O aspecto ecológico está associado ao controle climático e ambiental, por meio da regulação do microclima, redução da poluição atmosférica e sonora, melhoria da qualidade da água e do ar, diminuição do aquecimento local, diminuição do efeito de ilhas de calor, drenagem do solo, equilíbrio da biodiversidade biológica, além de fornecer abrigo e alimentação à fauna autóctone (SILVA FILHO et al., 2002; ESCOBEDO; ANDREU, 2008).

O aspecto estético envolve a melhoria da arquitetura da paisagem, por meio da soma das diferentes linhas, formas, cores e texturas ao ambiente de concreto. Esse fator contribui para caracterizar paisagens específicas e identidade às ruas e lugares, além de adicionar dinamismo a paisagem urbana (BIONDI, 2008). Para a mesma autora o aspecto social está ligado aos avanços da cidade, economia e melhorias da população, abrangendo: aumento do valor de propriedades, contribuição à saúde

psicológica e social dos habitantes, incentivo a programas de educação ambiental, atração turística e

Jack-Scott et al. (2013) e Xanxerê (2009), apontam outros benefícios associados a presença das árvores no meio urbano, como o desenvolvimento cognitivo de crianças, alívio ao estresse, completude espiritual e redução de ruídos e preservar a fauna silvestre.

No caso da arborização de ruas, os benefícios aumentam em função das características locais e das espécies, e também dependem do planejamento do plantio, da manutenção e monitoramento das árvores, além da execução de programas de conscientização ambiental antes da realização dos plantios (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

2.1.2 Comportamento fisiológico e biomecânico das árvores

As árvores têm uma forma própria de crescer e apresentam uma linguagem corporal que pode sinalizar muitos problemas (MATTHECK; BETHGE; WEBER, 2015). O ciclo de vida de uma árvore envolve os processos de perdas naturais, como a quebra de galhos e quando se trata do meio urbano ocorrem perdas previstas, como as podas.

As características estruturais de uma árvore são pré-definidas geneticamente e são comuns a todos os indivíduos de uma mesma espécie. Assim, o porte, o formato da copa, a disposição dos galhos, a altura do tronco, a queda de folhas, o tipo de raiz, de flor, o tamanho e tipo do fruto, presença de princípios ativos, aromáticos ou tóxicos, são algumas das particularidades da espécie que devem ser conhecidas e consideradas na fase de planejamento do plantio (MATTHECK; BETHGE; WEBER, 2015).

Segundo os mesmos autores, as árvores crescem sob a ação de quatro principais movimentos, que são: geotropismo, dominância apical, fototropismo e hidrotropismo. Esses movimentos de crescimento resultam em reações estressantes na parte interna da árvore, a saber: compressão (gerado pela força da gravidade), tensão (possibilitando a inclinação) e torção (possibilita o cisalhamento da árvore).

As árvores desenvolvem várias estratégias para lidar com os estresses internos e externos, além dos problemas relacionados com a idade ou a senescência. De acordo com Seitz (1996), as árvores possuem mecanismos de defesa diante

desses estresses, conhecido como compartimentalização. Esse processo de cicatrização da madeira é complexo e envolve várias alterações químicas nos tecidos atacados, e novas células recompõem gradativamente a área lesionada (GILMAN, 2012).

As principais reações acontecem por meio da compartimentalização dos danos no xilema, e no câmbio cria-se um calo que, posteriormente, encapsula o dano na madeira. Outra estratégia de sobrevivência é o desenvolvimento de novas brotações, ou mesmo dos sistemas de ramificação, por meio das reiteraões (BERKER et al., 2016).

Quando um dano grave é causado por ferimentos (por exemplo, cortes de poda ou raízes quebradas), o local da ferida reage inicialmente através de processos fisiológicos, como a ativação e transporte de substâncias de crescimento, a formação de resinas e a síntese de substâncias fenólicas, bem como através da conversão de células (DUJESIEFKEN; LIESE, 2015).

O ciclo de vida de uma árvore é comumente aceito como um progresso da semente para a senescência - passando pelos estágios de desenvolvimento, do juvenil, até o estágio maduro, culminando com a morte. As árvores jovens em maturação podem ser consideradas fisiologicamente e mecanicamente plásticas, com alto potencial para se adaptar ao ambiente, sem grande complexidade e massa que confere maior capacidade para neutralizar os efeitos a longo prazo dos danos, inclusive da poda (DUJESIEFKEN et al., 2016).

Para os mesmos autores, durante a fase intermediária e madura, a copa torna-se cada vez mais arredondada e aos poucos perde sua antiga vitalidade periférica. Enquanto o sistema radicular se torna cada vez mais escalonado e lenhoso, aprofundando suas raízes secundárias e terciárias em diferentes níveis de espaço do solo.

É importante que os profissionais saibam como trabalhar cada fase do ciclo de vida útil de uma árvore, de modo a estabelecer as bases para uma maturidade robusta com alto potencial para as árvores atingirem a sua fase senescente (DUJESIEFKEN et al., 2016).

As árvores que se encontram na fase adulta ou de amadurecimento apresentam o processo de manejo torna-se cada vez mais complexo do ponto de vista morfológico e fisiológico da árvore (RIGHI et al., 2012).

Para Dujesiefken et al., (2016), quanto mais antiga uma árvore no solo urbano, mais incorporada a árvore está ao sistema de solo vivo. O prolongamento do sistema árvore-solo possibilita o enriquecimento do solo em espaço para hospedeiro e facilita a continuidade de habitat com alta capacidade de diversidade biológica.

Portanto, as árvores que se encontram nos estágios avançados do ciclo de vida, apresentam solos com maior capacidade de adaptação a espécie, facilitando o sucesso de replantio.

2.2 ACER NEGUNDO E TIPUANA TIPU NA ARBORIZAÇÃO DE RUAS DE CURITIBA

A cidade de Curitiba iniciou o seu processo de arborização das ruas a partir do século XIX. Antes desse período a vegetação encontrava-se em poucos espaços (CURITIBA, 2008). Há informações de que a arborização de ruas surgiu após a implantação das áreas verdes (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Até o ano de 1974 foram plantadas algumas espécies nas ruas sem a devida orientação técnico- científica. Assim, no ano de 1975, cerca de 70% das árvores plantadas, encontravam-se mortas. Dessa forma, o Plano da Arborização Urbana de Curitiba, instituído em 1974, considerou alguns critérios preventivos, que foram: aspectos climáticos, solo, poluição, pragas e doenças, obstáculos físicos, uso indevido da parte superficial da cova e a quantidade de espécies. Foram escolhidas dez espécies principais, estando o *A. negundo* e *T. tipu* na lista das espécies selecionadas (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

De acordo com as autoras, o Plano de Arborização Urbana de Curitiba tinha como objetivo a uniformização de espécies para o espaço público da cidade. Assim, a distribuição das espécies foi realizada em função do zoneamento da cidade, levando em consideração as características locais, fluxo de pessoas e veículos e, largura das calçadas.

Dessa forma, as espécies de *A. negundo* e *T. tipu* foram recomendadas nas seguintes zonas: na Zona Central e Vias Conectoras, recomendou-se o plantio do acer; na ZR4, as espécies acer, cinamomo e extremosa; nas Vias Lentas, as espécies acer e extremosa; nos Setores Especiais e Vias Coletoras, as espécies acer, tipuana, cassia, extremosa e cinamomo; na Zona Não-Poluída, as espécies de tipuana e nas

Vias Estruturais e Vias Rápidas, as espécies tipuana, ipê-amarelo e cassia (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Esse Plano de Arborização não foi implantado totalmente. Suspeita-se que não houve um engajamento com as etapas do plano (BIONDI; ALTHAUS, 2005). Uma das pesquisas pioneiras de avaliação da arborização das ruas de Curitiba foi realizada por Milano (1984). O pesquisador constatou vários problemas relacionados à falta de gerenciamento e um planejamento arbóreo baseado em conhecimentos empíricos. Alguns resultados encontrados por Milano (1984) corroboram com o contexto, a saber: o predomínio de plantio de uma espécie, a extremosa (*Lagerstroemia indica* L.) que representava $\frac{1}{4}$ da população amostrada; 53% das árvores estavam incompatíveis com a fiação; o plantio de espécies exóticas invasoras, como o alfeneiro (*Ligustrum lucidum* W. T. Aiton) e, a pouca adaptabilidade climática de algumas espécies, como a sibipiruna (*Poincianella peltophoroides* Benth.)

Para Biondi e Althaus (2005), a pesquisa de Milano (1984) foi à precursora para se compreender o comportamento das espécies arbóreas nas vias e suas recomendações foram adotadas pelos responsáveis pela arborização da cidade de Curitiba.

2.2.1 *Acer negundo*

Alguns dados históricos indicam que o *Acer negundo* foi introduzido nas ruas de Curitiba por volta de 1923, porém seu plantio mais efetivo ocorreu na década de 70 (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Foi constatado, em 1984 e 2010, que o *A. negundo* foi uma das espécies mais significativas a compor a arborização das vias curitibanas. No primeiro inventário efetuado por Milano (1984), o *A. negundo* representava cerca de 9,2% do total amostrado e no realizado por Bobrowski (2011), o *A. negundo* representou 6%. De acordo com Bobrowski (2011), as três espécies com maior frequência foram extremosa, alfeneiro e acer em 1984. Já em 2010, houve repetição para as duas primeiras, com a substituição do acer pelo o ipê-amarelo-miúdo (*Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos).

O *A. negundo* já se tornou uma marca da cidade de Curitiba por evidenciar as mudanças das estações do ano, com suas diferentes tonalidades de cor da folhagem da copa e queda total das folhas durante o inverno. Esse dinamismo estético quebra

a monotonia do verde permanente das árvores perenifólias de floração discreta (BIONDI, 1995).

Contudo, o estresse imposto às árvores no meio urbano vem modificando o comportamento da espécie. Isso foi constatado por Biondi e Reissmann (2000), que verificaram o amarelecimento precoce das folhas de *A. negundo*, que já estava ocorrendo em meados ou final do verão, estendendo-se até o fim do outono de maneira bastante desuniforme entre as árvores. Além da diferenciação na rapidez e intensidade do amarelecimento das folhas que variava de acordo com o local e as condições da árvore.

Milani, Zea-Camaño e Biondi (2017), constataram que o crescimento do *A. negundo* sofre influência dos fatores externos do ambiente urbano da Cidade de Curitiba. Alguns fatores como: déficit hídrico, método de plantio, tipo e a compactação do solo, assim como podas mal conduzidas, injúrias mecânicas e pragas são exemplos inerentes do meio urbano que influenciam no desenvolvimento da planta.

Em geral, o *A. negundo* é pouco exigente no seu manejo nas ruas. Em muitos locais a poda pode ser um sério problema, pois se realizada em galhos de grandes diâmetros, o processo de cicatrização é reduzido, abrindo, assim entradas para pragas e insetos, como o inseto-do-acer, causador de sérias complicações (BIONDI; ALTHAUS, 2005). Para Milani, Zea-Camaño e Biondi (2017), a plasticidade desta espécie contribuiu para que a mesma fosse utilizada na arborização urbana.

O *Acer negundo* L. é uma espécie nativa do Canadá e Estados Unidos, com uma distribuição nas menores altitudes na América do Norte, estendendo-se do México até a Guatemala, excluindo os estados da Costa do Pacífico e o centro-sul do Canadá (ALDEN, 1995; ERFMEIER; BÖHNKE; BRUELHEIDE, 2011). Esta espécie pertence à família Sapindaceae, pode até atingir 15 metros de altura, possui tronco reto, a copa é globosa, com folhas imparipinadas que ficam amarelas no outono e as flores são conspícuas verde-amareladas. Os frutos são do tipo sâmara, aos pares, com asa encurvada e aparecem no verão entre os meses de janeiro e março (LORENZI; SOUZA, 2003; BIONDI; ALTHAUS, 2005).

O *A. negundo* apresenta um sistema radicial com raízes laterais profundas e em solos pobremente aerados é uma espécie tolerante. Essa espécie está no grupo de árvores que reduz o ruído na proporção de 4 a 6 db e pode alcançar uma longevidade de 75 a 100 anos de vida (HARRIS, 1992).

A madeira do *A. negundo* é leve, macia, porosa, de granulação estreita e fraca. Sendo, assim, é uma espécie propensa a ferimentos causados por ventos, fungos, insetos e podas. O cerne é castanho amarelado, enquanto o albúrnio é amarelo-esverdeado a branco-amarelado. É suscetível a podridão (ALDEN, 1995).

O estudo realizado por Woodrum, Ewers e Telewski (2003), verificou que dentre as cinco espécies diferentes de acer (*Acer negundo*, *A. saccharinum* L., *A. rubrum* L., *A. nigrum* Michx. f and *A. saccharum* Marsh), o *Acer negundo* foi relatado como a espécie de crescimento mais rápido, de baixa tolerância às condições adversas e madeira muito fraca.

2.2.2 *Tipuana tipu*

O plantio de *T. tipu* na arborização iniciou em Curitiba nas décadas de 80 e 90, mas as mudas foram produzidas na década de 70. O plantio dessa espécie não é recomendado para as ruas, sendo mais utilizada e indicada para as áreas verdes ou avenidas largas (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

De acordo com os resultados do inventário realizado em 2010, as tipuanas apresentaram boas condições estruturais e fitossanitárias, mas necessitavam de podas e controle de pragas (BOBROWSKI, 2011).

Por mais que *T. tipu* possua uma significativa massa foliar importante para o sombreamento e outros benefícios ambientais, esta árvore apresenta vários pontos negativos, tais como: incompatibilidade com as calçadas estreitas devido suas raízes superficiais; queda de galhos em vendavais; entupimento de calhas; necessidade de muita manutenção; incompatibilidade com a fiação; susceptível a erva-de-passarinho e ataque de cochonilhas; rachaduras do tronco e queda de árvore (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

As constantes podas necessárias às árvores de *T. tipu* tem alterado o seu sistema estrutural e estético. A poda de elevação foi apontada como a principal causa de alteração na arquitetura típica e na forma da *T. tipu*. Em casos de poda de elevação excessiva, a ação da carga dinâmica do vento pode ser potencializada, juntamente com a ruptura dos galhos de grande porte (BOBROWSKI, 2013).

No diagnóstico dos acidentes com as árvores de Curitiba realizado por Klechowicz (2001), constatou-se que a *T. tipu* apresentou 20,1% da frequência de acidentes e esses acidentes eram provocados por árvores de grande altura. Essa

espécie esteve relacionada com 27,5% das 80 ocorrências registradas. Verificou-se ainda que: 50% das árvores de *T. tipu* amostradas se localizavam sob a rede de energia; 64% dos indivíduos apresentaram raízes superficiais; em 55,5% dos eventos, o rompimento dos galhos ocorreu na bifurcação, em 43,6% na parte superior do galho e apenas 1,7% no tronco.

A autora recomendou algumas práticas necessárias para melhoria do convívio entre as tipuanas e o meio urbano, como o uso de sistemas de redes compactas ou cabos protegidos, treinamento das equipes responsáveis pelas podas, pesquisas específicas com a espécie *T. tipu*, relacionadas à resistência física com o modelo arquitetônico, forma de inserção dos galhos, identificação e métodos de controle da mancha escura na região da bifurcação.

A *Tipuana tipu* (Beth.) O. Kuntze pertence à família Fabaceae, origem nativa da América do Sul, abrangendo a Bolívia, Argentina, África do Sul e o Sul do Brasil. Esta árvore é conhecida, popularmente, por tipuana, tipu, tipa, acácia-argentina, mocó, pau-de-mocó, petirica-guaçu ou tipa-branca (SOUZA, 2005; BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Essa espécie é de grande porte, podendo atingir 40 m de altura e 1,6 m de diâmetro de tronco. Possui tronco ereto e casca pardo-clara suas folhas são decíduas, imparipinadas, compostas, com 11 a 21 folíolos oblongos, inteiros, opostos ou alternos, de cor verde-amarelada. As flores são grandes, dispostas em panícula, com duas asas e uma quilha. O fruto é do tipo sâmara, geralmente com uma ou duas sementes (LORENZI, 2003; BIONDI; ALTHAUS, 2005). A copa é densa, arredondada e frondosa. A forma da copa de *T. tipu* pode ser flabeliforme, umbeliforme ou arredondada (BIONDI; ALTHAUS, 2005). No entanto, Bobrowski; Lima Neto e Biondi (2013) observaram que em condições de crescimento livre de interferências por poda de elevação, a espécie tende a apresentar a copa com forma umbeliforme, com ângulo de copa próximo a 180°.

A *T. tipu* possui uma arquitetura de copa plagiotrópica (SEITZ, 1996) e tende a formar galhos grandes como o próprio tronco, a fim de sustentar a carga estática criada em função de seu crescimento (BOBROWSKI; LIMA NETO; BIONDI, 2013).

Algumas cidades brasileiras desaconselham o plantio de *T. tipu* nas vias públicas, por esta apresentar algumas características indesejáveis, como: problemas das raízes com o calçamento, conflitos com a fiação (LIMA, 1993; SILVA, 2007) e ser muito suscetível ao ataque de cupins (SAPP, 2010).

No entanto, esta espécie está entre as mais utilizadas na arborização de ruas, avenidas e praças do sul e sudeste do Brasil, sendo considerada de crescimento rápido (LORENZI, 2003).

2.3 RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES

A avaliação do risco de queda de uma árvore é um processo que requer mais do que conhecimento técnico, é necessária certa experiência e treinamento para um correto julgamento sobre a segurança da árvore no meio urbano (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2011).

Os técnicos responsáveis pela avaliação de risco estão sujeito tanto ao lado racional quanto emocional. Os arboristas tendem a ser mais vulneráveis a não assumirem qualquer risco de queda que uma árvore venha oferecer, por medo de litígios, levando a prática da "arboricultura defensiva" (FAY, 2007).

Para Ball e Watt (2013), a arboricultura defensiva, promove níveis excessivamente elevados de intervenção gerencial. Tal prática, potencialmente ameaça árvores antigas e outras árvores que requerem mais cuidados. Dessa forma, as intervenções precisam agir em situações suspeitas de risco de queda e gerir os riscos de forma equilibrada e proporcional aos alvos envolvidos (NTSG, 2011; SMILEY; MATHENY; LILLY, 2011).

Obviamente, uma árvore antiga não é um padrão livre de queda. Porém, devem-se considerar os inúmeros benefícios que a árvore ainda pode favorecer ao público. De modo geral, os defeitos de uma árvore são valorizados por conta da falta de recursos para remediar o alto risco de queda e/ou negligência na fase de planejamento e manutenção da árvore (BERKER et al., 2016).

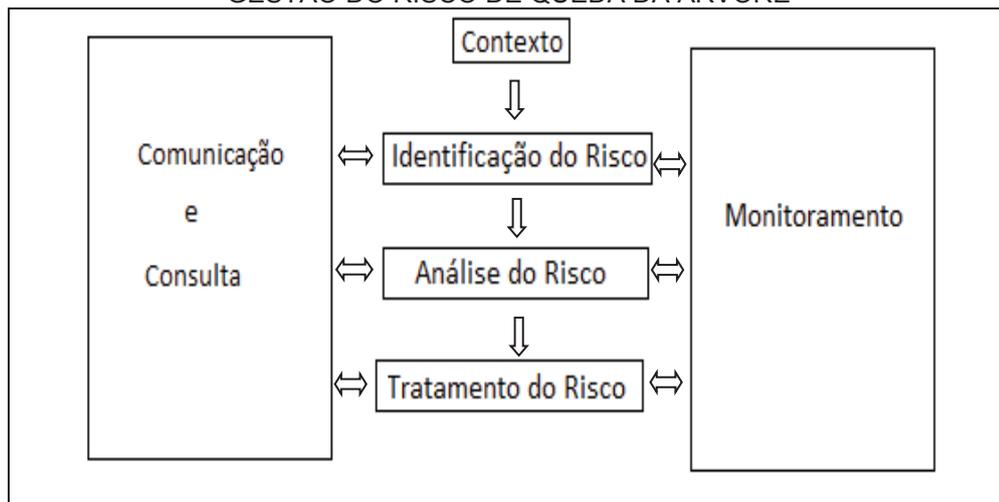
No entanto, a inexistência dos níveis de risco de queda para as árvores, tem contribuído para a insegurança dos gestores responsáveis, bem como com julgamentos de riscos incompletos e inconsistentes.

Portanto, o fundamento para um parecer de avaliação equilibrada do risco de queda de uma árvore exige não somente um conhecimento sobre os princípios biomecânicos e fisiológicos da espécie, mas também um esclarecimento dos objetivos e recursos disponíveis dos agentes de interesse nessas avaliações (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2011; BERKER et al., 2016).

2.3.1 Gestão dos riscos de queda de árvores

A avaliação do risco de queda de árvores é a forma de subsidiar a gestão do risco. A gestão do risco de queda de árvore envolve pelo menos 2 fases: identificação e análise do risco de queda (FIGURA 2). A identificação do risco é uma fase de desconfiança visual quanto à segurança de uma árvore. A análise do risco é a fase de caráter técnico, em que estão envolvidos alguns profissionais para avaliação do risco de queda. Essas fases são importantes para subsidiar a gestão desses riscos por meio de monitoramento, comunicação com as pessoas envolvidas diretamente na tomada de decisão e o tratamento do risco, conforme mostra a TABELA 1 (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2011).

FIGURA 2- CONTRIBUIÇÃO DA AVALIAÇÃO DO RISCO DE QUEDA PARA O PROCESSO DE GESTÃO DO RISCO DE QUEDA DA ÁRVORE



FONTE: Smiley, Matheny e Lilly (2011).

TABELA 1 - FUNÇÕES PREVISTAS DOS AGENTES ENVOLVIDOS NA AVALIAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE UMA ÁRVORE

Responsável (proprietário da árvore, órgão público)	Avaliador (Profissional)	Executores
Dever de cuidar da árvore	Identifica a árvore e as condições locais para inspeção	Fornece os serviços solicitados
Definir e comunicar políticas de gerenciamento de risco de árvore	Avalia e classifica a probabilidade de queda da árvore e suas consequências	Análise de segurança do trabalho
Determinar a necessidade de inspeção da árvore	Estima as potenciais consequências de a árvore cair	Podas
Identificar os limites geográficos da inspeção da árvore	Registra e recomenda avaliações avançadas	Remoção de árvores
Determinar os possíveis alvos ao redor da árvore e taxa de ocupação do local	Determina o risco de queda	Sistema de apoio
Especificar o nível de avaliação desejada	Fornece opções de tratamento para diminuir o risco	Proteção contra raios
Estabelecer o orçamento	Estima o risco residual depois do tratamento	Tratamentos fitossanitários das árvores
Decidir o nível de risco aceitável	Define a frequência da inspeção	Transplante
Estabelece a frequência da inspeção	Elabora um relatório	
Determinar o âmbito do trabalho	Fornece especificações para os tratamentos selecionados	Reposição de árvores
Estabelecer a prioridade do trabalho		
Escolhe as opções de mitigações do trabalho		

FONTE: Smiley, Matheny e Lilly (2011).

Deve-se entender esse contexto e o envolvimento de interesses nas avaliações de queda, pois influenciam no laudo final.

2.3.2 Avaliação do risco de queda de árvores

O risco de queda de uma árvore é a combinação da probabilidade de uma árvore cair e a severidade das potenciais consequências dessa queda. Enquanto que, a avaliação do risco de queda da árvore é um processo sistemático de identificação, análise e tratamento desses riscos (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2011).

O primeiro nível de avaliação do risco é a visual. Esta desconfiança inicial deve ser conduzida para identificar defeitos óbvios ou de condições específicas. Esse tipo de avaliação se enquadra bem em situações de árvores iminentes de queda, como espécies em estágios fitossanitários ou estruturais avançados (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2011).

Para Bobrowski (2010), essa etapa se baseia na identificação dos padrões estruturais favoráveis ou desfavoráveis ao equilíbrio estrutural da árvore. Para que esse método seja menos subjetivo podem ser adotados critérios para avaliação mais rigorosa.

A avaliação visual busca identificar árvores com defeitos estruturais que apresentem riscos, como a quebra de partes ou de toda a estrutura. Essas quedas podem ser causadas por ventos fortes, enraizamento deficiente, podas mal executadas ou em função de choques de veículos (SEITZ, 2005).

Em geral, a avaliação visual auxilia na escolha do local e/ou critérios de seleção das árvores a serem avaliadas; organização da forma mais eficiente das próximas etapas; registrar locais de árvores que atendam aos critérios definidos (como defeitos significativos, por exemplo); classificação preliminar de risco; Identificar árvores que necessitam de um nível mais alto de avaliação e / ou ação imediata; e efetuar recomendações (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2011).

Para os mesmos autores, o risco de queda de uma árvore basicamente considera a avaliação das condições estruturais da árvore, probabilidade da queda de ramos ou da árvore atingir pessoas, bens materiais ou interromper atividades e avaliar o valor e potencial danos.

Os demais níveis de avaliação do risco de queda são as avaliações intermediárias e avançadas. A avaliação intermediária consiste em uma avaliação visual mais detalhada, por meio do uso de binóculos, trado e alguns equipamentos de inspeção externa básica, como um martelo. A avaliação avançada é para detalhar alguma informação específica em alguma parte da árvore, por meio do uso de aparelhos de introspecção no interior da árvore (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2011).

Ainda segundo os autores, a avaliação do risco de queda pode ser delineada através da identificação das árvores e dos locais a serem avaliados, definição do nível de detalhamento da avaliação, cronograma de inspeção, nível de risco e mitigações.

2.3.3 Variáveis da avaliação visual

As variáveis que irão compor a avaliação visual dependem do objetivo da análise e dos recursos disponíveis. A Companhia Paranaense de Energia - COPEL (s/d) indica como variáveis de interesse: a presença de galhos interferindo na rede elétrica, galhos secos acima da rede, folhagem rala, galhos ocos, lesões na casca, cascas soltas, sinais de degeneração por senescência, ataque de fungos e insetos, infestação por erva-de-passarinho, enfraquecimento por doenças, podas sucessivas, atos de vandalismo, árvore inclinada e danos ao patrimônio público.

Smiley, Matheny e Lilly (2011) recomendam a análise das variáveis relacionadas à falha da árvore e aos alvos potenciais envolvidos. As variáveis consideradas na avaliação da falha da árvore são: distribuição das cargas estática (copa) e dinâmica (vento), defeitos estruturais, como partes mortas da árvore, junções fracas entre os ramos e/ou troncos codominantes, casca inclusa, ramificações múltiplas saindo de um ponto, presença de rachaduras, histórico de queda, arquitetura da árvore, copa desequilibrada, problemas nas raízes e no solo. Para avaliação dos alvos, considera-se: o fluxo de pessoas, veículos, atividades locais e quantidade de propriedades existente no perímetro.

Segundo Harris (1992) são sete fatores que podem influenciar o risco de queda de uma árvore: defeitos estruturais, espécie, tamanho e idade, localização e entorno, condições do tempo, práticas de manutenção e alvos potenciais. A influência dos defeitos estruturais depende do tipo, do tamanho e da localização. Quanto ao fator espécie, geralmente as folhosas suportam mais o estresse do que as coníferas, além das árvores mais velhas serem mais sujeitas a queda e outras desordens. Já o fator localização e entorno é importante, pois as árvores em canteiros de pequenas dimensões, em solos rasos, compactados, mal drenados ou com barreiras às raízes tendem a sofrer maiores impactos pela ação do vento intenso.

Para o mesmo autor, as práticas de manutenção, podem favorecer as condições de risco de ruptura, por meio de ações de manejo inadequadas que alteram a sua arquitetura e a estabilidade da árvore. Contudo, as áreas com maior fluxo de pessoas, carros ou adensamento de residências terá maior grau de risco de queda.

Sampaio et. al. (2010) destaca que a ocorrência de chuvas longas e fortes, rajadas de vento, raiz instável e podas irregulares são as principais causas de queda das árvores nas ruas. Essas condições podem potencializar o risco em áreas de alto

fluxo, como hospitais, creches, escolas, áreas comerciais, pontos de ônibus e áreas com uso intenso.

Seitz (2005) reforça que avaliação dos alvos devem ser bem detalhadas em uma avaliação de risco de queda. O autor recomenda que os alvos sejam divididos em grupo de risco, como: grupo de risco 1, 3 e 5. O grupo de risco 1 pode abranger rua de bairros residenciais pouco movimentadas, parques amplos e áreas de pouca visitação. No grupo 3, tem-se as áreas de recreação (quadras de futebol, basquete e áreas de pique-nique, camping e churrasqueiras, etc.; estacionamentos em horário comercial e redes de baixa de tensão (220 V – Rede primária) e no grupo 5 pode-se abranger Play-grounds, escolas, calçadas em áreas comerciais e redes de média tensão (1.300 V - Rede secundária) .

2.3.5 Critérios de categorização do risco de queda de árvores

Uma vez que os danos foram identificados e analisados, faz-se necessária a adoção de critérios de avaliação. Bond e Tucker (2006) recomendam a seguinte categorização do risco de queda referente a defeitos no tronco:

1. Risco Baixo de queda - os defeitos são pequenos (feridas pequenas recuperáveis pela árvore);
2. Risco Médio de queda - os defeitos são presentes e óbvios (cavidade abrangendo 10 a 25% da circunferência do tronco);
3. Risco Alto de queda - os defeitos presentes são numerosos e/ou significativos (cavidade abrangendo 30 a 50% da circunferência do tronco);
4. Risco Severo de queda - os defeitos são muito severos (cavidade abrangendo mais de 50% do tronco).

A remoção da árvore é recomendada para os seguintes casos: apodrecimento em mais de 2/3 do tronco; cavidade maior do que a metade da circunferência do tronco e 1/3 do diâmetro do tronco apodrecido; cavidade cobrindo 2/3 ou mais da circunferência do tronco (ROLLO, 2009).

Seitz (2005) recomenda, levando em conta as zonas de risco, a seguinte categorização do risco de queda, conforme a QUADRO 1:

QUADRO 1 - CATEGORIZAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES

Zonas de Risco	Locais ou condições
Muito alta	<p>vias de acesso principal; hospitais, postos de saúde, abrigos e acessos para pessoas com necessidades especiais (rampas); escolas; áreas de uso intenso em campings, parques e praças como: estacionamento, infraestruturas públicas (orelhão, bancos, centro de informações, churrasqueiras, etc.);</p> <p>Árvores nas seguintes condições: mortas em pé ou em declínio; com danos severos por eventos climáticos; árvores que obstruem visualmente sinais de trânsito, semáforos ou luzes de segurança e árvores com sistema radicular causando danos à calçada.</p>
Alta	<p>vias de acesso principal em pontos de congestionamento e com obstruções a sinais de trânsito e semáforos; áreas de uso intensivo em parques e praças como: playgrounds e áreas de piquenique; campos de golfe; estacionamentos de áreas públicas; pontos de ônibus em vias de tráfego intenso.</p> <p>Árvores nas seguintes condições: árvores maduras (velhas); árvores de alta densidade; árvores com lesões no sistema radicular e árvores com danos por fenômenos climáticos.</p>
Média a moderada	<p>ruas secundárias, com interseções congestionadas e visualmente obstruídas, sinais de trânsito e semáforos; bairros com densidade moderada de árvores com grandes diâmetros ou velhas; áreas de parques, com baixa frequência de uso; estacionamentos comerciais, e de zona de frequência moderada de trânsito.</p>
Baixa	<p>ruas, estradas municipais e demais áreas públicas de baixo uso; áreas abertas, florestas, matas ciliares e áreas periféricas, com utilização ou acesso limitado; bairros com baixa densidade de árvores de grandes diâmetros ou velhas.</p>

FONTE: Seitz (2005).

Smiley, Matheny e Lilly (2011) recomendam a seguinte categorização dos riscos de queda:

1. Negligenciável - em caso de queda de uma árvore ou partes dela, as consequências envolvem baixos danos materiais, poucas injúrias a pessoas ou interrupções de serviços.

2. Menor - em caso de queda de uma árvore ou partes dela, as consequências envolvem baixos a moderados danos materiais, injúrias às pessoas ou interrupção de serviços.
3. Significante - em caso de queda de uma árvore ou partes dela, as consequências envolvem de moderados a altos danos materiais, injúrias às pessoas ou interrupção de serviços.
4. Severo - em caso de queda de uma árvore ou partes dela, as consequências envolvem sérios danos materiais, injúrias às pessoas ou interrupção de serviços.

2.4 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA - ANÁLISE DISCRIMINANTE

A análise discriminante é uma técnica multivariada que visa conhecer as diferenças entre grupos e prever a probabilidade de uma observação pertencer a um grupo explicado nas várias variáveis independentes (VIALI, 2010). Essa estatística se caracteriza como uma técnica de previsão e classificação associada a análise de componentes principais e correlações canônicas (FÁVERO et al., 2009).

De acordo com Field (2009), a análise discriminante se baseia em um procedimento matemático de maximização, de tal forma que a primeira função discriminante é a combinação linear de variáveis independentes que maximiza as diferenças entre os grupos.

Essa análise busca identificar as variáveis que melhor diferenciam (discriminam) dois ou mais grupos a fim de proporcionar a criação de previsões para qual grupo certa observação pertencerá. O uso das melhores variáveis auxilia na criação da função discriminante que representará as diferenças entre os grupos. Assim, a utilização da função discriminante permite a classificação de novos indivíduos nos grupos (KHATTREE; NAIK, 2000; MARROCO, 2007).

A função discriminante é representada pela seguinte equação:

$$Z_{jk} = \alpha + W_1X_{1k} + W_2X_{2k} + \dots + W_nX_{nk}$$

Onde,

Z_{jk} - Escore da função discriminante j para o objeto k α - Intercepto

W_n - Peso discriminante para a variável independente n

X_{nk} - Variável independente n para o objeto k

A discriminação é obtida por meio dos pesos das variáveis estatísticas para cada variável a fim de maximizar a variância entre os grupos relativa à variância dentro dos grupos (HAIR et al., 2005).

De acordo com Marroco (2007) e Hair et al. (2005), alguns pressupostos devem ser analisados para que essa técnica possa ser considerada válida, tais como:

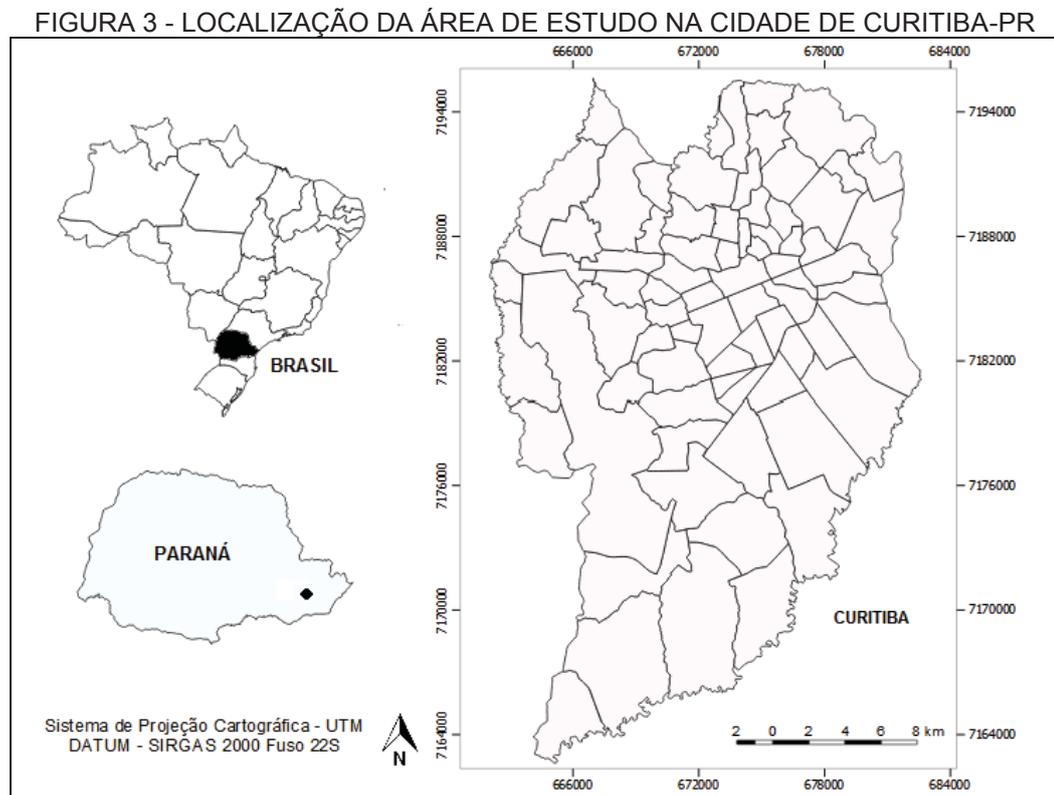
- a) Normalidade Multivariada: demonstra que a distribuição dos valores das variáveis independentes se aproxima de uma distribuição normal.
- b) Homogeneidade da Matriz de Variância e Covariância: reflete o tamanho similar das matrizes e caso as matrizes sejam de tamanhos diferentes, isso pode afetar o processo de classificação. Grupos com grande dispersão podem resultar em classificações erradas dos elementos.
- c) Multicolinearidade entre as variáveis explanatórias: indica o nível de correlação entre as variáveis e caso, seja alta, causa redundância e sobreposição entre as variáveis independentes.
- d) Outliers: valores extremos devem ser eliminados da amostra, uma vez que pode prejudicar a construção do modelo.

O tamanho e a quantidade de variáveis explicativas influenciam na aplicação dessa técnica. Hair et al. (2005) recomendam que cada grupo tenha no mínimo 20 observações. Por outro lado, para fins de validação dos resultados do modelo discriminante, é importante que haja a extração de sub-amostras aleatoriamente, que são usadas para testar o poder estimativo da função discriminante. Em suma, é necessário que o percentual de classificações corretas das sub-amostras (Análise ou Teste) seja maior que 50% para grupos de tamanhos iguais, para que a validação da eficiência do modelo seja satisfatória.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Curitiba está localizado na região sul do Brasil, capital do Estado do Paraná, encontra-se na porção leste do Estado (FIGURA 3), na coordenada $25^{\circ}25'40''\text{S}$ e $49^{\circ}16'23''\text{O}$ e faz limite com os municípios de Colombo, Almirante Tamandaré, Campo Magro, Campo Largo, Araucária, Fazenda Rio Grande, São José dos Pinhais e Pinhais (INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC), 2016).



FONTE: A autora (2019).

Curitiba é formada por dez regionais, sendo estas: Matriz, Santa Felicidade, Boa Vista, Cajuru, Fazendinha/Portão, Boqueirão, Pinheirinho, Bairro Novo, Cidade Industrial de Curitiba e Tatuquara. Dos seis bairros selecionados neste trabalho, cinco pertencem a regional Matriz (Centro, Alto da XV, Jardim Botânico, Cristo Rei e Jardim Social) e um bairro a regional Boa Vista (Bacacheri).

No ANEXO 1 estão descritas as principais características de cada regional da cidade de Curitiba-PR.

3.1.1 Condições ambientais

A altitude média de Curitiba é 934,6 m acima do nível do mar, com uma área de 435,036 km² (IPPUC, 2016) e uma população de 1.879.355 habitantes (IBGE, 2016).

O clima da cidade de Curitiba é do tipo Cfb, conforme a classificação de Köppen, com temperaturas médias anuais nos meses quentes inferiores a 22 °C e nos meses mais frios menores que 18 °C, média anual de 17 °C. A média anual da umidade relativa do ar fica em torno de 85% e da precipitação entre 1.300 e 1.500 mm anuais, sem deficiência hídrica ao longo do ano (IPPUC, 2016).

A topografia é ondulada com colinas suavemente arredondadas, dando-lhe uma fisionomia relativamente regular, resultado da existência de uma série de terraços escalonados dispostos em intervalos altimétricos. A geologia é composta por sedimentos da formação Guabirotuba, de origem flúvio-lacustre que preencheram uma antiga e grande depressão, formando a chamada bacia de Curitiba (IPPUC, 2016).

Curitiba está inserida na região fitogeográfica da Floresta Ombrófila Mista que compõe o Bioma da Mata Atlântica, entremeada por pequenos fragmentos de Estepe Gramíneo-Lenhosa (MAACK, 2012).

3.1.2 Características da floresta urbana

A floresta urbana de Curitiba, em 2015, foi estimada em 189.826.140,18 m², correspondendo a 43,69% da área total do município (MONTEIRO, 2015). Sabe-se que a cidade possui 1.098 áreas verdes, distribuídos em 455 praças, 16 bosques, 21 eixos de animação, 2 jardins ambientais, 470 jardinetes, 56 largos, 30 núcleos ambientais, 27 parques e 22 RPPNMs (IPPUC, 2017); e 300.000 árvores compondo a arborização viária (CURITIBA, 2014).

De acordo com Monteiro (2015), a cidade de Curitiba apresenta uma floresta urbana cobrindo 43,69% da cidade, em que 8,98% corresponde a floresta urbana pública da cidade e 34,70% corresponde a floresta urbana particular de Curitiba. A

área pública representa o arruamento, as áreas verdes e os corpos d'água, os quais totalizam 109.231.180,92 m² (25,14% da área total da cidade), dos quais 39.028.589,38 m² (8,98% da área total da cidade) são cobertos por vegetação.

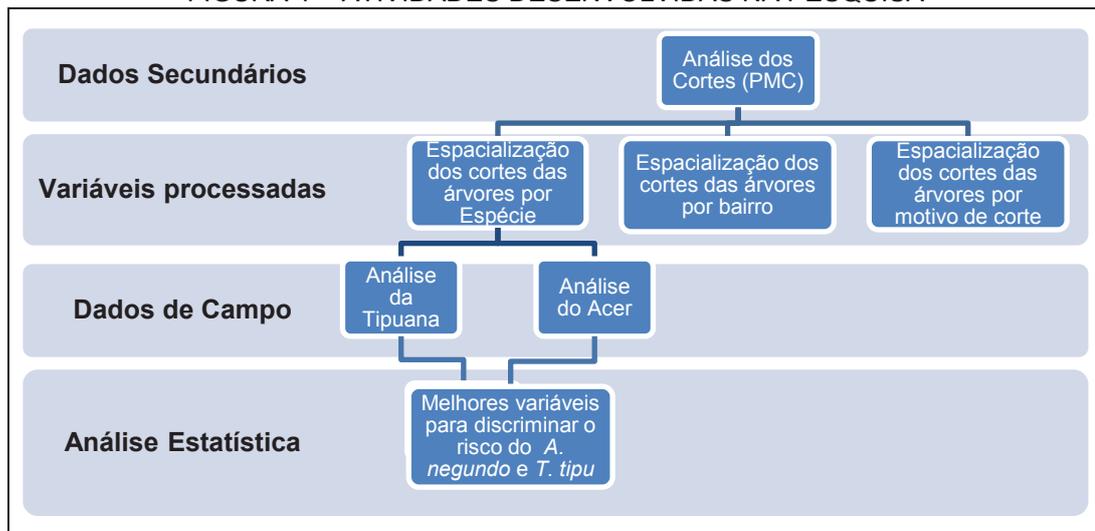
Segundo a mesma autora, a área pública representa 78.961.942,06 m² (18,17% da área total da cidade) de arruamento, 19.035.316,37 m² (4,38% da área total da cidade) de áreas verdes e 11.233.922,48 m² (2,59% da área total da cidade) de corpos d'água, apresenta uma cobertura de vegetação de 21.686.064,42 m² (4,99% da área total da cidade), 14.024.976,71 m² (3,23% da área total da cidade) e 3.317.548,25 m² (0,76% da área total da cidade), respectivamente

De acordo com Bobrowski (2011), as espécies arbóreas mais encontradas na arborização de ruas de Curitiba são: *Lagerstroemia indica* L. (extremosa), *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton (alfeneiro), *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A.DC.) Mattos (ipê-miúdo), *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze (tipuana), *Handroanthus albus* (Cham.) Mattos (ipê-amarelo), *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. (dedaleiro), *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (angico), *Acer negundo* L. (acer), *Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth.) L.P. Queiroz (sibipiruna), *Cassia leptophylla* Vogel (falso-barbatimão), *Handroanthus heptaphyllus* (Martius) Mattos (ipê-roxo), *Hibiscus rosa-sinensis* L. (hibisco), *Melia azedarach* L. (cinamomo), *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (jerivá) e *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L. P. Queiroz (pau-ferro).

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi desenvolvida em etapas, utilizando-se dados secundários fornecidos pela Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC) e dados coletados em campo, conforme a FIGURA 4.

FIGURA 4 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA PESQUISA



FONTE: A autora (2019).

A partir dos dados de corte de árvores fornecidos pela PMC, as variáveis foram processadas em: espacialização dos corte das árvores por espécie, espacialização dos cortes das árvores por bairro e espacialização dos cortes das árvores por motivo de corte.

Com base na coleta de campo de avaliação do risco de queda de *A. negundo* e *T. tipu*, aplicou-se a análise discriminante e assim, foram verificadas as variáveis significativas estatisticamente para compor o modelo padrão de avaliação visual de árvores de risco.

3.2.1 Dados secundários

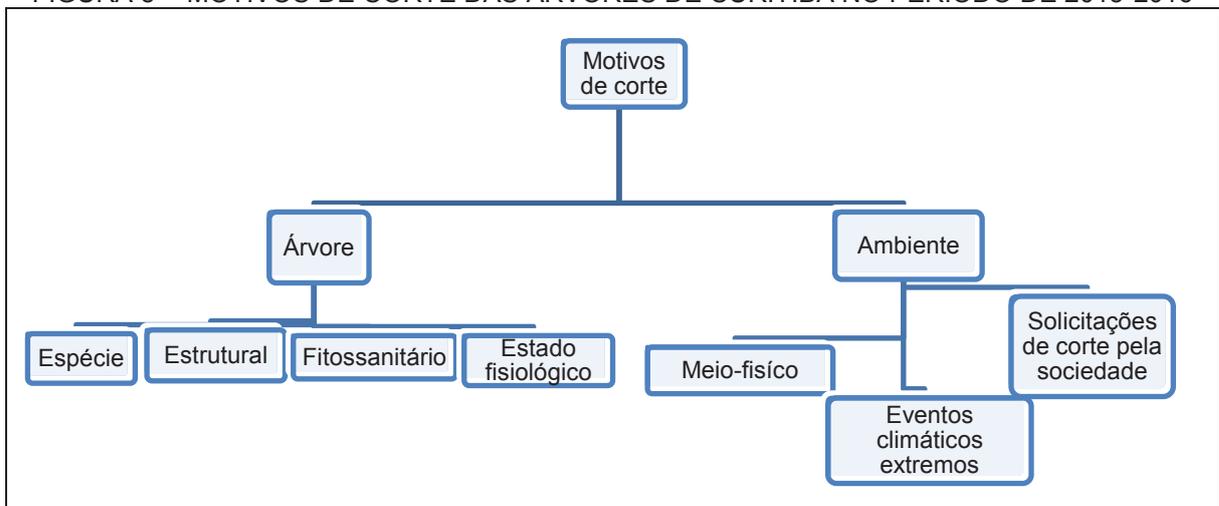
Foi feita uma análise dos arquivos da Gerência de Arborização Urbana da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) no período de 2013-2016, a fim de conhecer as espécies mais solicitadas para corte.

O processo de corte das árvores de Curitiba é realizado por meio de uma vistoria executada por técnicos do Departamento de Arborização Pública Viária da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA). É necessário o preenchimento da Autorização Ambiental para Remoção de Vegetação, a fim de avaliar as condições estruturais, fitossanitárias e/ou possíveis conflitos locais da árvore. A avaliação das árvores consiste nas seguintes variáveis: espécie, porte, posição da árvore em relação à fiação elétrica, condições fitossanitárias e/ou estruturais. Sendo constatada

a necessidade da remoção arbórea, a solicitação é deferida e a execução do corte é realizada pelo Departamento de Arborização Pública Viária (BOUÇAS, 2017).

Com as informações fornecidas pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente foram classificados os motivos de corte em dois grupos (árvore e ambiente) e sete subgrupos (fitossanitário, estrutural, espécie, estado fisiológico, local, eventos climáticos extremos e solicitações de corte pela sociedade), sendo que as árvores poderiam constar em um ou mais subgrupos de motivos de corte (FIGURA 5).

FIGURA 5 - MOTIVOS DE CORTE DAS ÁRVORES DE CURITIBA NO PERÍODO DE 2013-2016



FONTE: A autora (2019).

Os motivos de corte poderiam estar relacionados tanto aos problemas inerentes da árvore quanto ao meio-físico (ambiente). Os motivos de corte que poderiam estar associados ao grupo “árvore” eram problemas inerentes a espécie, como folhas e tamanho dos galhos; falhas estruturais, como rachaduras; estado fitossanitário comprometido, como ataque de pragas e as fase de estado fisiológico, em que a árvore poderia está morta ou velha. Quanto aos motivos de corte ligados ao grupo “ambiente”, os principais problemas associados estão a incompatibilidade da árvore com o meio-físico, situações climáticas extremas e solicitações de corte requerida pela sociedade.

Na TABELA 2 está apresentada a classificação dos motivos detalhados de cada sub-grupo.

TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS MOTIVOS DE CORTE DAS ÁRVORES DE CURITIBA NO PERÍODO DE 2013-2016

Espécie	Estrutural	Fitosanitário	Estado Fisiológico	Meio-físico	Eventos climáticos extremos	Solicitações
Porte	Inclinação	Árvore seca	Velha	Conflito com a fiação	Fatores naturais	Corte
Sujeira	Rachaduras	Árvore oca	Morta	Incompatibilidade local	Raio	Avaliação
Árvore faz sombra	Copa disforme	Árvore desvitalizada		Obstrução da visibilidade	Vendaval	Substituição
Exótica	Danos por colisão de veículo	Árvores tombadas		Realização de obras		Tratamento
Raiz grande	Danos no tronco	Ataque por pragas		Danos físicos		Prevenção
Entupimento da calha	Danos na raiz	Podridão		Acessibilidade		Poda
Desrama natural	Danos mecânicos	Declínio vegetativo		Danos materiais		
Gaihos altos e volumosos		Infestação de erva-de-passarinho		Insegurança ao morador		
		Estado de envenenamento		Deslizamento talude		
		Infiltração				

FONTE: Adaptado PMC.

Dentre os motivos de corte, fornecidos pela prefeitura, foram desconsideradas as classes sem motivo de corte e risco de queda, tendo em vista que este se enquadra nas demais classes e não se sabe ao certo o real motivo do corte. Assim, 26% das árvores suprimidas no período de 2013 a 2016 não apresentaram um motivo justificável de corte.

A análise dos motivos de corte de árvores é realizada de maneira subjetiva pela prefeitura. Dessa forma, a padronização dos motivos do corte tende a facilitar as coletas de campo, tornando-as mais práticas e rápidas.

Para a espacialização das espécies foi utilizada a variável número de indivíduos cortados por bairro com os quais foi elaborado um mapa temático por meio do *software* QGIS 2.18, conforme método proposto por Pamboukian (2010).

3.2.2 Dados de Campo

3.2.2.1 Seleção das Espécies

Com base nas informações obtidas das solicitações de corte da prefeitura, foram selecionadas duas espécies, *Acer negundo* e *Tipuana tipu*, que constavam dentre as quinze espécies mais cortadas no período de 2013 a 2016, cuja finalidade era relacionar os fatores ligados às características locais aos fatores inerentes das espécies que podem estar associadas ao risco de queda.

Baseado no inventário da arborização de ruas realizado por Bobrowski (2011), foram selecionados indivíduos das duas espécies, considerados como árvores boas ou vigorosas e ruins.

Foram escolhida 240 árvores adultos, sendo 120 indivíduos por espécie, com diâmetro à altura do peito - DAP igual ou superior a 15 cm. Dessas 120 árvores, selecionou-se 60 que apresentavam sinais de injúrias, apodrecimento, inclinação ou outros fatores passíveis de identificação visual, as quais pudessem prejudicar a estabilidade ou desenvolvimento das árvores; e 60 indivíduos que não apresentavam ou apresentassem percentagem inferior a 50% de injúrias, rachaduras e apodrecimento.

3.2.2.2 Seleção dos locais

A partir dos registros fornecidos pela Prefeitura Municipal de Curitiba e informações sobre o inventário arbóreo da cidade, foram identificados quais os bairros que apresentavam as maiores quantidades de indivíduos de *A. negundo* e *T. tipu* nas ruas. Percorreram-se os bairros e selecionaram-se as ruas com as maiores quantidades das árvores possíveis de serem avaliadas (TABELA 3).

TABELA 3 -SELEÇÃO DAS ÁRVORES DE *A. NEGUNDO* E *T. TIPU* NAS RUAS DE CURITIBA

Regiões	Bairros	Limite dos bairros
Central	Centro	R. Amintas de Barros, R. Saldanha da Gama, R. Marechal Deodoro, Av. Marechal Floriano Peixoto
	Alto da XV	R. Prof. Brandão, R. Dias da Rocha Filho, R. Fernando Amaro
	Jardim Botânico	Av. Engenheiro Rebouças, R. Brasílio Itiberê
Periférica	Bacacheri	R. Comendador Antônio Domingues de Barros, R. Cláudio Chatagnier, R. Eduardo Geronasso
	Jardim Social	R. Raphael Papa, R. Teófilo Soares Gomes, Av. Edgard Stelfeld
	Cristo Rei	Av. São José, Av. Mal. Humberto de Alencar Castelo Branco, R. Brg. Rocha Loures, Rua Fioravante Dalla Stella, R. Pres. Beaurepaire Rohan, Travessa Ângelo Piazzetta, R. O'yapock

FONTE: A autora (2019).

As regionais Matriz e Boa Vista foram escolhidas por deterem grande parte das árvores de *A. negundo* e *T. tipu* e apresentarem características urbanas contrastantes quanto ao uso do solo, fluxo de carros e pessoas. Dentre os bairros que compõem a regional Matriz e Boa Vista, foram escolhidos os bairros que apresentavam maior número de árvores de *A. negundo* e *T. tipu* em condições boas e ruins, e diferentes fluxos de pessoas e veículos.

Assim, os bairros Centro, Alto da XV e Jardim Botânico foram classificados como área central, por deterem as árvores de *A. negundo* e *T. tipu* em ruas de médio a alto fluxo de veículos e pessoas. Enquanto, os bairros Cristo Rei, Bacacheri e Jardim Social foram classificados como área periférica, por estarem em ruas mais afastadas

do centro e, portanto, com menor fluxo dos alvos potenciais, caso ocorra a queda de uma árvore.

Esses bairros estão inseridos em unidades mais abrangentes, conhecidas como regionais. As regionais desenvolvem o planejamento local de modo compatível com as condições e a legislação vigente, de forma a instrumentalizar as ações concretas definidas pela municipalidade, além de promover a interligação do planejamento local ao planejamento da cidade como um todo (PREFEITURA DE CURITIBA, 2015).

Nas regionais Matriz e Boa Vista foi avaliado o fluxo de veículos e de pessoas no mês de março de 2018, nos horários considerados de pico em Curitiba, entre as 7h 30min 8h 30min (Secretaria Municipal de Transito - SETRAN, 2012). Foi utilizado uma câmera sony 1.5 para filmar o número de veículos que transitavam no momento. Para avaliação do fluxo de pessoas foi utilizado uma prancheta para anotar a circulação de pessoas ao longo da via. Esse procedimento foi repetido três dias consecutivos e utilizou-se o valor médio para análise no *Microsoft Excel 2010*.

3.2.2.3 Avaliação visual de risco de queda das árvores

Para a análise do risco de queda das árvores foi adaptado o método de avaliação visual proposto por Smiley, Matheny e Lilly (2011).

O diagnóstico visual foi realizado com uso de uma planilha de levantamento de dados construída no *software Microsoft Excel 2010*. A mesma possui seis grupos de informações coletadas, apresentados na TABELA 4.

TABELA 4 - FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO VISUAL DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES NA ARBORIZAÇÃO DE RUAS DE CURITIBA

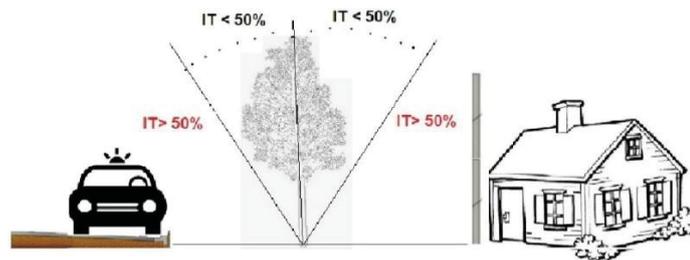
Avaliação visual do risco de queda																					
Data:																					
Rua:																					
Loc	Características dendrométricas											Condições do entorno				Fitossanidade			EG	R	
	Ht	Hbf	CAP	Posição				Copa				IT	f	g	h	l	r	cl			t
				a	b	c	d	r1	r2	r3	r4											e

FONTE: Adaptado Smiley, Matheny e Lilly (2011).

Os itens encontrados no formulário de avaliação visual do risco de queda das árvores na arborização de ruas de Curitiba (TABELA 4) são detalhados da seguinte forma:

- a) Loc - Localização: número da casa ou comércio;
- b) Ht - Altura total (m);
- c) Hbf - Altura da primeira bifurcação: a. altura da primeira bifurcação igual a 1,80 m; b. maior que 1,80 m; c. menor que 1,80 m;
- d) CAP- Circunferência a altura do peito (cm);
- e) Posição: a. distância da árvore ao meio fio (m), b. distância da árvore ao muro ou construção (m), c. acima/ abaixo da fiação ou ausente (m), d. espaçamento entre as árvores (m);
- f) Copa - Diâmetro de copa (m), r1 = sentido longitudinal esquerdo, r2 = sentido longitudinal direito, r3 = sentido transversal direito, r4 = sentido transversal esquerdo;
- g) IT- Inclinação do tronco: e- $IT < 50\%$ ou $IT > 50\%$, conforme a FIGURA 6;

FIGURA 6 - ILUSTRAÇÃO DA AVALIAÇÃO DA INCLINAÇÃO DO TRONCO

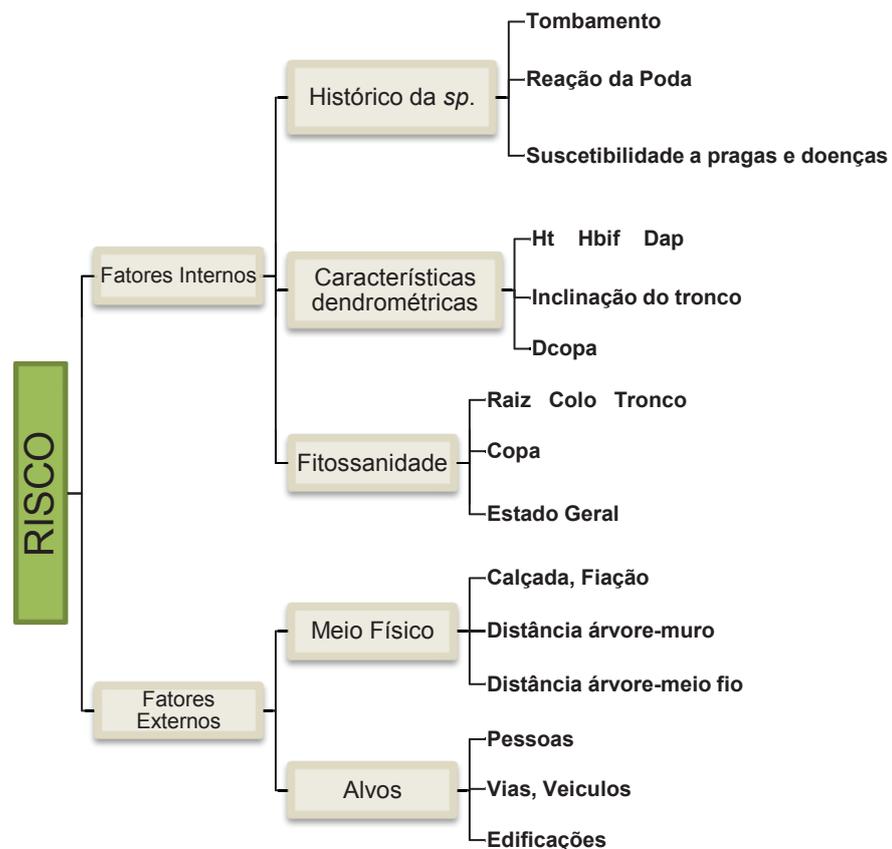


- h) Condição do entorno: f. tipos de edificação (comercial ou residencial), g. tipo de via de tráfego (vias de trânsito rápido, arterial, coletora, local), h. levantamento do pavimento pelas raízes (sim ou não), i. área permeável $> 50\%$ ou área permeável $< 50\%$;
- i) r - condições do sistema radicular: 1. raiz profunda, sem danos à calçada 2. raiz pouco superficial, causando danos somente na área de crescimento da árvore 3. raiz superficial, ultrapassando a área de crescimento da árvore, provocando rachaduras nas calçadas;
- j) cl - Colo: 1. sadio 2. $< 50\%$ deteriorado, ataque de fungo, corpo-de-frutificação e/ou ataque de cupins 3. $> 50\%$ deteriorado, ataque de fungo, corpo-de-frutificação e/ou ataque de cupins.
- l) t - tronco: 1. sadio; 2. $< 50\%$ deteriorado, ataque de fungo, corpo-de-frutificação e/ou ataque de cupins; 3. $> 50\%$ deteriorado, ataque de fungo, corpo-de-frutificação e/ou ataque de cupins.

m) EG - Estado geral: 1. morta 2. barreira física do canteiro 3. injúria mecânica 4. casca inclusa 5. rachaduras 6. copa desequilibrada, 7. poda inadequada dos galhos;
 n) R- recomendações: 1. corte 2. poda de manutenção 3. poda de limpeza 4. poda drástica.

O risco de queda é o resultado da associação entre os fatores internos (fatores inerentes à árvore) e fatores externos (fatores ligados ao meio-urbano) (FIGURA 7).

FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DE FATORES DE RISCO DE QUEDA



FONTE: A autora (2019).

A partir daí foi realizada uma categorização de todas as variáveis conforme mostra os QUADROS 2 e 3.

QUADRO 2 - CATEGORIZAÇÃO DOS FATORES INTERNOS DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES DE *A. NEGUNDO* E *T. TIPU*

continua

Categorias			
Histórico da árvore	Suscetibilidade a pragas e doenças	0- sim 1- não	
	Histórico de tombamento	0- sim 1- não	
	Tolerância à poda	0- sim 1- não	
Características dendrométricas	Altura total (Ht) <i>A. negundo</i>	H < 10 m H > 10m	
	Altura total (H) <i>T. tipu</i>	H < 15 m H > 15m	
	Altura da bifurcação (Hbif)	0- Hbif > 1,8 1- Hbif < 1,8	
	DAP	15 ≤ DAP ≤ 30 cm 30 ≤ DAP ≤ 45 cm DAP > 45 cm	
	Diâmetro da copa (Dcopa) <i>A. negundo</i>	Dcopa ≤ 5 m 5 m ≤ Dcopa ≤ 10m Dcopa > 10m	
	Diâmetro da copa (Dcopa) <i>T. tipu</i>	Dcopa < 10 m 10 m ≤ Dcopa ≤ 15m Dcopa > 15m	
	Inclinação do tronco (IT)	0- IT > 50% do total do tronco 1- IT < 50% do total do tronco	
Fitossanidade	Raiz	semi-superficial c/ injúrias > 50% semi-superficial c/ injúrias < 50% semi-superficial; saudável pivotante; saudável	
	Colo	injurado e/ou lesões > 50% injurado e/ou lesões < 50% saudável	
	Tronco	injurado e/ou lesões > 50% injurado e/ou lesões < 50% saudável	
	Copa	injurada e/ou com lesões > 50% injurada com lesões e/ou com erva passarinho < 50%	
	Ruim	Colo	com lesões e/ou injúrias maior do que 50% da área total;

Estado geral	Média		
		Raiz	superficial ou semi-superficial com injúrias e/ ou lesões maior do que 50% da área total;
		Inclinação do tronco	maior do que 50% do ângulo total;
		Tronco	com lesões e/ou injúrias maior do
		Copa	que 50% da área total; desequilibrada, com lesões e/ou injúrias e/ou erva de passarinho maior do que 50% da área total.
		Colo	com lesões e/ou injúrias menor do que 50% da área total;
		Raiz	superficial ou semi-superficial com injúrias e/ ou lesões menor do que 50% da área total;
		Inclinação do tronco	inclinação do tronco menor do que 50% do ângulo total;
		Tronco	tronco com lesões e/ou injúrias menor do que 50% da área total;
		Copa	copa desequilibrada, com lesões e/ou injúrias e/ou erva de passarinho menor do que 50% da área total.
	Boa	Colo	sem lesões e/ou injúrias visíveis;
		Raiz	raiz pivotante, superficial ou semi-superficial sem lesões e/ou injúrias visíveis;
		Inclinação do tronco	tronco reto ou inclinação menor do que 50% do ângulo total;
Tronco		tronco sem lesões e/ou injúrias visíveis;	

		Copa	copa equilibrada, sem lesões e/ou injúrias e/ou erva de passarinho menor do que 50% da área total.
--	--	------	--

FONTE: A autora (2019).

O subgrupo características dendrométricas foi definido conforme recomenda Biondi e Althaus (2005) e o subgrupo estado geral ruim, médio e bom foi a soma geral das condições estruturais e fitossanitárias de raiz, colo, tronco e copa das árvores avaliadas.

QUADRO 3 - CATEGORIZAÇÃO DOS FATORES EXTERNOS DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES DE *A. NEGUNDO* E *T. TIPU*

	Fatores externos	Categorias
Meio-físico	Distância da árvore- meio fio	0 - < 0,5m
		1 - > 0,5m
	Recuo da casa	0 - < 5 m
		1 - > 5 m
	Largura da calçada	0 - < 2m
		1 - > 2m
	Fiação	1 - sem cabos
		2 – junto com os cabos
3 - acima dos cabos		
4 - abaixo dos cabos		
Alvos	Tipo de edificação	Comercial
		Residencial
	Tipo de via urbana	Arterial
		Coletora
		Local
	Fluxo geral local	fluxo intenso
		fluxo médio
		fluxo baixo
	Fluxo de veículos	via arterial super-utilizada
		via arterial sub-utilizada
		via coletora sub-utilizada
		via local- adequada
via local sub-utilizada		
Fluxo de pessoas	fluxo alto > 132 pessoas/hora	
	fluxo baixo < 132 pessoas/hora	

FONTE: A autora (2019).

O grupo meio-físico foi subdividido em quatro classes, a saber: distância da árvore- meio fio, recuo da casa, largura da calçada e fiação. A categorização dessas

classes foi definida a partir das recomendações de CESP (1988); Gonçalves e Paiva (2006); Lell (2006); CREA-PR (2008) e Porto et al.(2010).

As categorias do grupo alvo foram definidas de acordo com as seguintes literaturas: o tipo de edificação seguiu o recomendado pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 2008); o fluxo geral local, fluxo de veículos e de pessoas foi estabelecido de acordo com a recomendação de Campos e Melo (2005) e Caetano e Matoski (2013).

3.2.3 Processamento e Análise dos Dados

Os dados secundários foram tabulados em planilha do *Microsoft Excel* 2010 e os resultados apresentados em forma de tabelas e gráficos. Os mapas foram processados no *software QGIS* 2.18.

As espacializações temáticas foram processadas no *software QGIS* 2.18, adotando-se a metodologia de Pamboukian (2010), que recomenda a divisão das classes seguindo o estilo graduado em intervalos iguais.

3.2.3.1 Definição dos modelos estatísticos

Para definir os cenários de risco de queda das árvores de *A. negundo* e *T. tipu* adotou-se a técnica multivariada de análise discriminante (AD), utilizando o programa *SPSS Statistics* 17.0, conforme apresentado por Field (2009).

Na primeira etapa, os dados coletados em campo foram tabulados em planilha do *Microsoft Excel* 2010 e organizados de acordo com os pressupostos da análise discriminante. Um dos pressupostos está relacionado à escala de medida das variáveis (qualitativa e quantitativa) e para isso, os dados foram ajustados para serem processados no SPSS, conforme apresentado no QUADRO 4.

QUADRO 4 - AJUSTE DOS DADOS PARA APLICAÇÃO DA ANÁLISE DISCRIMINANTE NO SPSS

Categorias	Ajustes dos dados
Espécie	0 - acer 1 - tipuana
Suscetibilidade à praga	0 - não suscetível 1 - suscetível
Reação à poda	0 - tolera 1 - não tolera
Histórico de tombamento	0 - não 1 - sim
Altura	0 - Ht < 10m 0,5 - 10 > Ht < 15m 1 - Ht > 15m
Hbif	0 - Hbif < 1,8 1 - Hbif > 1,8
Dap	0 - 15 < dap < 30 cm 0,5 - 30 < dap < 45 cm 1 - Dap > 45cm
Dcopa	0 - dcopa < 5m 0,5 - 5m < dcopa < 10m 1 - dcopa > 10m
Inclinação do tronco (it)	0 - reto 0,5 - it < 50% - casa/ rua 1 - it > 50%
Quebra de calçada	0 - não 1 - sim
Área permeável	0 - adequado (>70%) 1 - não adequada (<70%)
Condição geral da raiz	0 - pivotante 0,5 - semi-superficial 1 - superficial
lesão na raiz	0 - saudável 0,5 - lesão < 50% 1 - lesão > 50%
Condição geral do colo	0 - saudável 0,5 - lesão < 50% 1 - lesão > 50%
Condição geral do tronco	0 - saudável 0,5 - lesão < 50% 1 - lesão > 50%
Condição geral da copa	0 - saudável 1 - injuriado
Distância da árvore para ao meio fio	0 - adequado (>0,5m) 1 - inadequado (<0,5m)

Distância da árvore para o muro	0 - adequado (>1,2m) 1 - inadequado (<1,2m)
Recuo da árvore para casa	0 - adequado (>5m) 1 - inadequado (<5m)
Largura da calçada	0 - adequado (>2m) 1 - inadequado (<2m)
Fiação	0 - sem cabos 0,25 - abaixo dos cabos 0,5 - acima dos cabos 1 - junto com os cabos
Espaçamento (d)	0 - adequado (d>10m ou >15m) 1 - inadequado (<10m ou <15m)
Canteiro	0 - > 1m ² 0,5 - < 1m ² 1 - sem canteiro
Tipo de Edificação	0 - comercial 1 - residencial
Tipo de via Urbana	0 - local 0,5 - coletora 1 - arterial
Fluxo de veículos	0 - baixo 0,5 - médio 1 - alto
Fluxo de pessoas	0 - baixo (<132,pessoas / hora) 1 - alto (> 132 pessoas/ hora)
Fluxo geral local	0 - fluxo baixo 0,5 - fluxo médio 1 - fluxo alto
Risco	0 - baixo 1 - médio 2 - alto

FONTE: A autora (2019).

Utilizou-se uma escala de 0 a 1 para estabelecer os valores numéricos de cada variável qualitativa apresentada no quadro 4. Essa escala se subdividida de acordo com o número de dados, por exemplo: a variável fiação possui 4 possíveis dados (sem cabos, abaixo dos cabos, acima dos cabos e junto com os cabos), logo, a escala foi subdividida em 0; 0,25; 0,5 e 1. Ressalta-se que a variável “risco” é a variável independente, assim, não precisa de ajuste ou uso de escala.

Para a construção do modelo de classificação de risco de queda para as duas espécies, verificaram-se as seguintes premissas indicadas por Marroco (2007):

- 1- Existência de diferenças entre as médias relacionadas a cada grupo, por meio do teste *Wilks' Lambda*; .
- 2- Homogeneidade das matrizes de variância-covariância por meio do teste *Box's*;
- 3- Coeficientes padronizados (pesos).

A escolha das variáveis significativas e, portanto, que explicaram melhor os modelos de risco de queda, foi realizada pelo procedimento *stepwise* com aplicação dos testes estatísticos *lâmbda* de *Wilks* e autovalores.

Para saber a qual grupo de risco de queda uma nova observação pertence, pode-se calcular a distância euclidiana, isto é, a distância entre a nova observação e o centróide (média) de cada grupo de risco de queda. Essa distância correspondente à raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças entre os pares de observações (*i* e *j*) para todas as *p* variáveis e pode ser obtida por meio da equação (MORAES, 2016):

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

$$d_{ij} = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \dots + (x_{ip} - x_{jp})^2}$$

Em que x_{jk} é o valor da variável *j* referente à observação *k* e x_{jk} representa a média de variável *j* para o centróide *k*. A nova observação é classificada no grupo que apresenta a menor distância dos escores da função discriminante 1 e 2 em relação ao centróide de cada grupo.

Ressalta-se que, foi utilizado a matriz de correlação para obter as funções discriminantes. Sendo, assim, para a classificação de uma nova observação é importante padronizar as variáveis independentes por meio da seguinte equação:

$$d_z = \frac{(d_i - \bar{d})}{s}$$

onde:

d_z = variável independente padronizada *z*

d_i = variável independente observada

\bar{d} = média

s = desvio padrão

O tamanho da amostra (120 árvores por espécie) foi considerada suficiente segundo a recomendação de Hair et al. (2009), de no mínimo 20 observações para cada variável explicativa.

O nível de significância foi de 95% para as avaliações dos grupos de riscos de queda.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES DAS ÁRVORES DE RISCO SUPRIMIDAS NAS RUAS DE CURITIBA NO PERÍODO DE 2013-2016.

Foram suprimidas 6226 árvores nas ruas de Curitiba no período de 2013 a 2016. Na TABELA 5 estão apresentadas as quinze espécies mais cortadas nesse período, que representam 80% do total.

TABELA 5 - AS QUINZE ESPÉCIES MAIS CORTADAS NAS RUAS DE CURITIBA NO PERÍODO DE 2013-2016

Espécie	Nome Científico	Nº de árvores	%	Procedência
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze.	950	15	Nativa
Alfeneiro	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton.	940	15	Exótica
Não identificada	-----	803	13	
Cinamomo	<i>Melia azedarach</i> L.	328	5	Exótica
Palmeira	<i>Archontophoenix alexandrae</i> H. Wendl. & Drude	272	4	Exótica
Koeleutéria	<i>Koeleuteria paniculata</i> Laxm.	271	4	Exótica
Ipês	<i>Handroanthus</i> spp.	261	4	Nativa
Dedaleiro	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	228	4	Nativa
Araucária	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	193	3	Nativa
Angico	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	181	3	Nativa
Acer	<i>Acer negundo</i> L.	165	3	Exótica
Cassia	<i>Cassia</i> ssp.	147	2	Nativa
Monjoleiro	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	143	2	Nativa
Aroeira	<i>Schinus molle</i> L.	131	2	Nativa
Extremosa	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	117	2	Exótica
		5130	80%	

FONTE: A autora (2019).

Tipuana e alfeneiro foram as espécies mais cortadas nas ruas de Curitiba no período de 2013-2016, representando cerca de 30% do total das árvores suprimidas. Segundo o inventário de Bobrowski (2011), essas espécies também estão entre as mais plantadas na cidade. No entanto, o plantio destas espécies não é mais realizado nas ruas de Curitiba.

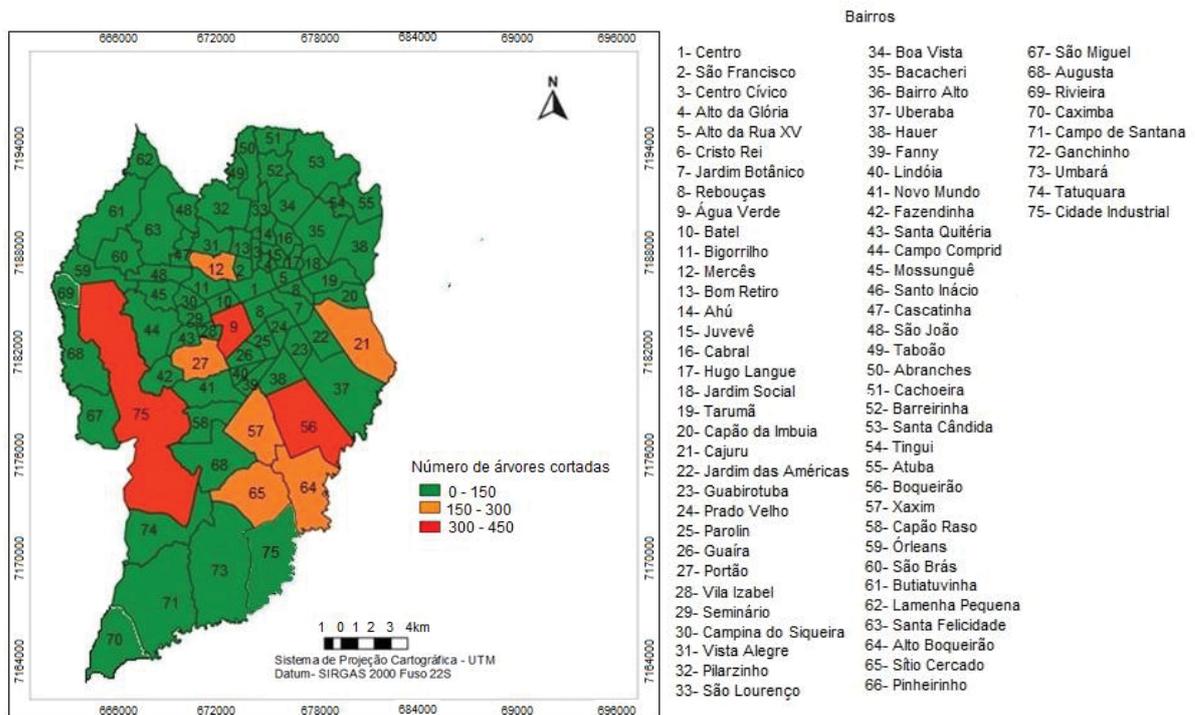
T. tipu não deve ser plantada nas ruas devido ao seu porte, raízes superficiais que provocam o levantando as calçadas (BIONDI; ALTHAUS, 2005). Apesar dessa espécie ser muito utilizada na arborização brasileira, vários autores como Lima (1993); Lorenzi (2003); Sampaio (2006); Bobrowski (2010), constataram a relação de incompatibilidade da árvore com o local disponível, ocasionando conflito aéreo (copa e fiação) e quebra do calçamento.

Biondi e Althaus (2005) afirmam que desde 1970 o alfeneiro já fazia parte da arborização de Curitiba e foi muito plantada até a década de 80, mas atualmente não se planta mais nas ruas por diversos motivos, entre eles estão: ser uma espécie exótica-invasora, possuir raízes superficiais que levantam as calçadas e apresentar rápido crescimento, fazendo-a competir e impedir a regeneração de plantas nativas.

4.1.1 Distribuição espacial das variáveis analisadas

A espacialização do número de árvores em risco suprimidas na cidade de Curitiba no período de 2013-2016 é apresentada na FIGURA 8.

FIGURA 8 - ESPACIALIZAÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM RISCO SUPRIMIDAS NA CIDADE DE CURITIBA NO PERÍODO DE 2013-2016



FONTE: A autora (2019).

Os bairros que se encontram na maior classe de árvores cortadas são: Boqueirão (7%), CIC (5%) e Água verde (5%), totalizando 17%. Os bairros que se encontram na classe média de árvores cortadas são: Mercês (4%), Cajuru (4%), Sítio Cercado (4%), Portão (3%), Xaxim (3%) e Alto Boqueirão (3%), totalizando 21%. Os demais bairros encontram-se na classe de menor número de árvores cortadas, totalizando 56% das supressões.

Monteiro (2015) constatou na cidade de Curitiba a relação inversa entre a densidade populacional e a cobertura de vegetação, isto é, quanto maior a densidade populacional do bairro, menor a cobertura de vegetação. Segundo o IPPUC (2016), os bairros Água Verde e Cajuru estão entre os dez bairros mais densos da cidade de Curitiba e os demais bairros estão localizados em ZR-3, ou seja, áreas classificadas como de média densidade.

Assim, os bairros que possuem maior número de árvores cortadas (CIC, Boqueirão e Água Verde) apresentaram um percentual de cobertura arbórea média a baixa e uma densidade populacional média/ alta. Essa relação, pode explicar a alta demanda de corte de árvores nesses locais, uma vez que a árvore pode muitas vezes ser vista como um empecilho à mobilidade e atividades urbanas.

Para a mesma autora, a regional Portão possui histórico de ocupação iniciado na década de 1930 e grande parte de sua área tem taxa mínima de permeabilidade do solo de 25%. Estes fatores contribuem para esta regional apresentar a maior densidade populacional de Curitiba, 72 habitantes por hectare (hab/ha), o que pode ter influenciado sua baixa proporção de cobertura de vegetação e está entre os bairros de maior supressão de árvores.

Os bairros que se encontram na classe média de árvores cortadas (Mercês, Cajuru, Sítio cercado, Portão, Xaxim e Alto boqueirão) possuem uma taxa de cobertura arbórea que varia de baixo a alto e uma densidade populacional de baixa a alta. Esse resultado demonstra que as árvores foram suprimidas devido a diversos fatores, tais como problemas fitossanitários, incompatibilidade com o meio-físico, espécie etc.

Mais da metade dos bairros (56%) encontram-se na menor classe de árvores cortadas, mostrando que a prática de corte de árvores não é acentuada na cidade de Curitiba. Isso pode ocorrer devido às limitações logísticas para realização do corte total das árvores e/ou as práticas de manejo estejam ocorrendo de forma preventiva, evitando assim, a supressão das árvores.

Para favorecer a relação custo-benefício, deve-se estender a permanência das árvores no meio-urbano até que esta forneça o máximo de benefícios ao ambiente e às pessoas. A prática de corte total da árvore é a última medida prevista na manutenção da arborização. Para Biondi e Althaus (2005) as práticas de manutenção da arborização de ruas dividem-se em medidas preventivas, remediadoras e supressórias.

A prática supressória está relacionada a danos irreparáveis causados por risco de queda, doenças, pragas ou ataque de erva-de-passarinho, ou morte comprovada; a remoção de flores e frutos desagradáveis ou com princípios alérgicos ou ainda a remoção de árvores a pedido da população (BIONDI; ALTHAUS, 2005; GONÇALVES; STRINGHETA; COELHO, 2007).

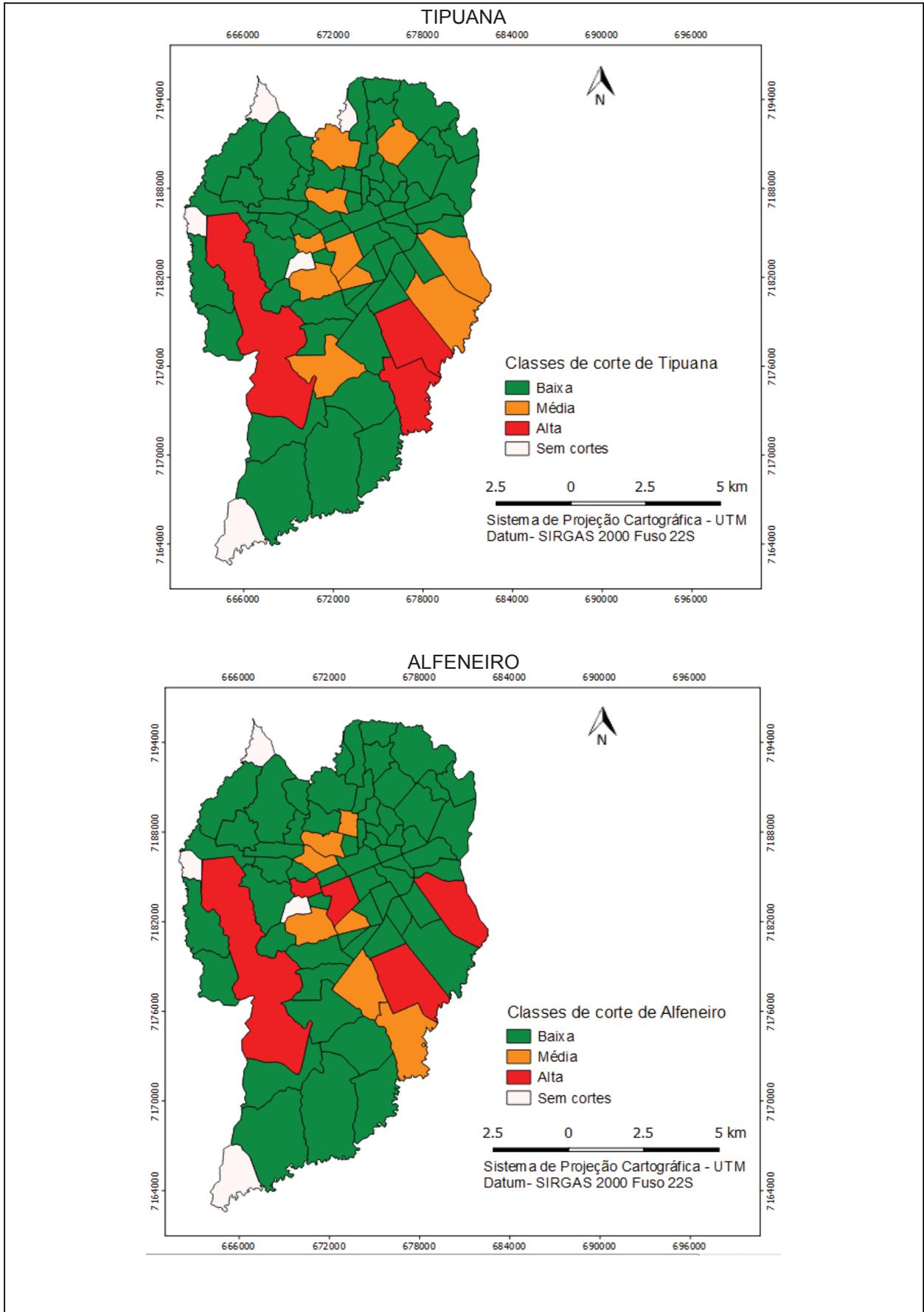
Bobrowski, Biondi e Filho (2012) verificaram que as árvores de ruas de Curitiba encontram-se na fase madura ou de amadurecimento. Assim, as podas se tornam mais delicadas, e por isso o arboricultor deve conhecer a arquitetura da copa das árvores, a fisiologia da compartimentalização, as técnicas de poda, as ferramentas e equipamentos mais apropriados para cada atividade (SEITZ, 1996).

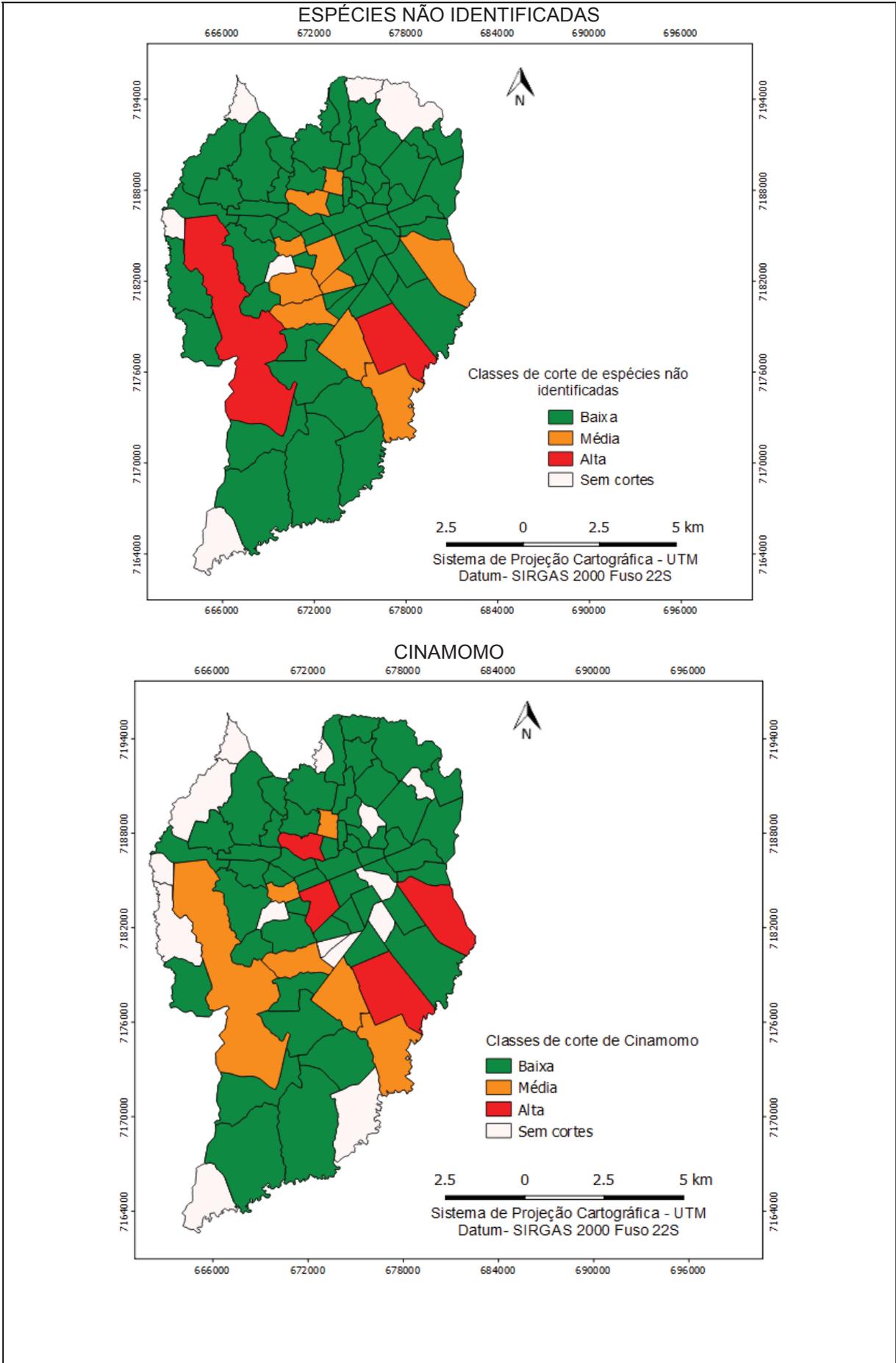
Nos bairros avaliados em campo nesta pesquisa (Centro, Alto da XV, Jardim Botânico, Bacacheri, Jardim Social e Cristo Rei) quando comparados com os dados secundários, percebe-se que estes se encontram na regional Matriz e Boa Vista, estando, portanto, na classe de menor número de árvores cortadas.

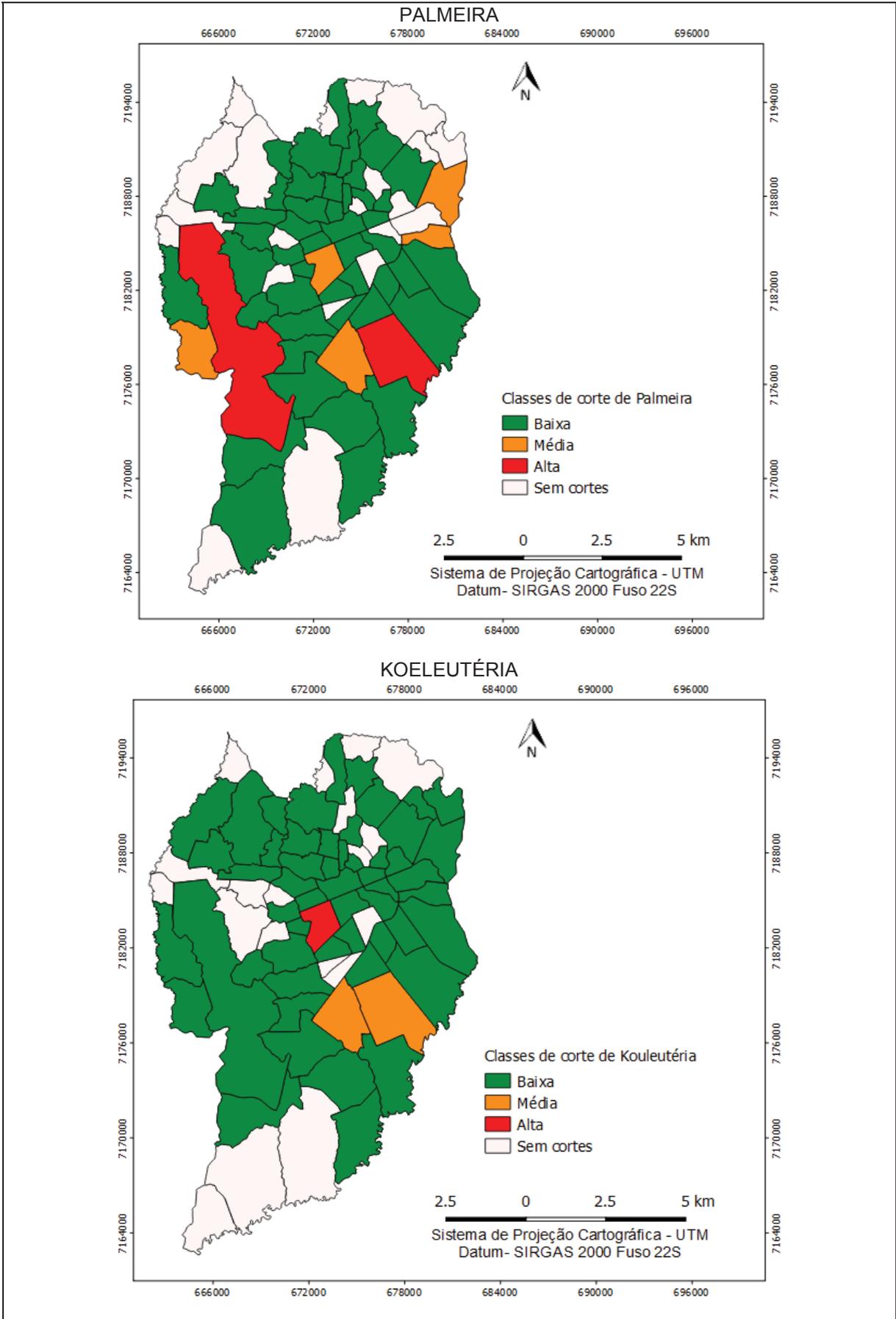
A regional Matriz abrange os bairros centrais da cidade de Curitiba e segundo a pesquisa de Leal, Biondi e Rochadelli (2008) essa área foi considerada de maior valor destinado ao plantio de árvores, portanto foi a que obteve maior investimento aplicado na arborização de ruas. No entanto, Monteiro (2015) constatou que tal investimento não refletiu em uma maior cobertura de vegetação para a regional Matriz, a qual se manteve na média de 26% de cobertura de vegetação sobre o arruamento. Isso ocorre devido esses bairros se caracterizarem por comércio, serviços e intenso fluxo de pessoas, o que torna prioridade a acessibilidade e a mobilidade nas ruas. Dessa forma, as medidas supressórias também são limitadas nesses bairros.

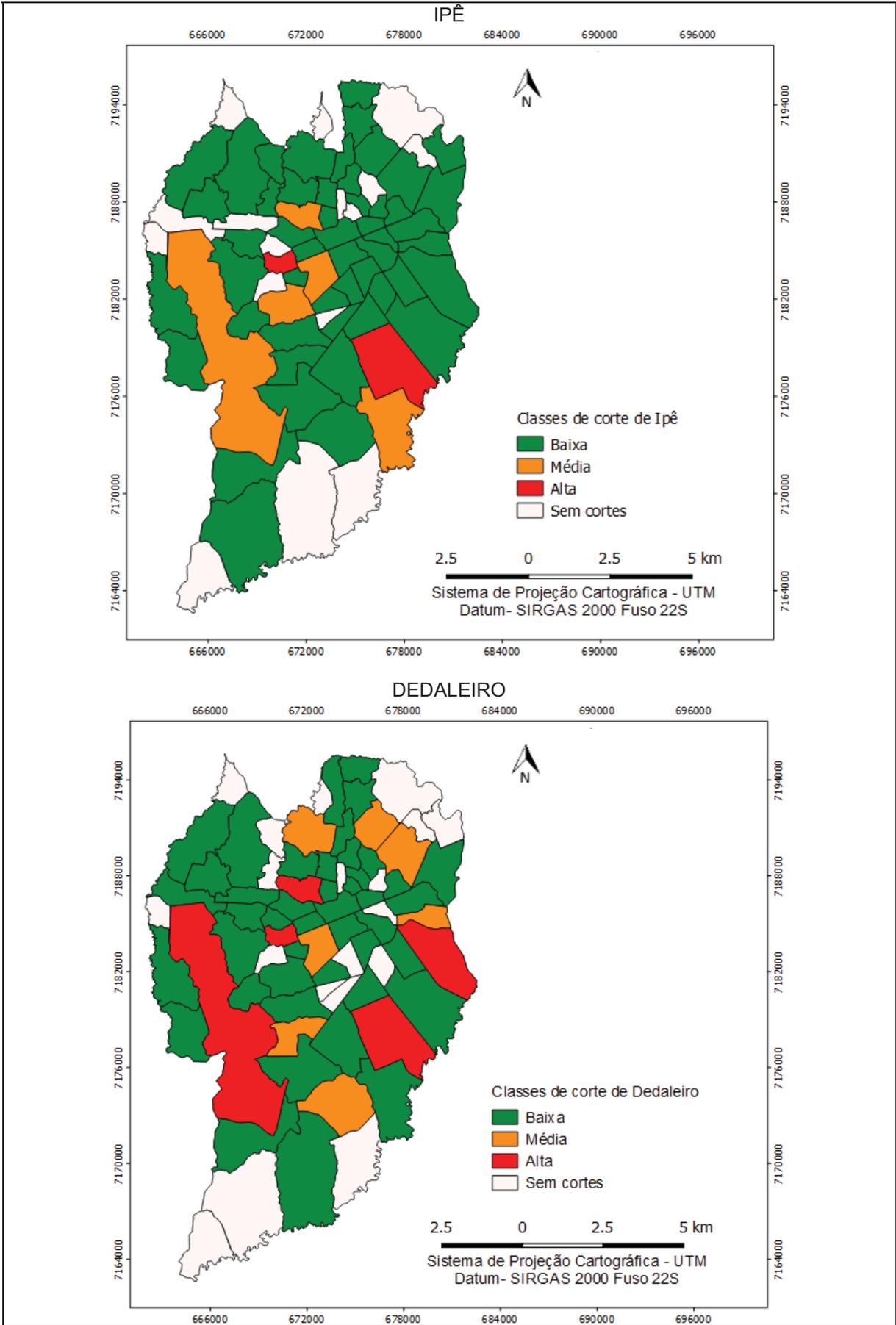
A distribuição das quinze espécies mais cortadas na cidade de Curitiba está apresentada no APÊNDICE 2 e na FIGURA 9.

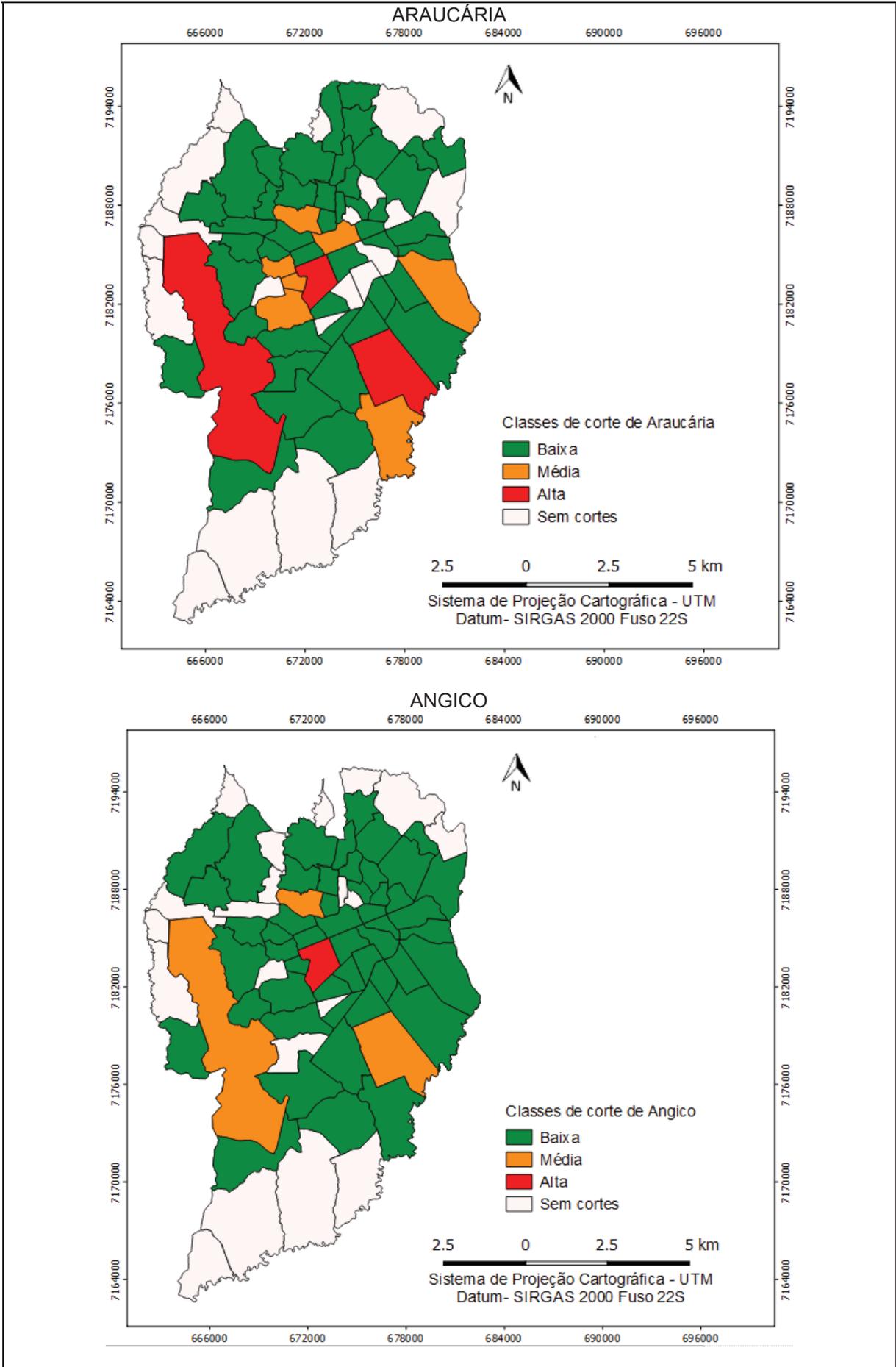
FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS QUINZE ESPÉCIES MAIS CORTADAS NA CIDADE DE CURITIBA

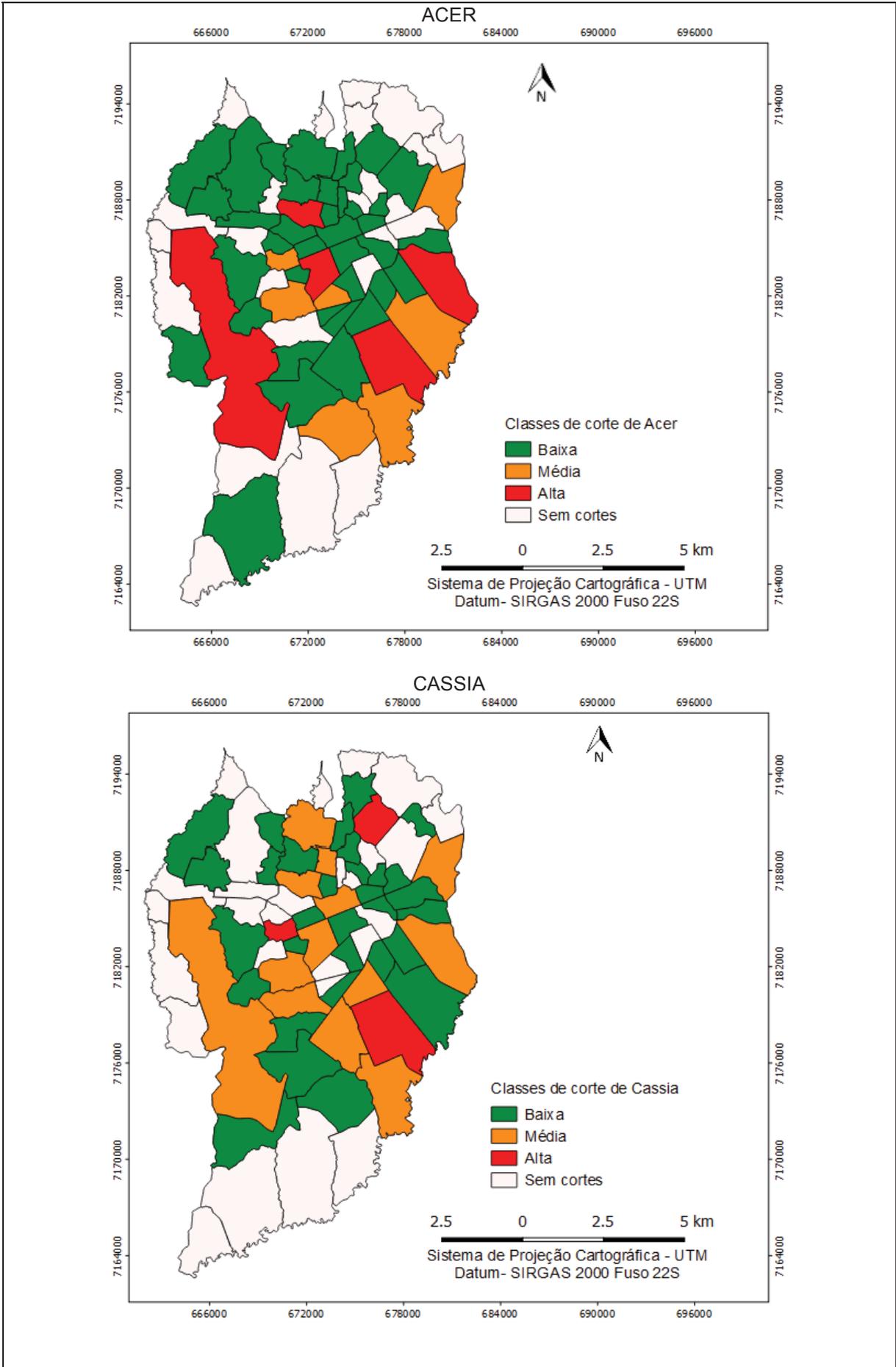


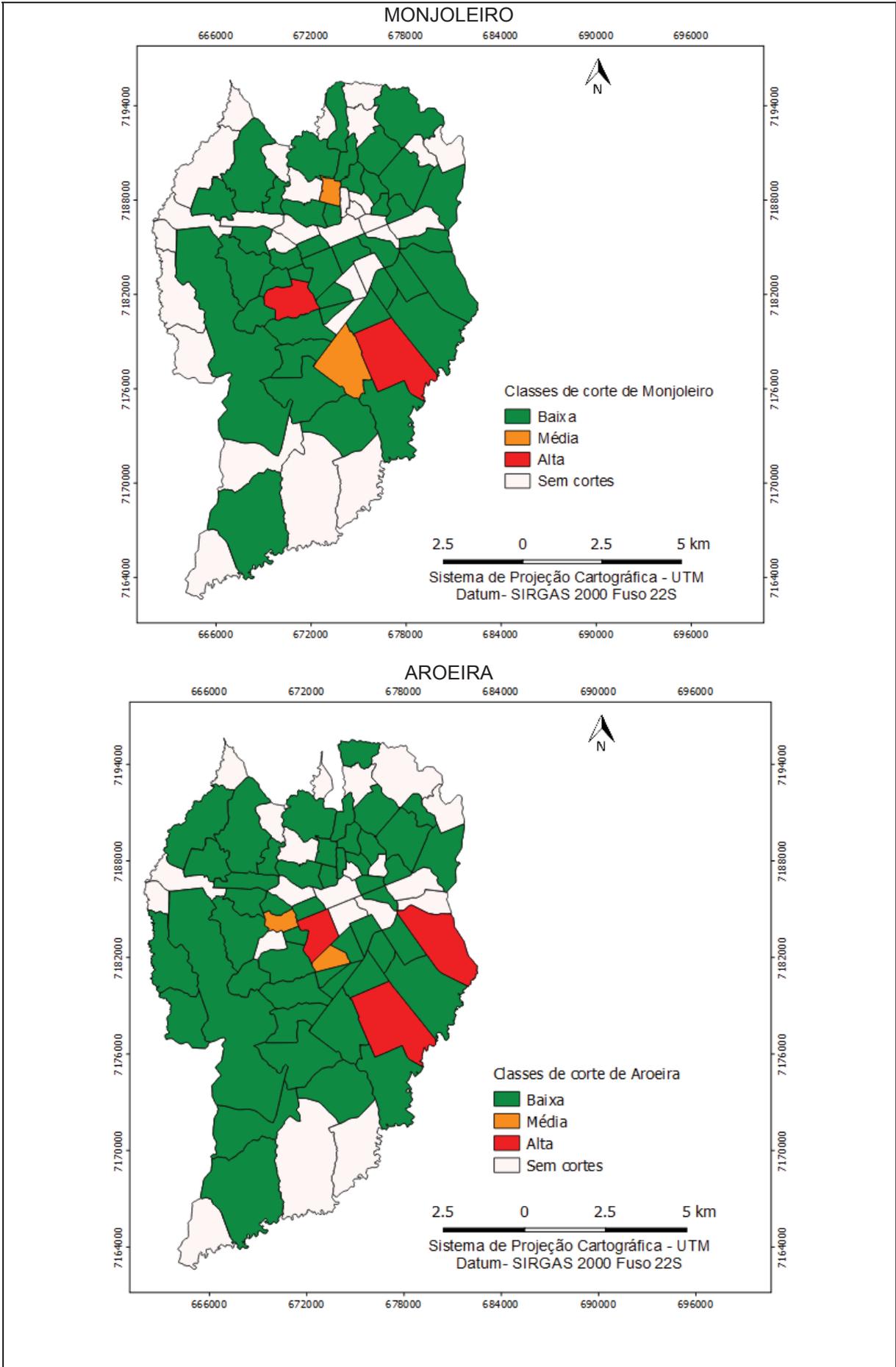


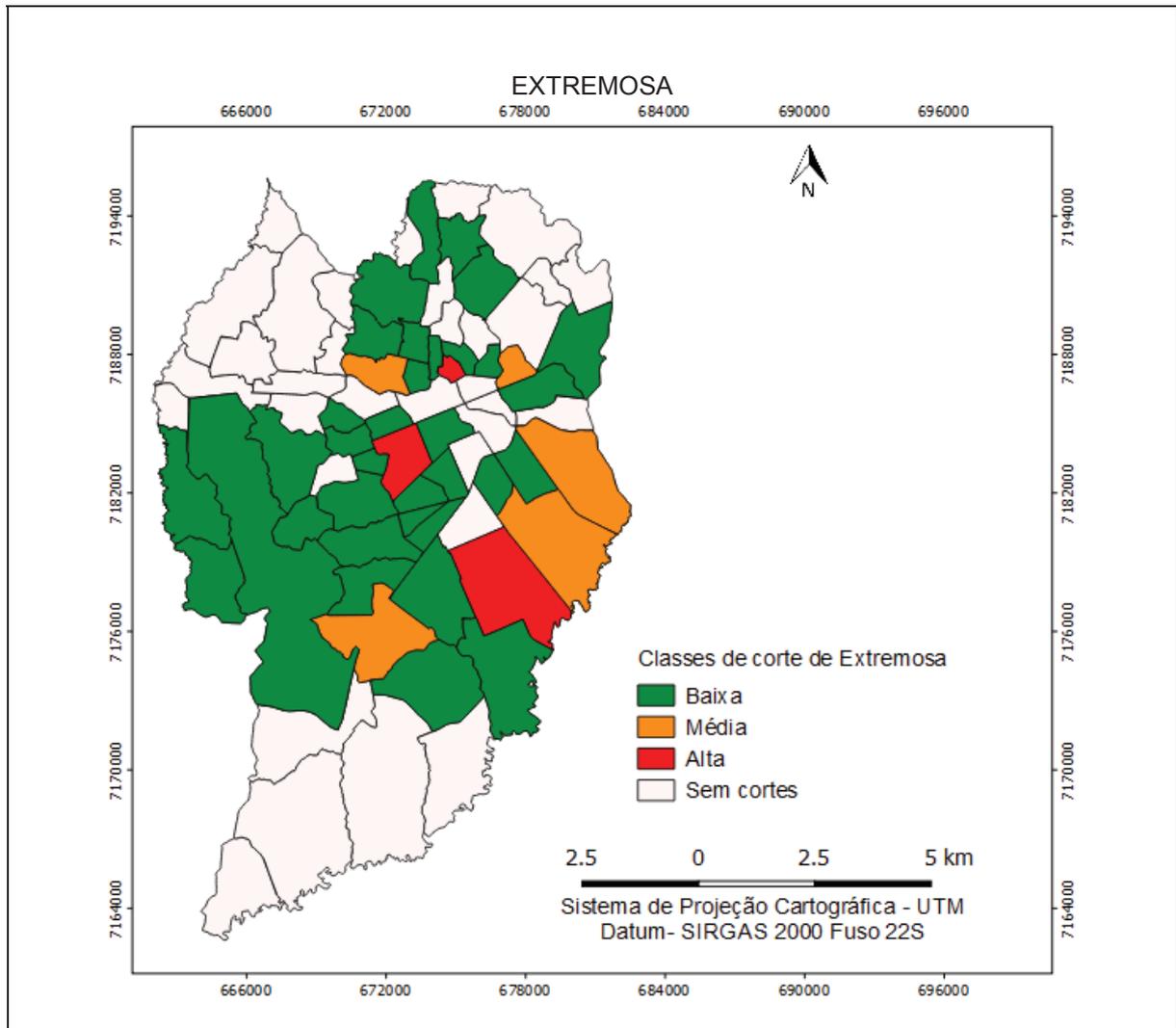










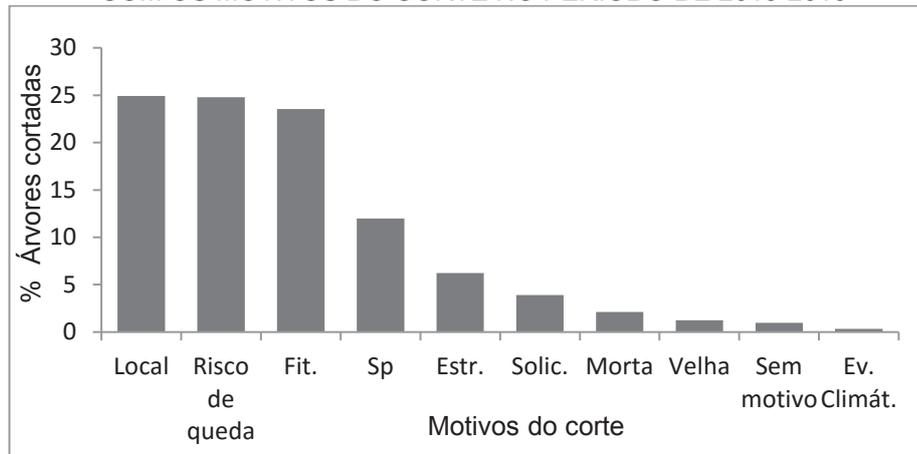


FONTE: A autora (2019).

A distribuição das espécies nos bairros seguiu a mesma tendência de predominância do mapa geral de corte (FIGURA 9), isto é, as espécies que estão na classe de alto número de cortes se encontram predominantemente nos bairros: CIC, Boqueirão e Água Verde. As espécies que estão na classe de médio número de corte se encontram predominantemente nos bairros: Mercês, Cajuru, Sítio Cercado, Portão, Xaxim e Alto Boqueirão. As demais espécies que estão na classe de baixo número de árvores cortadas se encontram pulverizadas nos outros bairros da cidade de Curitiba.

Na FIGURA 10 é apresentada a relação entre as árvores cortadas e os seus respectivos motivos de supressão nas ruas de Curitiba no período de 2013 a 2016.

FIGURA 10 - PROPORÇÃO DE ÁRVORES CORTADAS NAS RUAS DE CURITIBA DE ACORDO COM OS MOTIVOS DO CORTE NO PERÍODO DE 2013-2016



LEGENDA: Fit: motivos fitossanitários; Sp: motivos da espécie; Estr.: motivos estruturais; Solic: solicitação; Ev.climát.: eventos climáticos.

FONTE: A autora (2019).

Embora o motivo “risco de queda” justifique 25% do corte das árvores, este é um motivo bem abrangente e pode pertencer aos demais motivos de corte, não sendo possível determinar o real motivo de supressão, por isso foi desconsiderado. Dessa forma, os principais motivos de corte, cerca de 60% das árvores, ocorreram devido aos conflitos com o meio-físico, problemas fitossanitários e ligados ao comportamento da espécie.

Esse resultado revela que essas árvores foram plantadas sem conhecimento sobre a espécie e em locais inapropriados para o seu desenvolvimento. Para Silva Filho et al. (2002) em muitas cidades brasileiras a arborização urbana não é incluída no planejamento urbano, possibilitando a ocorrência de plantios irregulares de espécies sem compatibilidade com o ambiente. Essa ação causa sérios prejuízos, como rompimento de cabos de distribuição de energia elétrica, interrupções no fornecimento de energia elétrica, entupimento em redes de esgoto, obstáculos para circulação e acidentes envolvendo pedestres, veículos ou edificações.

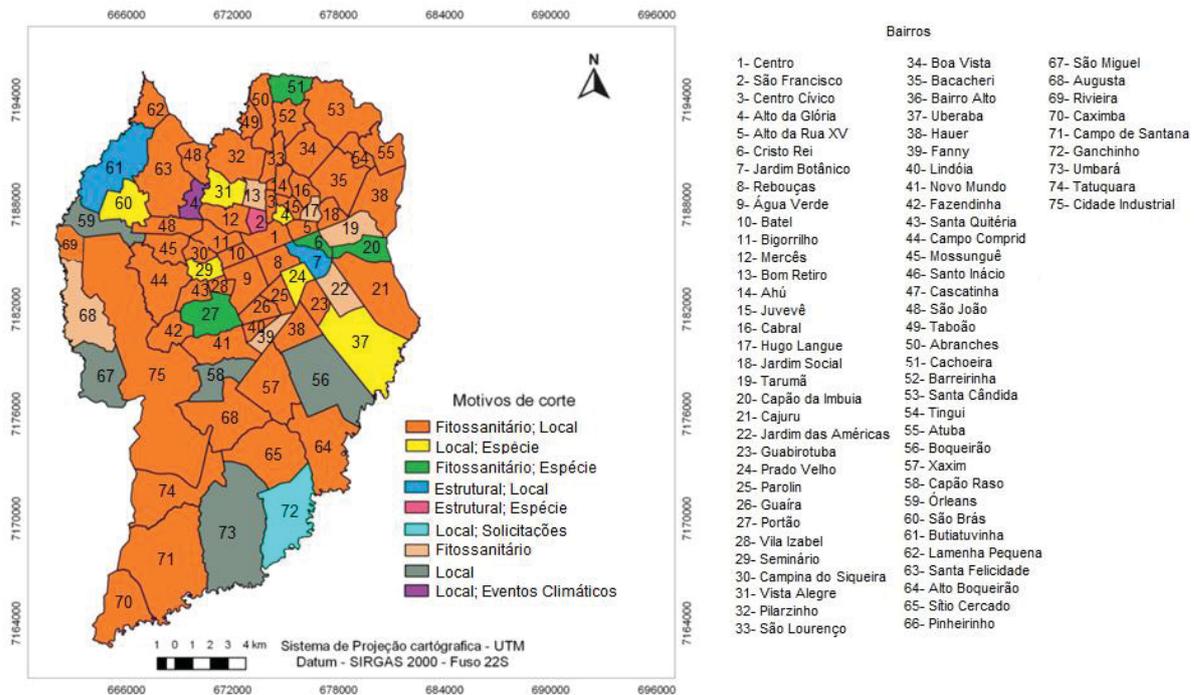
De acordo com Pivetta e Silva Filho (2002), algumas características da espécie devem ser requeridas a fim de evitar possíveis transtornos, entre elas estão: a espécie deve apresentar resistência a pragas e doenças; velocidade de desenvolvimento média para rápida; não deve produzir frutos grandes; os troncos e ramos das árvores devem ter lenho resistentes; não conter princípios tóxicos; apresentar bom efeito estético; as flores devem ser de preferência de tamanho pequeno; não devem exalar odores fortes e nem servirem para vasos ornamentais; a planta deve ser nativa ou, se exótica, deve ser adaptada; a folhagem deve ser de

renovação e tamanho favoráveis; a copa das árvores deve ter forma e tamanho adequado e o sistema radicular devem ser profundo.

Os ataques por pragas e doenças são os principais causadores dos problemas fitossanitários. Para Harris (1992), os danos fitossanitários são causados por fungos, bactérias, vírus, microplasma, nematódeos e plantas parasitas, podendo levar ao baixo crescimento; necrose de folhas, ramos e frutos; ou até mesmo morte de uma árvore inteira.

Os principais motivos de corte das árvores da cidade de Curitiba no período de 2013-2016 estão apresentados na FIGURA 11.

FIGURA 11 - ESPACIALIZAÇÃO DOS MOTIVOS DE CORTE DAS ÁRVORES DE RISCO DA CIDADE DE CURITIBA



FONTE: A autora (2019).

Observou-se que o conflito da árvore com o local e os problemas fitossanitários são os principais motivos de corte de árvores nos bairros de Curitiba, representando 64% do total.

Os bairros que se encontram na classe alta de número de corte de árvores (CIC, Boqueirão e Água Verde), têm como principal justificativa de corte os problemas fitossanitários (22%) e conflito locacional (51%), representando 73%. Os bairros da classe média de número de corte (Mercês, Cajuru, Sítio Cercado, Portão, Xaxim e Alto Boqueirão), possuem como principal motivo de corte os problemas fitossanitários e conflito locacional (40%); fitossanitário e espécie (40%), representando 80%. Os

demais bairros encontram-se na classe de baixo número de corte de árvores, tendo suas justificativas de corte distribuídas em todas as classes apresentada na FIGURA 11.

Os conflitos das árvores com o meio-físico ocasionam danos tanto para o local como para a árvore, além de elevar os custos pela maior necessidade de corte de árvores adultas. De acordo com o CREA- PR (2016), as árvores tendem a enfrentar diversos problemas locais, como: o reduzido espaço para o crescimento tanto das raízes como para a copa; as práticas de podas drásticas inadequadas (mutilação da árvore); os danos mecânicos (por veículos, cortadores de grama, anelamento do tronco, e outros); o vandalismo; a compactação do solo; a deficiência de água e nutrientes; as variáveis de temperatura e a poluição do ar.

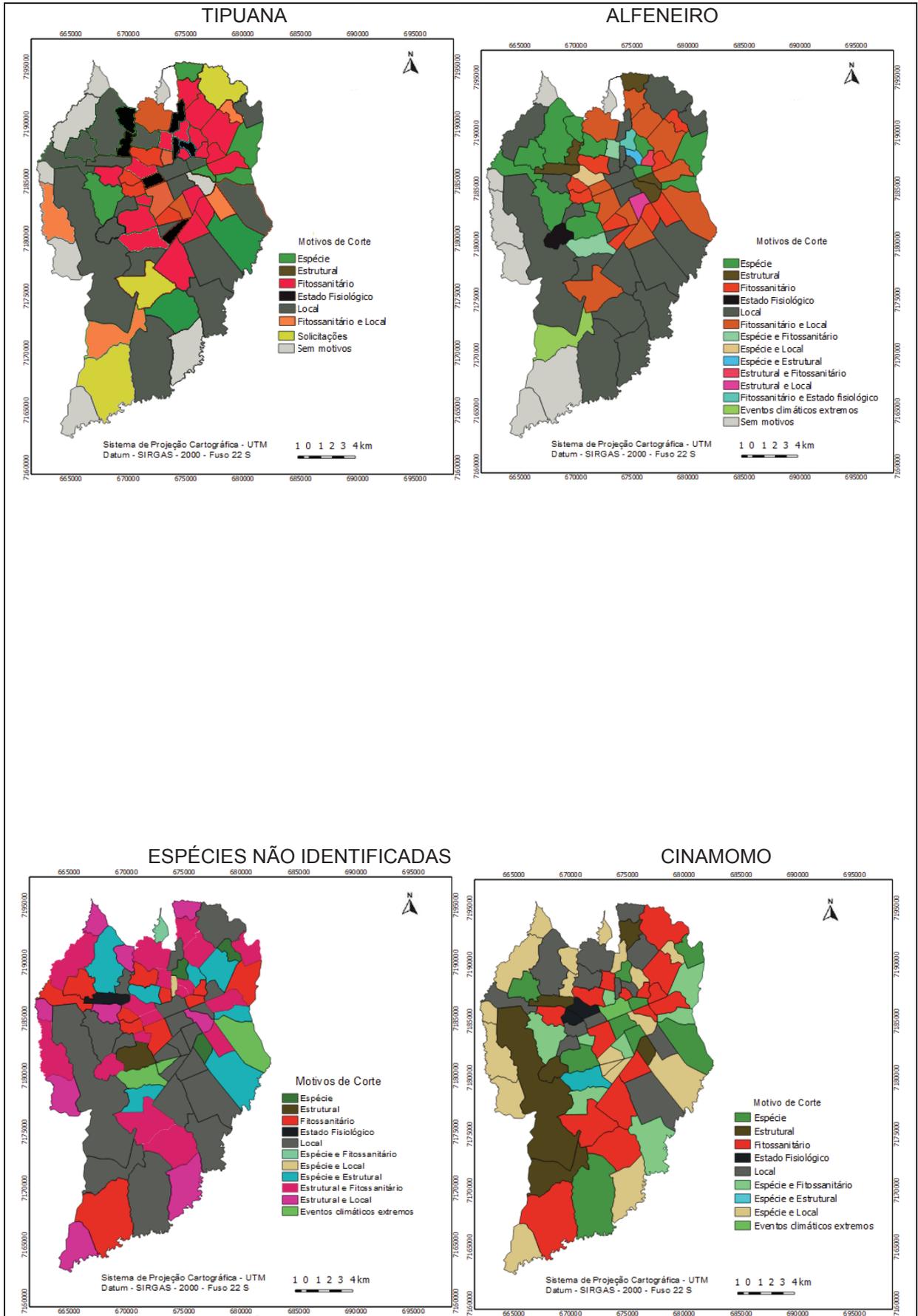
Mayer, Oliveira Filho e Bobrowski (2015) constataram que para amenizar os conflitos entre o meio-físico e as árvores, recomenda-se que o gestor da arborização inclua informações de suporte na tomada de decisão, tais como: os dados sobre a altura da rede elétrica, a largura de calçadas, a dimensão de canteiros e a localização precisa da canalização subterrânea. A dificuldade de visualizar a canalização de água e esgoto tem facilitado a obstrução da tubulação pelas raízes, ocasionando a interrupção no fornecimento de água e contaminação do solo.

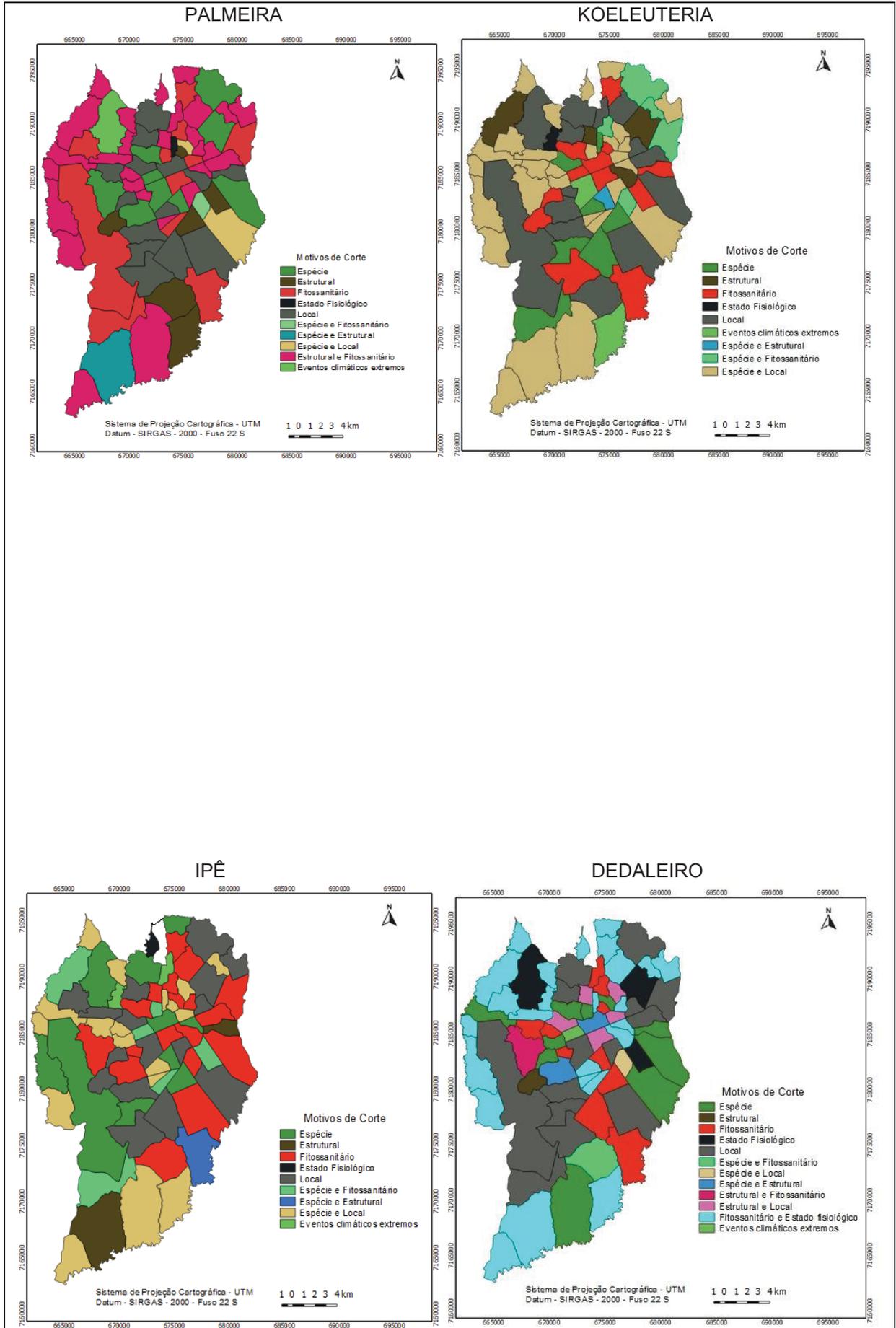
Os problemas fitossanitários das árvores são resultantes de práticas de manejo inadequadas, incompatibilidade com meio-físico e suscetibilidade da árvore a pragas e doenças. A poda é uma das práticas que pode reduzir danos causados por vento, ataques de insetos, problemas de doenças e melhorar a arquitetura da copa. A remoção imediata de ramos quebrados ou mortos é um exemplo da prevenção de problemas futuros por meio da poda (CREA- PR, 2016).

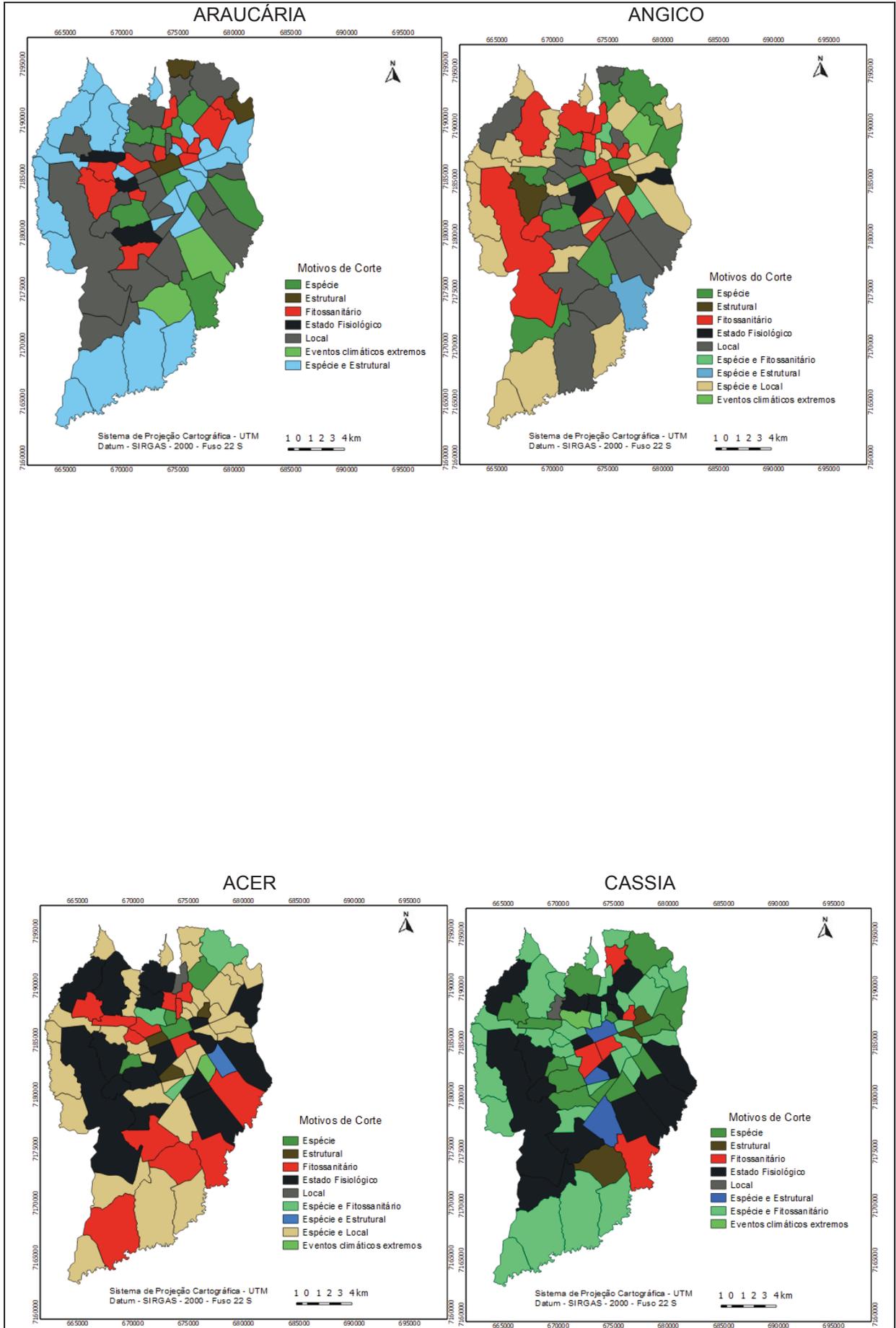
Bouças (2017) constatou que o comprometimento fitossanitário foi o principal motivo de corte das árvores de ruas de Curitiba-PR, correspondendo a 50,3% dos cortes e indicou maior manutenção nas árvores para que os índices de comprometimento fitossanitário sejam atenuados. Nas ruas de São Carlos- SP, Caiche et al. (2016) constataram que os principais motivos de corte de árvores estavam relacionadas ao conflito com elementos de infraestrutura (51,9%), seguidos de aspectos “fitossanitários” (12,6 %) e na interferência da “mobilidade” (11,4%).

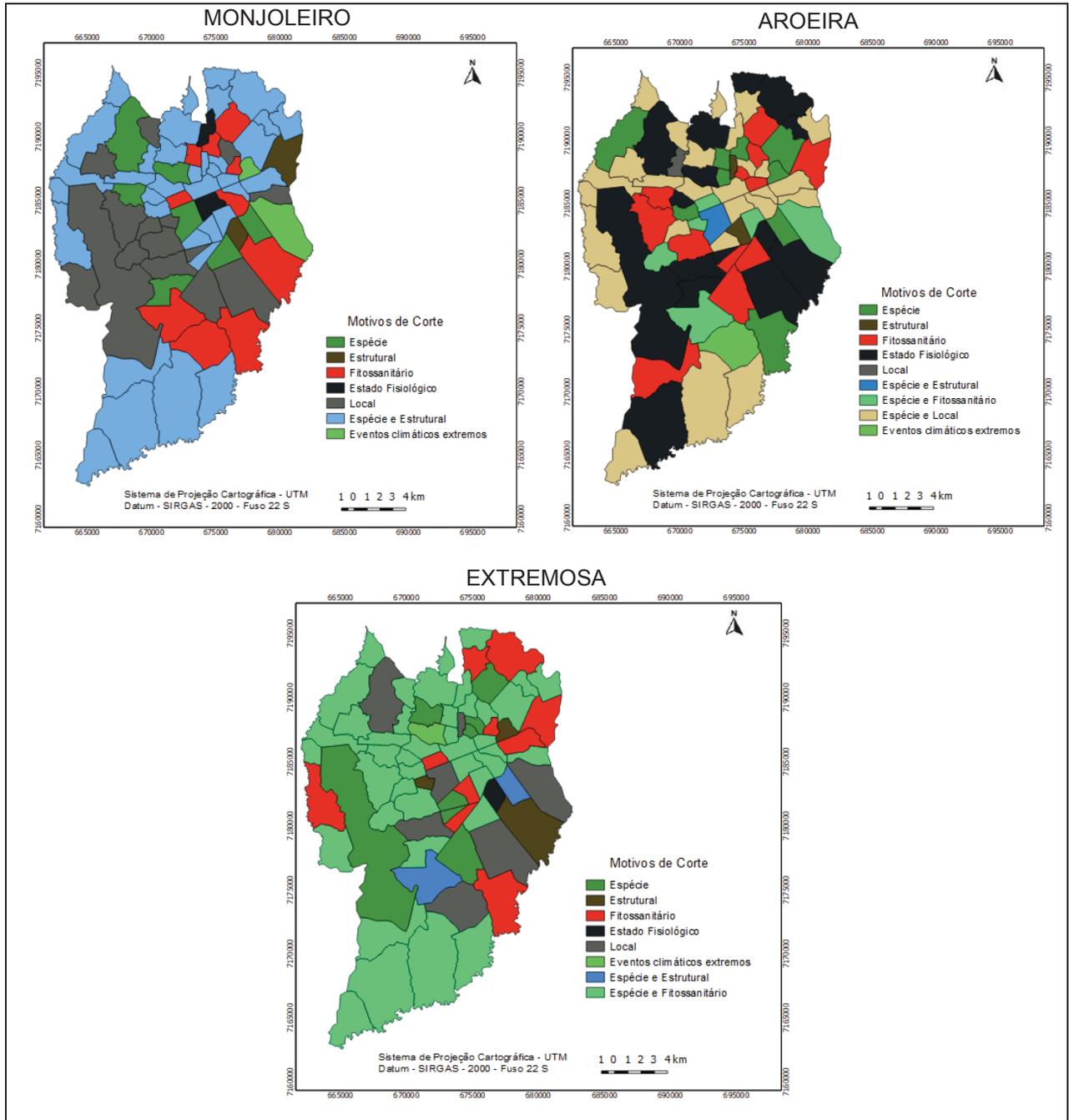
Na FIGURA 12 é apresentada a espacialização dos principais motivos de corte das quinze espécies mais cortadas na cidade de Curitiba no período de 2013-2016.

FIGURA 12 - ESPACIALIZAÇÃO DOS MOTIVOS DE CORTE DAS QUINZE ÁRVORES MAIS CORTADAS NA CIDADE DE CURITIBA









FONTE: A autora (2019).

Dentre as quinze espécies mais cortadas nos bairros de Curitiba, 8 são espécies nativas (tipuana, ipê, dedaleiro, araucária, angico, cassia, monjoleiro e aroeira), 6 são espécies exóticas (alfeneiro, cinamomo, palmeira, koeleutéria, acer e extremosa) e 1 espécie não identificada, representando, 35%, 33% e 12% respectivamente.

Esse resultado demonstra a necessidade de se conhecer espécies nativas adequadas ao meio urbano. Biondi e Althaus (2005); Cobalchini (2007), afirmam que

a falta de conhecimento, sobretudo, com relação ao comportamento das espécies nativas no meio urbano e as características de produção das mudas tem limitado o seu uso na arborização viária.

Bobrowski (2011) verificou que das 31 espécies nativas plantadas em 2010, apenas 12 (38,71%) faziam parte de plantios regulares feitos pela prefeitura municipal, o restante compõe plantios irregulares e brotações espontâneas. Percebe-se que não se teve uma preocupação técnica na escolha das espécies e a população foi a principal responsável por esse plantio.

Dentre as espécies com maior percentual de corte foram encontradas uma espécie nativa e duas exóticas: *Tipuana tipu*, *Ligustrum lucidum* e *Melia azedarach* representando 18,52%, 18,32% e 6,39% respectivamente.

A incompatibilidade da árvore com o local disponível (32%) foi o principal motivo de corte da *T. tipu*, principalmente os conflitos aéreos (copa e fiação) e quebra das calçadas. Esse conflito foi constatado nas pesquisas realizadas por Biondi e Althaus (2005) e Bobrowski (2010) como o principal problema para manter o plantio da *T. tipu* nas ruas.

Os demais motivos de corte da *T. tipu* estão relacionados aos problemas fitossanitários (27%), a características inerentes a espécie (20%), problemas estruturais (8%), solicitações (8%) e estado fisiológico (5%).

Os problemas fitossanitários estão associados aos ataques por pragas e doenças, tendo a poda inadequada como a principal “facilitadora” de aberturas no lenho. Em um diagnóstico fitossanitário realizado em São Paulo, Brazolin (2011) avaliou 1.109 árvores de *T. tipu*. O autor verificou que o comprometimento da sanidade dessas árvores estava relacionado ao manejo inadequado, sobretudo as podas. A interação entre os fungos apodrecedores e os cupins subterrâneos foram indicados como os principais agentes de biodeterioração da madeira das tipuanas.

As espécies *Ligustrum lucidum* e *Melia azedarach* são exóticas consideradas invasoras, por competir com a regeneração de espécies nativas, devido sua alta capacidade de disseminação e rápido desenvolvimento. Essas espécies, portanto, não são recomendadas para produção e nem para compor a arborização urbana (BIONDI; PEDROSA-MACEDO, 2008).

Dessa forma, o corte dessas espécies foi considerado positivo para a regeneração e o desenvolvimento das espécies nativas da arborização de ruas de Curitiba. Bobrowski, Biondi (2012) recomenda que o corte e substituição das espécies

exótico-invasoras deve ser uma medida urgente e ordenada para evitar a dispersão de sementes das ruas para os grandes maciços florestais nativos e da região metropolitana de Curitiba.

4.2 AVALIAÇÃO DE *ACER NEGUNDO* E *TIPUANA TIPU*

4.2.1 Características gerais das árvores

Nas FIGURAS 13 e 14 são apresentadas algumas as condições fitossanitárias e biomecânicas das árvores de *A. negundo* e *T. tipuana* nas ruas de Curitiba.

FIGURA 13 - CONDIÇÕES DAS ÁRVORES DE *A. NEGUNDO* NAS RUAS DE CURITIBA



NOTA: A, B e C – árvore inteira, copa e tronco saudáveis; D, E e F – árvore inteira, copa e tronco comprometidos.

FIGURA 14 - CONDIÇÕES DAS ÁRVORES DE *T. TIPU* NAS RUAS DE CURITIBA



NOTA: A, B e C – árvore inteira, copa e tronco saudáveis; D, E e F – árvore inteira, copa e tronco comprometidos.

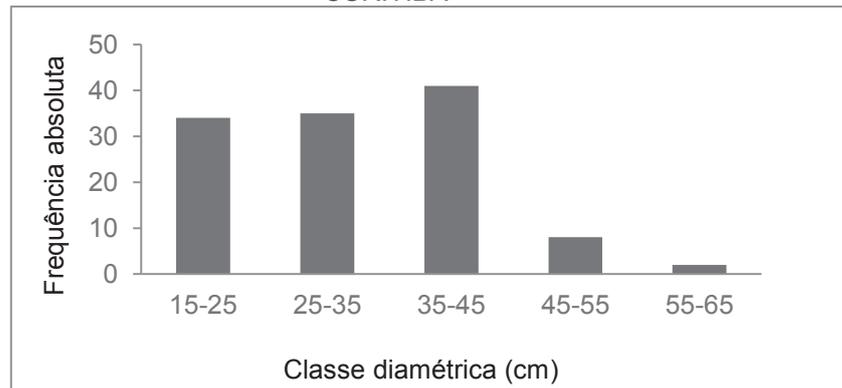
FONTE: A autora (2019)

Foram consideradas as seguintes situações das árvores *in loco*: viva, morta (sem fluxo da seiva elaborada), sem casca ou tronco seco. Contatou-se das árvores de acer, 43% apresentavam copa ruim e 5% tronco seco. Das árvores de tipuana, 68% apresentavam copa ruim e 4% tronco seco.

4.2.1.1 Distribuição diamétrica

Nas FIGURAS 15 e 16 são apresentadas as características dendrométricas por espécie.

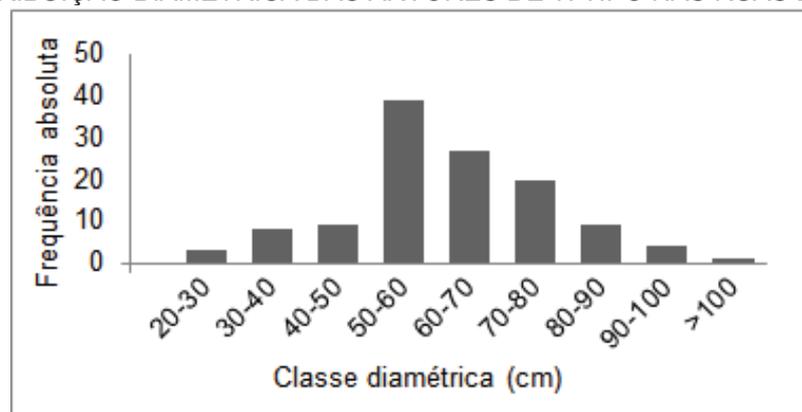
FIGURA 15 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DAS ÁRVORES DE *A. NEGUNDO* NAS RUAS DE CURITIBA



FONTE: A autora (2019).

Na distribuição diamétrica das árvores de *A. negundo*, 63% dos indivíduos possuem DAP > 35 cm, sendo, portanto, árvores adultas. Em 2010, essa espécie teve um já apresenta um declínio quantitativo e uma queda abrupta de frequência nas classes 45 + 55 cm e 55 + 65cm, devido à maior proporção de remoção de árvores (BOBROWSKI; BIONDI; FILHO, 2012), além de menor resistência biomecânica.

FIGURA 16 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DAS ÁRVORES DE *T. TIPU* NAS RUAS DE CURITIBA



FONTE: A autora (2019).

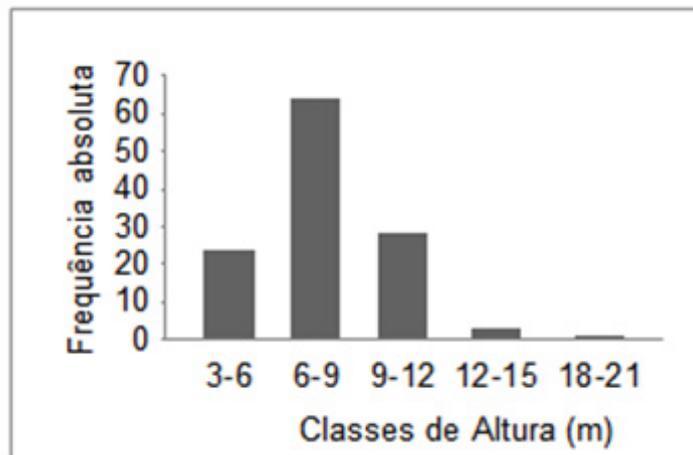
Na distribuição diamétrica das árvores de *T. tipu* nas ruas de Curitiba, 83% estão inseridas nas classes DAP > 50 cm, indicando a fase adulta dessas árvores, conforme apontado pelos moradores antigos. Somente 17 árvores apresentaram DAP < 40 cm, indicando que essa espécie não tem sido plantada nos bairros de Curitiba.

Desde de 2010 essa espécie vem apresentando a tendência de redução das classes de indivíduos, fato comprovado pelos dados fornecidos pela Prefeitura no período de 2013-2016, indicando o corte de aproximadamente 950 tipuanas (15% do total de árvores cortadas).

Segundo informações da Prefeitura Municipal de Curitiba (2018), essas árvores não vêm sendo mais plantadas na cidade devido, principalmente, a incompatibilidade com o meio-físico, intolerância às podas e problemas fitossanitários. Contudo, questões patrimoniais, culturais e de identidade local devem ser consideradas, pois os bairros Bacacheri, Jardim Social, Alto da XV, Rebouças, Cristo Rei e Centro possuem vias caracterizadas por essas espécies, como afirma Bobrowski (2011), que aponta o bairro Alto da XV como sendo caracterizado pelo plantio de acer e extremosa.

Nas FIGURAS 17 e 18 observa-se a distribuição das árvores em classes de altura das árvores de *A. negundo* e *T. tipu*.

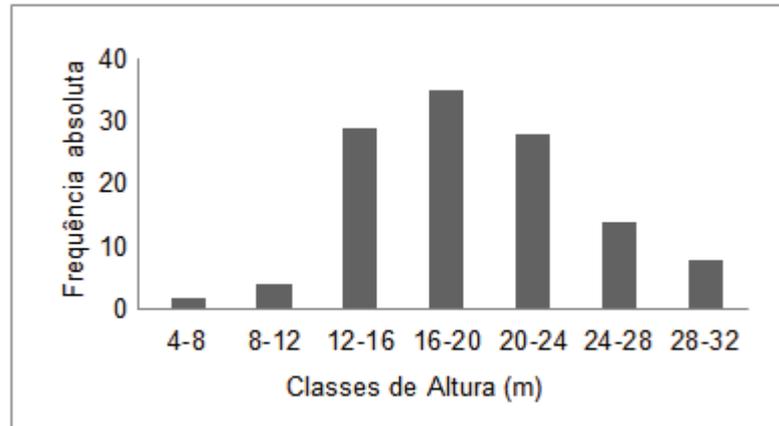
FIGURA 17 - DISTRIBUIÇÃO HIPSOMÉTRICA DAS ARVORES DE *A. NEGUNDO* NAS RUAS DE CURITIBA



FONTE: A autora (2019).

Observa-se que na distribuição hipsométrica de *A. negundo* há maior quantidade de indivíduos (53%) na segunda classe, de 6 a 9 metros, enquanto a primeira classe (3 a 6 m) possui apenas 20% dos indivíduos. Este tipo de distribuição reflete o amadurecimento da população arbórea, com baixo número de novos plantios.

FIGURA 18 - DISTRIBUIÇÃO HIPSOMÉTRICA DAS ÁRVORES DE *T. TIPU* NAS RUAS DE CURITIBA



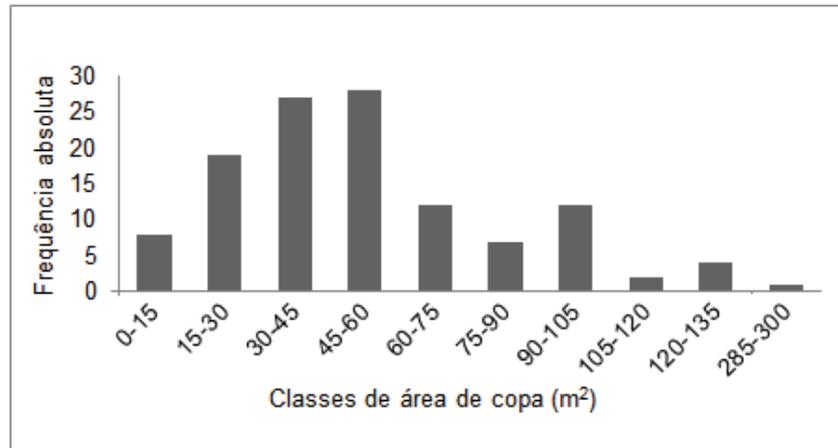
FONTE: A autora (2019).

A maioria dos indivíduos (95%) da *T. tipu* está concentrada nas classes intermediárias (terceira, quarta e quinta classes), e apenas 5% estão nas duas primeiras classes. Esse comportamento indica que os indivíduos arbóreos estão na fase adulta e com pouco ou nenhum plantio recente nas vias.

As práticas de manejo, sobretudo a poda, influenciam diretamente na distribuição hipsométrica das árvores. Quando as árvores são submetidas às podas de rebaixamento ou drásticas, as suas características e formatos originais são alteradas (ROSSETTI; PELLEGRINO; TAVARES, 2010). Bobrowski e Biondi (2012) na cidade de Curitiba e Silva, Cardoso e Raphael (2012) no Espírito Santo também constataram a influência desses tipos de poda nas classes de altura.

Nas FIGURAS 19 e 20 estão apresentadas as distribuições em classes de área de copa das árvores de *A. negundo* e *T. tipu* nas ruas de Curitiba.

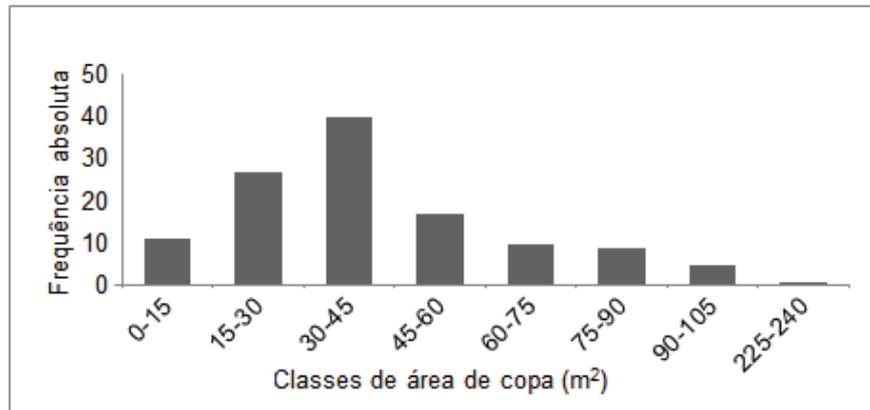
FIGURA 19 - CLASSES DE ÁREA DE COPA DAS ÁRVORES DE *A. NEGUNDO* NAS RUAS DE CURITIBA



FONTE: A autora (2019).

Houve maior concentração nas classes intermediárias (46%) e menor concentração nas últimas classes (6%). O comportamento geral mostra a irregularidade do tipo e intensidade de poda realizada nesses indivíduos, que alteram o padrão típico da espécie. Essa característica reduz alguns benefícios, como o de proporcionar sombreamento para a população e evidenciar a mudança das estações do ano, uma vez que as folhas dessa espécie apresenta essa característica.

FIGURA 20 - CLASSES DE ÁREA DE COPA DAS ÁRVORES DE *T. TIPU* NAS RUAS DE CURITIBA



FONTE: A autora (2019).

Houve maior concentração nas classes intermediárias (56%) e menor concentração nas últimas classes (5%). Este resultado é um reflexo das diferentes formas de área de copa, provavelmente devido às práticas de poda (BOBROWSKI, 2011) e/ou características da estrutura urbana que podem limitar o desenvolvimento de espécies de maior porte ou com maior projeção de área de copa (LIMA NETO, 2014).

4.2.2 Condição do meio- físico

Todas as árvores de *A. negundo* e *T. tipu* estão plantadas ao longo das calçadas das ruas de Curitiba. Na TABELA 6 é apresentada a relação do tipo de edificação associado às árvores de *A. negundo* e *T. tipu*, indicando a predominância de edificações comerciais na região central (56%) e predominância residencial na região periférica (73%) de Curitiba.

TABELA 6 - TIPO DE EDIFICAÇÃO E AS ÁRVORES DE *A. NEGUNDO* E *T. TIPU* NAS RUAS DE CURITIBA

Região	Tipo de edificação	% N° de árv.
Central	Residencial	44
	Comercial	56
Periférica	Residencial	73
	Comercial	27

LEGENDA: %N° de árv. (percentual de número de árvores)

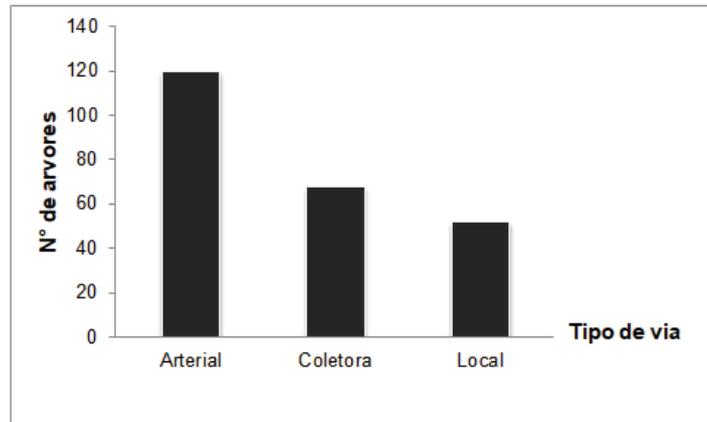
FONTE: A autora (2019)

Esse resultado é compatível com o zoneamento de Curitiba, pois a área central compreende grande concentração de atividades e funções urbanas de caráter setorial. No entanto, as áreas periféricas ou áreas afastadas do centro são zonas residenciais destinadas a habitações unifamiliares isoladas ou em série de até 2 pavimentos (IPPUC, 2016).

Verificou-se que 96% das árvores estavam em frente a locais de médio a alto fluxo de veículos, pessoas e/ou edificações, como hospitais, escolas, residências, bancos, lojas, comércios etc. Caso essas árvores sejam danificadas biomecanicamente ou por práticas inapropriadas de manejo, podem oferecer maiores riscos às pessoas e/ou às edificações.

Quanto às vias de trânsito, a classificação seguiu o padrão recomendado pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB). Constatou-se que 50% foram plantadas em vias arteriais, 28% em vias coletoras e 22% em vias locais (FIGURA 21).

FIGURA 21 - RELAÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES PLANTADAS E TIPO DE VIA URBANA NAS RUAS DE CURITIBA

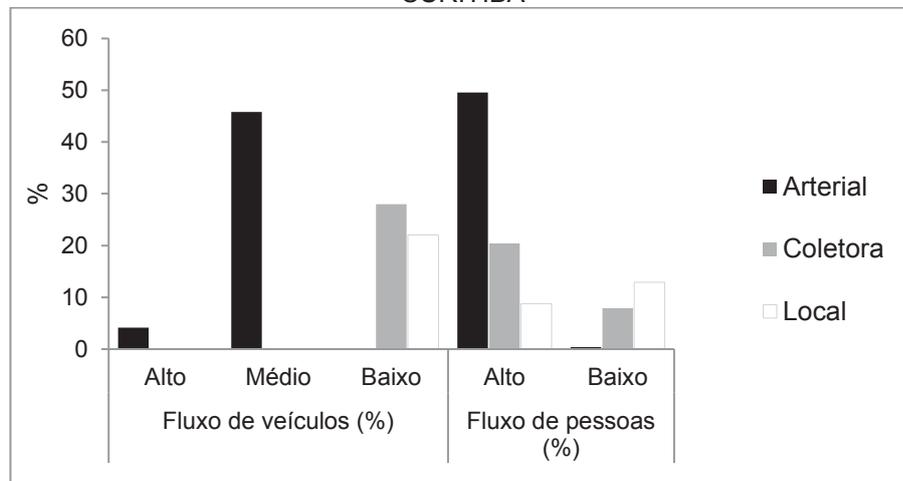


FONTE: A autora (2019)

Dessa forma, 78% das árvores encontram-se em vias de tráfego rápido (artérias e coletoras) e caso ocorra uma possível queda da árvore ou parte desta, existe um risco para a circulação de veículos e pessoas nessas vias.

Apesar do CTB definir a velocidade permitida em cada via de trânsito, foi verificado em campo o fluxo de veículos e pessoas em cada classe de vias de trânsito a fim de conhecer a intensidade dos alvos. Assim, nos horários de pico (entre as 7h 30min às 8h 30min) constatou-se que na via de maior tráfego (arterial), 50% dos veículos apresentaram fluxo médio a alto e nas vias arteriais, coletoras e locais, 80% do fluxo de pessoas foi considerado alto (FIGURA 22). Esses resultados confirmam e acentuam o grau de perigo local aos potenciais alvos.

FIGURA 22 - RELAÇÃO DO TIPO DE VIA E O FLUXO DE VEÍCULOS E PESSOAS NAS RUAS DE CURITIBA



FONTE: A autora (2019)

Todas as árvores de *A. negundo* e *T. tipu* apresentaram altura da bifurcação acima de 1,8 m. Para Biondi e Althaus (2005), é necessário que o tronco esteja livre de ramificações até a altura de 1,8 m para que a árvore tenha maior adaptação nas calçadas, sem transtornos com os pedestres; e Lima Neto et al., (2010) reforçam a atenção àqueles pedestres com mobilidade reduzida.

Na TABELA 7 estão apresentadas as distâncias encontradas das árvores de *A. negundo* e *T. tipu* ao meio físico.

TABELA 7- MÉDIA (X) E DESVIO PADRÃO (s) DAS CONDIÇÕES DO MEIO-FÍSICO DAS ÁRVORES DE *A. NEGUNDO* E *T. TIPU* NAS RUAS DE CURITIBA – PR.

Espécie	Caracterização do meio físico									
	Xarv-mf	s	Xarv-c	s	Xlarg.calç	s	Xrec. das casas	s	Xespaç.	s
Acer	1,64	1,14	3,28	0,81	4,92	1,51	6,60	1,76	10,68	4,81
Tipuana	1,46	1,30	4,48	1,38	5,94	1,95	8,19	1,79	11,89	4,66

LEGENDA: Xarv-mf - média da distância da árvore para meio-fio; Xarv-c - média da distância da árvore para casa e/ou construção; Xlarg.calç - média da largura da calçada.; Xrec. das casas - média do espaçamento entre as árvores; Xespaç - média do espaçamento entre árvores; s: desvio padrão.

FONTE: A autora (2019).

As árvores apresentaram características do meio-físico adequadas de acordo com o recomendado pela literatura: CESP (1988); Lell (2006); Gonçalves e Paiva (2006); CREA-PR (2008) e Porto et al., (2013). No entanto, o espaçamento entre as árvores de tipuanas são inferiores ao recomendado pelo CREA-PR (2008), que indica o espaçamento de 15 m para espécies de grande porte.

O perfil do ambiente físico pode variar dependendo das características da espécie a ser utilizada, da largura das ruas e seus passeios, do objetivo do projeto, das funções dadas à vegetação e demais formas integradas ao projeto urbano (PORTO et al., 2013). Para Biondi e Althaus (2005), quando se desejar formar túneis de árvores na rua, recomenda-se que o espaçamento seja menor que a projeção da copa, caso se deseje uma rua mais clara e menos fechada com árvores, deve-se adotar espaçamento maior que a projeção da copa.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DISCRIMINANTE

4.3.1 Modelo de classificação de risco de queda de *Acer negundo*

Nas TABELAS 8 e 9 estão apresentados as funções discriminantes para classificação dos riscos de queda do *A. negundo*.

TABELA 8 - AUTOVALORES PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DO A. *NEGUNDO*

Função	Autovalores			
	Autovalores	% da variância	Cumulativo %	Correlação canônica
1	4,427 ^a	94,7	94,7	0,903
2	0,246 ^a	5,3	99,4	0,445

LEGENDA: a = as primeiras 2 funções discriminantes foram usadas na análise.

FONTE: A autora (2019).

Percebe-se na TABELA 8 que duas funções foram suficientes para diferenciar os três grupos de risco de queda do *A. negundo* (risco baixo, médio e alto), definidas para representar 99,4% da variância total. Houve grande predominância da primeira função, representando 94,1% e a segunda função, apesar de explicar 5,3% da variância entre os grupos, ela é significativa. Além disso, o valor alto do coeficiente de correlação canônica (0,903) da primeira função indica alto grau de associação entre a primeira função discriminante e os grupos de risco.

Para Pestana e Gageiro (2003), quanto mais afastados de 1 forem os autovalores, maiores serão as variações entre os grupos explicados pela função discriminante. Os autovalores representam o percentual de variância explicada e é uma medida relativa de quão diferentes os grupos são na função discriminante.

A significância dessas funções discriminantes pode ser observadas na TABELA 9 por meio do teste lâmbda de Wilks.

TABELA 9 - TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DO A. *NEGUNDO*

Teste das funções	Lâmbda de Wilks	Qui-quadrado	df	Valor- <i>p</i>
1 e 2	0,148	218,879	12	0,000
2	0,802	25,206	5	0,000

LEGENDA: df= grau de liberdade; Valor- *p* = probabilidade de significância.

FONTE: A autora (2019).

Observa-se na TABELA 9 que na primeira linha são testadas as duas funções em conjunto, e que as duas funções distinguem as médias dos grupos de risco de queda (valor-*p*=0,000). Embora a segunda função apresente *p*-valor significativo, há um decréscimo no poder discriminatório por conta do aumento no valor do lâmbda de Wilks. A primeira função separa melhor os grupos de risco, pois é a variável descrita com maior explicação. Contudo, conclui-se, que as duas funções discriminantes são significativas para separar as observações em grupos de risco de queda referente ao *A. negundo*.

NA TABELA 10 está apresentado o resultado das variáveis que melhor discriminam os grupos de risco de queda (método *stepwise*).

TABELA 10 - VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS NO MODELO DE RISCO DE QUEDA DO *A. NEGUNDO* NAS RUAS DE CURITIBA

		Variáveis Inseridas/Removidas ^{a,b,c,d}						
Inseridas	lâmbda de Wilks	df1	df2	df3	F	df1	df2	Valor- <i>p</i>
1 Condição geral do tronco	0,342	1	2 117	112,590	2 117	0,000		
2 Condição geral do colo	0,268	2	2 117	53,959	4 232	0,000		
3 Condição geral da copa	0,201	3	2 117	47,106	6 230	0,000		
4 Quebra de calçada	0,167	4	2 117	41,274	8 228	0,000		
5 Dap	0,156	5	2 117	34,619	10 226	0,000		
6 Tipo de edificação	0,148	6	2 117	29,881	12 224	0,000		

NOTA: em cada etapa a variável que minimiza o total do Lâmbda de Wilks é inserida.

LEGENDA:

a= número máximo de etapas é 54;

b= a significância máxima de F para entrar é 0,05;

c = a significância mínima de F para remover é 0,10;

d = nível F, tolerância insuficiente para computação adicional;

df = grau de liberdade;

Valor- *p* = probabilidade de significância

FONTE: A autora (2019).

Observa-se na TABELA 10 que das 28 variáveis explicativas, apenas 6 são estatisticamente significativas para discriminar os grupos de risco de queda do *A. negundo*, segundo o método *stepwise*.

As seis variáveis que melhor discriminam os grupos de risco de queda (risco baixo, médio ou alto) são: condição geral do tronco, do colo, da copa, quebra de calçada, Dap e tipo de edificação. Essas estão associadas com os principais problemas atribuídos ao *A. negundo*. no meio urbano. Observa-se que, das seis variáveis resultantes da análise, quatro são variáveis relacionadas diretamente com a característica e/ou o estado da árvore, indicando existir menos influência do ambiente onde a árvore se encontra.

A avaliação das condições gerais do tronco, da copa e do colo está relacionada ao aspecto fitossanitário, de injúrias e lesões da árvore. Na pesquisa realizada por Cuquel et al. (2011), sobre o levantamento das autorizações de corte de árvores de Curitiba, o *A. negundo* foi a espécie com o segundo maior número de autorização de cortes em virtude dos problemas fitossanitários em várias partes da árvore e os danos às edificações.

O *A. negundo* é uma espécie vulnerável aos estresses urbanos e reage de forma desvantajosa. Em uma avaliação do vigor das árvores urbanas na cidade de

Curitiba, Biondi e Reissmann (2000) constataram que o *A. negundo* tem seu vigor alterado quando está sob estresse, isto é, em caso de uma árvore ser induzida a frutificar por longos períodos, o vigor desta árvore será comprometido, sobretudo, em situações de exposição da planta à luz intensa e ao fotoperiodismo.

De modo geral, o planejamento das calçadas no meio urbano prioriza a circulação de veículos e pedestres em detrimento da arborização, isto é, as calçadas não foram dimensionadas para comportar as árvores (PEREIRA, 2006). Dessa forma, as árvores se desenvolvem em espaços limitados, gerando danos às calçadas.

As variáveis dendrométricas, tais como altura, diâmetro da copa e tronco são importantes parâmetros a analisar para evitar conflitos e danos entre as árvores e o meio urbano. Bobrowski, Biondi e Filho (2012), afirmam que esse tipo de avaliação dendrométrica fornece informações sobre o crescimento das espécies, sobre o espaço que as árvores ocupam nas calçadas e principalmente para estimar a idade das árvores.

O tipo de edificação está relacionado ao local em que a árvore se encontra, isto é, se está em frente a uma residência ou a uma área comercial. A característica do local pode aumentar ou não o risco de queda de árvore, dependendo da presença e quantidade de alvos potenciais tais como: casas unifamiliares, prédios residenciais, prédios comerciais, condomínios, dentre outros. Albers, Pokorny e Johnson (2003), indicam que os locais de maior preocupação são os que envolvem atividades constantes e movimentação de pessoas e veículos.

Dessa forma, a análise estatística indica que a variável condição geral do tronco, do colo, da copa, quebra de calçada, Dap e tipo de edificação devem ser priorizadas nas avaliações de risco de queda do *A. negundo*, pois além de otimizar as observações de análise de risco (redução do número de variáveis), pode se diminuir o custo geral das análises.

No APÊNDICE 3 pode-se observar a diferença entre as médias dos grupos de risco. Nas TABELAS 11, 12 e 13 estão apresentadas as matrizes de covariância e de correlação das variáveis significativas.

TABELA 11 - MATRIZES DE COVARIÂNCIA E DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS PARA TODOS OS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DO A. NEGUUNDO

		Matrizes agrupadas dentro de grupos ^a																										
		sp	scp	rpod	tomb	h	hbif	dcop	it	ap	traiz	cgz	cgclo	cgt	cgcpa	d-mf	d-mro	recuo	largal	esp	cant	tedif	vurban	fixv	fixp	fixg	qc	dap
CV	cgclo	0	0	0	0	0	0	-0,01	0,02	0	0	-0,02	0,12	-0,01	-0,03	0,01	-0,01	0	0	-0,01	0	0,04	-0,01	0	0,01	0	0	-0,01
	cgt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,01	-0,01	0,08	0,01	0	0	0	0	0	-0,01	0	0	0,01	0,01	0,02	0,04	-0,02	0,02
	cgcpa	0	0	0	0	0	0	-0,01	-0,01	0,01	0	0,01	-0,03	0,01	0,12	0,01	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0,02	0,01	0	0,01
	tedif	0	0	0	0	0	0	0,03	0,01	0	0	-0,04	0,04	0	0,01	0,01	-0,02	0	0	0	0,01	0,25	0,01	-0,01	0,08	0,03	0,01	-0,02
	qc	0	0	0	0	0	0	0	-0,02	0,02	0	0,03	0	-0,02	0	0	0,02	0	0	-0,01	0,01	0,01	-0,03	0	0	-0,01	0,18	0
	dap	0	0	0	0	0	0	0,02	-0,01	0	0	0,01	-0,01	0,02	0,01	0	0,02	0	0	0,01	0,01	-0,02	0,01	0	0,02	0	0	0,07
CRL	cgclo	.	.	.	.	.	.	-0,05	0,19	0,08	0,06	-0,11	1	-0,1	-0,22	0,07	-0,07	.	.	-0,07	0,04	0,24	-0,09	-0,04	0,03	0,01	0	-0,08
	cgt	.	.	.	.	.	.	-0,03	0,05	0,03	-0,2	-0,11	-0,1	1	0,12	-0,01	0,03	.	.	-0,05	-0,02	0,01	0,05	0,13	0,13	0,36	-0,18	0,22
	cgcpa	.	.	.	.	.	.	-0,1	-0,1	0,09	-0,05	0,04	-0,22	0,12	1	0,07	0,08	.	.	0,04	-0,03	0,07	0,01	0,1	0,1	0,07	0,03	0,12
	tedif	.	.	.	.	.	.	0,13	0,11	0,01	-0,01	-0,19	0,24	0,01	0,07	0,08	-0,08	.	.	-0,02	0,12	1	0,08	-0,1	0,37	0,14	0,03	-0,15
	qc	.	.	.	.	.	.	-0,02	-0,15	0,23	0,01	0,18	0	-0,18	0,03	0,04	0,08	.	.	-0,06	0,16	0,03	-0,21	0,01	0	-0,05	1	0,01
	dap	.	.	.	.	.	.	0,16	-0,09	0,09	-0,08	0,05	-0,08	0,22	0,12	-0,07	0,17	.	.	0,09	0,19	-0,15	0,14	-0,06	0,14	-0,02	0,01	1

LEGENDA: CV: covariância; CRL: correlação; sp: espécie; scp: histórico de suscetibilidade a pragas; rpod: reação a poda; tomb: histórico de tombamento; h: altura; hbif: altura da primeira bifurcação; dcopa: diâmetro de copa; it: inclinação do tronco; ap: área permeável; traiz: tipo de raiz; cgz: condição geral da raiz; cgclo: condição geral do colo; cgtronc: condição do tronco; cgcpa: condição copa; d-mf: distância da árvore ao meio-fio; d-muro: distância da árvore-muro; recuo: recuo da casa; largal: largura da calçada; esp: espaçamento; cant: canteiro; tedif: tipo de edificação; vurban: tipo da via urbana; fixv: fluxo de veículos; fixp: fluxo de pessoas; fixg: fluxo da calçada; dap: diâmetro a altura do peito.
 FONTE: A autora (2019).

TABELA 12 - MATRIZES DE COVARIÂNCIA E DE CORRELAÇÃO PARA CADA GRUPO DE RISCO DE QUEDA DO A. NEGUNDO

Riscos	Matrizes de covariância ^a																										
	sp	scp	rpod	tomb	h	hbif	dcop	it	ap	traiz	cgz	cgclo	cgt	cgcpa	d-mf	d-mro	recuo	largcal	esp	cant	tedif	vurban	flvx	flxp	flxg	qc	dap
Baixo	cgclo	0	0	0	0	0	-0,01	0	0	0	0	0,03	0	0	0	-0,02	0	0	-0,01	0	0,02	-0,01	0	0,01	0,02	0	0
	cgt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	cgcpa	0	0	0	0	0	-0,01	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0,01	0	0	-0,01	0	0,02	-0,01	0	0,01	-0,01	0	0
	edif	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	-0,04	0,02	0	0,02	0	-0,1	0	0	0,02	0	0,24	0,06	-0,01	0,05	0,07	0,02	0
	qc	0	0	0	0	0	-0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,02	0	0	-0,01	0	0,02	0,02	0	0,01	-0,01	0,03	0
dap	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Médio	cgclo	0	0	0	0	0	-0,01	0,03	-0,01	-0,01	-0,05	0,12	-0,02	-0,04	-0,01	-0,01	0	0	-0,02	0	0,04	0,01	0	0	0	0	-0,02
	cgt	0	0	0	0	0	0,01	0,01	-0,01	-0,04	-0,04	-0,02	0,15	0,02	0,01	-0,02	0	0	0,02	0	0,01	0	0,02	0,03	0,07	-0,02	0,04
	cgcpa	0	0	0	0	0	-0,02	-0,03	0,01	0,01	-0,01	-0,04	0,02	0,21	0,01	0,01	0	0	0,01	-0,01	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	-0,01	0,02
	Tedif	0	0	0	0	0	0,01	0,04	0	0	-0,08	0,04	0,01	0,04	0,02	-0,01	0	0	-0,01	0,01	0,25	-0,04	0,01	0,1	0,04	-0,03	-0,04
	qc	0	0	0	0	0	-0,04	-0,02	0,02	0	0,02	0	-0,02	-0,01	0,02	0,07	0	0	-0,04	0,01	-0,03	-0,06	0,01	-0,05	0,01	0,26	-0,01
dap	0	0	0	0	0	0,06	-0,01	0,02	-0,01	0,02	-0,02	0,04	0,02	-0,01	0,02	0	0	0,01	0	-0,04	0,03	0	0,03	-0,01	-0,01	0,13	
Alto	cgclo	0	0	0	0	0	-0,01	0,02	-0,01	0,02	0,01	0,23	0	-0,04	0,03	-0,01	0	0	0	0,07	-0,04	0,03	0	0,01	-0,02	0	
	cgt	0	0	0	0	0	-0,02	0	0	-0,02	0	0	0,08	0,02	-0,02	0,04	0	0	-0,05	0	-0,01	0,02	0,01	0,01	0,05	-0,05	0,01
	cgcpa	0	0	0	0	0	-0,01	0,01	0,01	-0,02	0,04	-0,04	0,02	0,1	0,01	0,02	0	0	0,01	0	-0,03	-0,01	0,02	0	0,02	0,02	0,01
	tedif	0	0	0	0	0	-0,02	0	0	0	0	0,07	-0,01	-0,03	0,01	0,05	0	0	-0,03	0,01	0,26	0,04	-0,04	0,09	-0,03	0,04	-0,02
	qc	0	0	0	0	0	0,05	-0,03	0,03	0	0,1	0	-0,05	0,02	-0,01	-0,01	0	0	0,02	0,02	0,04	-0,06	-0,01	0,05	-0,03	0,26	0,02
dap	0	0	0	0	0	-0,01	0	0	0	0	0	0,01	0,01	-0,01	0,05	0	0	0,02	0,03	-0,02	0,01	-0,01	0,02	0	0,02	0,08	
Total	cgclo	0	0	0	0	0	-0,02	0,01	0	0,01	-0,01	0,19	0,09	0,07	0,01	-0,05	0	0	-0,02	0	0,05	-0,01	0	0,01	0,08	0,03	0
	cgt	0	0	0	0	0	-0,02	0	0,01	0	0	0,09	0,23	0,15	0	-0,04	0	0	-0,01	0	0,01	0,01	0,02	0,03	0,15	0,03	0,02
	cgcpa	0	0	0	0	0	-0,03	-0,01	0,01	0	0,02	0,07	0,15	0,24	0,01	-0,03	0	0	0	0	0,03	0	0,02	0,03	0,11	0,05	0,02
	tedif	0	0	0	0	0	0,02	0,01	0	0	-0,04	0,05	0,01	0,03	0,01	-0,02	0	0	0	0,01	0,25	0,01	-0,02	0,08	0,04	0,02	-0,02
	qc	0	0	0	0	0	-0,01	-0,02	0,02	0,01	0,05	0,03	0,03	0,05	0	0,01	0	0	-0,01	0,01	0,02	-0,04	0	0,01	0,03	0,22	0,01
dap	0	0	0	0	0	0,02	-0,01	0,01	0	0,01	0	0,02	0,02	-0,01	0,02	0	0	0,02	0,01	-0,02	0,01	-0,01	0,02	0	0,01	0,08	

LEGENDA: Baixo: risco de queda baixo; Médio: risco de queda médio; Alto: risco de queda alto; sp: espécie; scp: histórico de suscetibilidade a pragas; rpod: reação a poda;

tomb: histórico de tombamento; h: altura; hbif: altura da primeira bifurcação; dcopa: diâmetro de copa; it: inclinação do tronco; qc: quebra da calçada; ap: área permeável; traiz:

tipo de raiz; cgz: condição geral da raiz; cgclo: condição geral do colo; cgt: condição do tronco; cgcpa: condição copa; d-mf: distância da árvore ao meio-fio; d-mro: distância

da árvore-muro; recuo: recuo da casa; largcal: largura da calçada; esp: espaçamento; cant: canteiro; tedif: edificação; vurban: tipo da via urbana; flvx: fluxo de veículos; flxp:

fluxo de pessoas; flxg; fluxo geral; qc: quebra da calçada; dap: diâmetro a altura do peito.

FONTE: A autora (2019).

TABELA 13 -TESTE BOX'S PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DO A. *NEGUNDO*

		Resultado do teste ^a
Box's M		28,764
F	Approx.	1,258
	df1	21
	df2	21696,377
	Valor- <i>p</i>	0,191

NOTA: verifica a hipótese nula de matrizes de covariância de igual população.

LEGENDA:

F approx = valor aproximado de F.

df = grau de liberdade

Valor- *p* = probabilidade de significância

FONTE: A autora (2019).

As informações contidas nas TABELAS 11, 12 e 13 contribuem para a avaliação da relação entre as variáveis. Caso ocorram correlações muito elevadas entre os elementos, recomenda-se a exclusão de uma delas ou a transformação de ambas para um fator que explique sua variância (FÁVERO et al., 2009).

Na TABELA 12 observam-se as matrizes de covariância para cada grupo de risco de queda do A. *negundo* e auxiliam a percepção de homogeneidade de covariância, o qual é um pressuposto da análise discriminante. É por meio da estatística Box's que verifica a significância das diferentes dispersões (FÁVERO et al., 2009).

Observa-se na TABELA 13 que o teste Box's apresentou um valor de F de 0,191, o que não permite a rejeição da hipótese nula a 5%. Logo, existe homogeneidade das variâncias entre os grupos de riscos.

O resultado das variáveis que melhor discriminam os grupos de risco de queda do A. *negundo* pelo método *stepwise* é apresentado na TABELA 14.

TABELA 14 - VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS E OS RESPECTIVOS COEFICIENTES PADRONIZADOS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DO A. *NEGUNDO*

	Coeficientes de Função Discriminantes Canônicas Padronizados	
	Função	
	1	2
Condição geral do colo	0,585	-0,165
Condição geral do tronco	0,739	-0,135
Condição geral da copa	0,562	0,028
Tipo de edificação	-0,187	0,388
Quebra de calçada	0,268	0,751
Dap	-0,194	0,534

FONTE: A autora (2019).

Na TABELA 14 percebe-se que dentre entre as seis variáveis significativas, existem aquelas de maior peso discriminante (coeficientes) dentro de cada função. Na função discriminante 1, as variáveis condição geral do tronco (0,739), colo (0,585) e copa (0,562) são as que melhor explicam a importância relativa. Observa-se que essas variáveis estão associadas as características inerentes da espécie, revelando que a escolha da espécie é de extrema importância para se evitar riscos de queda da árvore.

Para a função 2 as variáveis de maior peso são a quebra da calçada (0,751), Dap (0,534) e tipo de edificação (0,388). Isso demonstra que as características do meio físico (calçada e tipo de edificação) associada ao DAP, também contribui para o aumento do risco de queda das árvores de *A. negundo* no meio urbano, porém, em menor proporção.

Marroco (2007) afirma que esses coeficientes ou pesos discriminantes, podem ser utilizados para avaliar a importância relativa de cada variável explicativa para a função discriminante. Assim, variáveis explicativas com grande poder discriminante geralmente apresentam grandes pesos.

A partir desse resultado pode-se montar o modelo de classificação de risco de queda do *A. negundo* e prever os futuros cenários de queda, utilizando as equações abaixo:

$\text{Função 1} = 0,585^* \text{cgclo} + 0,739^* \text{cgt} + 0,562^* \text{cgc} - 0,187^* \text{te} + 0,268^* \text{qc} - 0,194^* \text{d}$ $\text{Função 2} = -0,165^* \text{cgclo} - 0,135^* \text{cgt} + 0,028^* \text{cgc} + 0,388^* \text{te} + 0,751^* \text{qc} + 0,534^* \text{d}$
--

Onde:

cgclo = Condição geral do colo

cgt = Condição geral do tronco

cgcpa = Condição geral da copa

tedif= Tipo de edificação

qc= Quebra de Calçada

dap= DAP

As funções 1 (x) e 2 (y) são ortogonais e complementares, sendo, portanto, necessário o cálculo das duas funções a fim de localizar corretamente as coordenadas do ponto. Para saber a qual o grupo de risco de queda uma nova observação

pertencerá, é necessário a padronização das variáveis e tomar os valores da distância euclidiana.

É importante conhecer os valores dos centróides de cada função nos grupos de risco de queda (TABELA 15), pois a classificação das novas observações pertencerá ao grupo cujo centróide se encontra mais próximo.

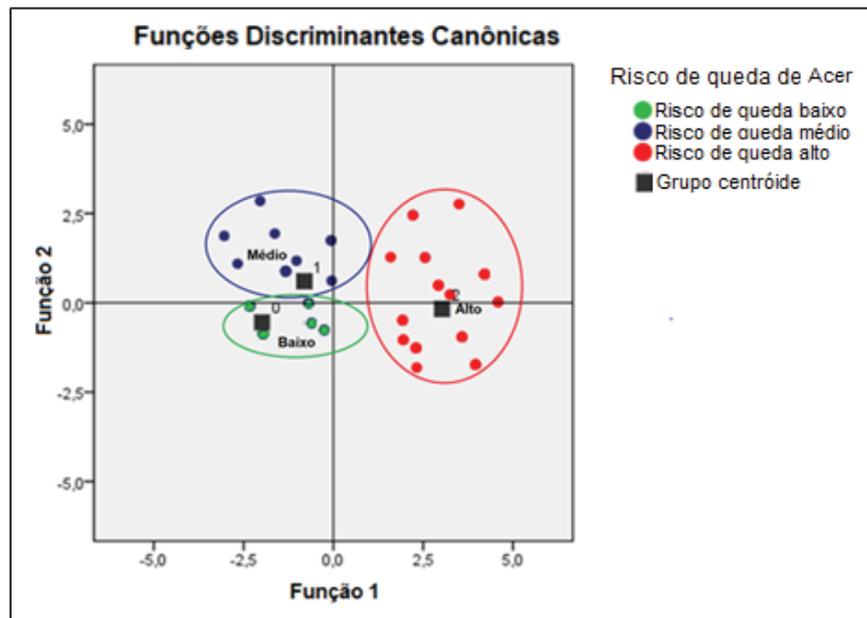
TABELA 15 - VALORES MÉDIOS (CENTRÓIDES) EM CADA FUNÇÃO NOS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DO *A. NEGUNDO* NAS RUAS DE CURITIBA - PR

Grupos	Funções em Centróides de Grupo	
	1	2
Baixo	-1,989	-0,546
Médio	-0,807	0,603
Alto	3,024	-0,173

FONTE: A autora (2019).

Na FIGURA 23 está apresentado graficamente os grupos dos centróides das funções discriminantes dos grupos de risco de queda do *A. negundo*.

FIGURA 23 - GRUPOS CENTRÓIDES DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES DOS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DO *A. NEGUNDO*



FONTE: A autora (2019).

Na FIGURA 23, percebe-se a dispersão das variáveis dos grupos em relação as funções discriminantes f1 e f2 tendo como origem os centróides (médias).

Para saber a qual grupo uma nova observação pertencerá, deve-se padronizar as variáveis independentes, antes de inserir no modelo e calcular a distância euclidiana entre a nova observação e o centróide.

A avaliação da classificação do risco de queda de *A. negundo* pelo procedimento *stepwise* é apresentada na TABELA 16.

TABELA 16 - CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DO *A. NEGUNDO* NAS RUAS DE CURITIBA

Resultados de classificação ^a						
		Associação do grupo previsto				Total
		Riscos	Baixo	Médio	Alto	
Original	Quantidade	Baixo	35	3	0	38
		Médio	8	34	3	45
		Alto	0	2	35	37
	%	Baixo	92,1	7,9	,0	100,0
		Médio	17,8	75,6	6,7	100,0
		Alto	0	5,4	94,6	100,0

LEGENDA: a= 86,7% dos casos originais agrupados foram corretamente classificados.

FONTE: A autora (2019).

Observa-se na TABELA 16 que o modelo classificou corretamente 86,7% das observações de risco e 13,5% foram classificadas de forma errada. Segundo Hair et al. (2005), o percentual de classificação é considerado satisfatório quando é maior que 50% para grupos de tamanhos iguais. Dessa forma, este percentual de eficácia classificatória foi considerado satisfatório, indicando que o modelo é útil para predizer situações futuras de risco de queda do *A. negundo*.

De forma prática, abaixo segue um exemplo hipotético (tutorial) de classificação de risco de queda para uma árvore de *A. negundo* a fim de auxiliar nas análises de campo dos gestores.

Exemplo: Definição do grupo de risco de queda uma árvore de *Acer negundo* considerando o modelo padrão de avaliação visual e os seguintes dados de campo do *A. negundo*:

Considerado a seguinte situação de cada variável:

Variáveis	Situação
Condição geral do colo	injurado e/ou lesões < 50%
Condição geral do tronco	injurado e/ou lesões > 50%
Condição geral da copa	injurada e/ou com lesões > 50%
Tipo de edificação	Comercial
Raiz quebrando a calçada	Não
Dap	0,48 cm

Lembrando do modelo padrão de classificação de risco de queda do *A. negundo* abaixo:

$$\begin{aligned} \text{Função 1} &= 0,585* \text{cgclo} + 0,739* \text{cgt} + 0,562* \text{cgc} - 0,187* \text{te} + 0,268* \text{qc} - 0,194*d \\ \text{Função 2} &= -0,165* \text{cgclo} - 0,135* \text{cgt} + 0,028* \text{cgc} + 0,388* \text{te} + 0,751* \text{qc} + 0,534*d \end{aligned}$$

Onde:

cgclo = Condição geral do colo
cgt = Condição geral do tronco
cgcpa = Condição geral da copa
tedif= Tipo de edificação
qc= Quebra de Calçada
dap= DAP

As etapas para classificar o risco da árvore de *A. negundo* são as seguintes:

1ª etapa: Categorização dos dados coletados em campo (Usar o quadro 4 da tese).

Variáveis	Situação	Categorias
Condição geral do colo	injurido e/ou lesões < 50%	0,5
Condição geral do tronco	injurido e/ou lesões > 50%	1
Condição geral da copa	injurido e/ou lesões > 50%	1
Tipo de edificação	comercial	0
Quebra da calçada	não	1
Dap	48 cm	1

2ª etapa: Substituir os valores categorizados no modelo padrão, obtêm-se:

$$\text{Função 1} = 1,6675 (x)$$

$$\text{Função 2} = 1,0955 (y)$$

Obs: É necessário o cálculo das duas funções para a correta classificação do grupo de risco da árvore.

3ª etapa: Cálculo da distância euclidiana

3.1 considerar os valores dos centróides encontrados no modelo padrão de *A. negundo* (TABELA 15 da tese), tabela abaixo:

Grupos	Funções	
	1	2
Baixo	-1,989	-0,546
Médio	-0,807	0,603
Alto	3,024	-0,173

O cálculo da distância entre a nova observação (Função 1 = 1,6675; Função 2 = 1,0955) pode ser realizado da seguinte forma:

Xobs – Xcent.	Yobs - Ycentróide	X ²	Y ²	∑ x	∑ y	√x	√y
3,66	1,64	13,37	2,69				
2,47	0,49	6,12	0,24	21,33	4,55	4,62	2,13
-1,36	1,27	1,84	1,61				

LEGENDA: Xobs =X observado (valor de f1); Xcent= Xcentróide (valor de cada centróide); Xobs =X observado (valor da função 2); Ycent= Ycentróide (valor de cada centróide); X² = valor de x elevado ao quadrado; Y² = valor de Y elevado ao quadrado; ∑ x= somatório de x; ; ∑ y= Somatório de y; √x = raiz quadrada de x; √y = raiz quadrada de y.

Logo, a distância da nova observação foi igual: dx= 4,62; dy=2,13.

Conclui-se, portanto, que essa árvore pertence ao grupo de risco de queda alto, uma vez que esta apresenta menor distância da função discriminante 1 (1,59) e 2 (1,96) em relação ao centróide do grupo de queda alto.

Ressalta-se que a distância euclidiana diz respeito à distância entre a nova observação e o centróide (média) de cada grupo de risco de queda. Essa distância corresponde à raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças entre os pares de observações (i e j) para todas as p variáveis e pode ser obtida por meio da equação:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

Em que x_{jk} é o valor da variável j referente à observação k e x_{jk} representa a média de variável j para o centróide k . A nova observação é classificada no grupo que apresenta a menor distância dos escores da função discriminante 1 e 2 em relação ao centróide de cada grupo.

Esse é apenas um exemplo hipotético de uma árvore de *A. negundo* isolada. Sabe-se que em um conjunto de amostras de árvores com risco, se faz necessário a padronização das variáveis independentes antes de categoriza-las, por meio da seguinte equação.

$$d_z = \frac{(d_i - \bar{d})}{s}$$

onde:

d_z = variável independente padronizada z

d_i = variável independente observada

\bar{d} = média

s = desvio padrão

A mesma lógica pode ser aplicada para o uso do modelo de classificação de risco de queda da *T. tipu*.

Em suma, em uma nova classificação de risco de queda, deve-se coletar não mais que as seis variáveis significativas e aplicar ao modelo padrão de avaliação visual sugerido. Dessa forma, as avaliações de risco de queda de *A. negundo* será mais prática e eficiente aos responsáveis pelas vistorias em campo.

4.3.2 Modelo de classificação de risco de queda da *Tipuana tipu*

Nas TABELAS 17 e 17 estão apresentadas as funções discriminantes para classificação do risco de queda de *T. tipu*.

TABELA 17 - AUTOVALORES PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DA *T. TIPU* NAS RUAS DE CURITIBA

AUTOVALORES				
Função	Autovalores	% da variância	Cumulativo %	Correlação canônica
1	1,511 ^a	87,1	87,1	0,776
2	,224 ^a	12,9	99,9	0,428

LEGENDA: a = as primeiras 2 funções discriminantes foram usadas na análise.

FONTE: A autora (2019).

Percebe-se na TABELA 17 que duas funções foram suficientes para diferenciar os três grupos de risco de queda da *T. tipu* (risco baixo, médio e alto), definidas para representar 99,9% da variância total. Houve grande predominância da primeira função, representando 87,1% e a segunda função não demonstra um poder discriminante relevante, uma vez que explica somente 12,9% da variância entre os grupos. Além disso, o valor alto do coeficiente de correlação canônica (0,776) da primeira função indica alto grau de associação entre a primeira função discriminante e os grupos de risco.

Na TABELA 18 é apresentada a significância das funções discriminantes.

TABELA 18 - TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DA *T. TIPU*

Teste das funções	lâmbda de Wilks	Qui-quadrado	df	Valor- <i>p</i>
1 e 2	0,325	128,596	12	0,000
2	0,817	23,181	5	0,000

LEGENDA:

df = função discriminante

Valor- *p* = probabilidade de significância

FONTE: A autora (2019).

Observa-se que na primeira linha são testadas as duas funções em conjunto, e que as duas funções diferem as médias dos grupos (*valor-p* = 0,000). Embora a segunda função apresente *p*-valor significativo, há um decréscimo no poder discriminatório por conta do aumento no valor do λ de Wilks e a primeira função separa melhor os grupos de risco. Contudo, conclui-se, que as duas funções discriminantes são significantes para separar as observações em grupos de risco de queda.

Na TABELA 19 estão apresentadas as variáveis que melhor discriminam os grupos de risco de queda da *T. tipu* pelo método *stepwise*.

TABELA 19 - VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS NO MODELO DE RISCO DE QUEDA DA *T. TIPU* NAS RUAS DE CURITIBA

Variáveis Inseridas/Removidas ^{a,b,c,d}									
Lâmbda de Wilks									
Step	Inseridas	lâmbda de Wilks	df1	df2	df3	F	df1	df2	Valor-p
1	Condição geral do tronco	0,726	1	2	117,000	22,105	2	117,000	0,000
2	Quebra de calçada	0,555	2	2	117,000	19,856	4	232,000	0,000
3	Condição geral da copa	0,441	3	2	117,000	19,372	6	230,000	0,000
4	Fluxo geral	0,392	4	2	117,000	17,012	8	228,000	0,000
5	Condição geral do colo	0,356	5	2	117,000	15,290	10	226,000	0,000
6	Inclinação do tronco	0,325	6	2	117,000	14,063	12	224,000	0,000

NOTA: em cada etapa, a variável que minimiza o total da Lâmbda de Wilks é inserida.

LEGENDA:

a = número máximo de etapas é 48;

b = a significância máxima de F para entrar é 0,05;

c = a significância mínima de F para remover é 0,10;

df= grau de liberdade;

Valor-p = probabilidade de significância.

FONTE: A autora (2019).

Observa-se na TABELA 19 que das 28 variáveis independentes, apenas 6 são estatisticamente significativas para discriminar os grupos de risco de queda da *T. tipu* segundo o método *stepwise*.

Classificar o grupo de risco de queda da *T. tipu* (risco baixo, médio ou alto) com base na análise de 6 variáveis (condições gerais do tronco, da copa, do colo, a quebra de calçada, inclinação do tronco e fluxo geral), são compatíveis com os principais problemas inerentes a *T. tipu* no meio urbano e são elementos presentes nas avaliações realizadas pelas prefeituras.

A condição geral do tronco, da copa e do colo está relacionada a avaliação do aspecto fitossanitário, de injúrias e lesões em cada parte apontada da árvore. Brazolin

(2009) afirma que os problemas fitossanitários na *T. tipu* são muito frequentes no meio urbano devido ao manejo inadequado, sobretudo as podas.

A quebra das calçadas é um dos principais problemas causados pelo plantio de árvore de grande porte nas ruas. Em um diagnóstico realizado pela Prefeitura de Bento Gonçalves (2013), verificou-se que o levantamento e quebra de calçadas é resultante do tamanho reduzido de canteiros, comprometendo a estabilidade das árvores.

A inclinação do tronco está relacionada ao desalinhamento do tronco que pode prejudicar a estabilidade da árvore. Para Mattheck; Bethge e Weber (2015), a inclinação do tronco é um elemento importante na análise de risco de ruptura das árvores de *T. tipu*, pois expõe a copa a condições físicas e climáticas adversas.

As árvores inclinadas associadas com a cancras e apodrecimento, são as que apresentam maior risco de queda (ROLLO, 2009). Albers, Pokorny e Johnson (2003) indicam que as árvores com inclinação do tronco superior a 40° devem ser removidas, caso os alvos envolvidos não possam ser retirados.

O fluxo geral está associado a frequência de veículos e pessoas nas vias urbanas. Sabe-se que o risco de queda de uma árvore aumenta a medida que o fluxo dos potenciais alvos aumenta. Esse risco se intensifica em situações em que a espécie apresenta características próprias de risco, como galhos altos e grossos com desrama natural e um porte considerado grande.

Pereira et al. (2011) apontam as calçadas comerciais, áreas de alto risco, pois caso uma árvore caia, danos são praticamente certos, devido ao grande fluxo de pedestres e veículos.

É possível verificar a diferença entre as médias dos grupos de risco no APÊNDICE 4. Nas TABELAS 20, 21 e 22 estão apresentadas as matrizes de covariância e de correlação das variáveis significativas.

TABELA 20 - MATRIZES DE COVARIÂNCIA E DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS PARA TODOS OS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DA T. TIPIU

		Pooled Within-Groups Matrices ^a																						
s	p	sc	rd	tom	h	h _f	dap	dcop	qc	ap	cgiz	cgtro	cgcpa	da-mf	d-muro	recu	can	tedif	vurba	fixv	fixp	fixg	it	cgclo
qc	0	0	0	0	0,005	0	0,021	0,011	0,195	0,012	0,022	-0,022	-0,016	-0,001	0	0	0	-0,019	0,028	-0,016	0,049	0,022	-0,002	-0,006
cgtro	0	0	0	0	-0,003	0	0,002	0	-0,022	-0,006	-0,012	0,039	-0,007	-0,005	0	0	0	0,01	0,001	0,003	0,012	0,002	0,004	-0,001
CV	cgcpa	0	0	0	0	0,003	-0,004	-0,004	-0,016	0,012	-0,006	-0,007	0,145	-0,003	0	0	0	0,001	0,024	0,017	0,018	0,011	-0,01	0,016
	fixg	0	0	0	-0,01	0	-0,009	-0,004	-0,022	-0,001	-0,002	0,002	0,011	-0,002	0	0	0	0,011	0,033	0,02	0,002	0,064	-0,006	0,003
	it	0	0	0	0,003	0	0,006	0,001	-0,002	-0,002	0,007	0,004	-0,01	-0,004	0	0	0	0,001	0,016	-0,008	0,014	0,006	0,067	-0,002
	cgclo	0	0	0	-0,001	0	0,007	0,004	-0,006	0,002	0	-0,001	0,016	-0,004	0	0	0	-0,006	0,005	0,001	0,012	0,003	-0,002	0,041
qc	.	.	.	.	0,048	.	0,215	0,197	1	0,124	0,184	-0,257	-0,094	-0,014	.	.	.	-0,091	0,173	-0,152	0,285	0,196	-0,013	-0,071
cgtro	.	.	.	.	-0,058	.	0,044	-0,012	-0,257	-0,15	-0,234	1	-0,09	-0,182	.	.	.	0,111	0,009	0,071	-0,15	0,04	0,072	-0,036
CV	cgcpa	.	.	.	-0,002	.	0,041	-0,084	-0,094	0,142	-0,062	-0,09	1	-0,056	.	.	.	0,004	0,168	0,194	0,122	0,115	-0,106	0,21
CR	fixg	.	.	.	-0,184	.	-0,166	-0,14	-0,196	-0,023	-0,027	0,04	0,115	-0,049	.	.	.	0,091	0,358	0,329	0,02	1	-0,088	0,064
L	it	.	.	.	0,06	.	0,1	0,018	-0,013	-0,038	0,099	0,072	-0,106	-0,116	.	.	.	0,007	0,168	-0,126	0,143	0,088	1	-0,046
	cgclo	.	.	.	-0,032	.	0,149	0,147	-0,071	0,045	-0,003	-0,036	0,21	-0,137	.	.	.	-0,066	0,063	0,011	0,152	0,064	-0,046	1

LEGENDA: CV: covariância; CRL: correlação; sp: espécie; scp: histórico de suscetibilidade a pragas; rpd: reação a poda; tom: histórico de tombamento; h: altura; hf: altura da primeira bifurcação; dap: diâmetro a altura do peito; dcopa: diâmetro de copa; qc: quebra da calçada; ap: área permeável; cgiz: condição geral da raiz; cgcpa: condição do tronco; da-mf: distância da árvore ao meio-fio; d-muro: distância da árvore-muro; recu: recuo da casa; cant: canteiro; tedif: tipo de edificação; vurba: tipo da via urbana; fixv: fluxo de veículos; fixp: fluxo de pessoas; fixg: fluxo geral; it: inclinação do tronco; cgclo: condição geral do colo.

FONTE: A autora (2019).

TABELA 21 - MATRIZES DE COVARIÂNCIA E DE CORRELAÇÃO PARA CADA GRUPO DE RISCO DE QUEDA DA T. TIPU

Risco	Var	sp	scp	rpd	tom	h	hbif	dap	dcop	qc	ap	cgz	cgtr	cgcpa	d-mf	d-mro	recuo	cant	edif	vurba	flvx	flxp	flxg	it	cgclo
Baixo	qc	0	0	0	0	0,003	0	0,036	0,027	0,225	0	0,02	-0,014	-0,036	-0,009	0	0	0	-0,053	-0,092	-0,059	0,017	-0,037	0,036	-0,001
	cgtr	0	0	0	0	-0,007	0	0,009	0,004	-0,014	0	-0,006	0,033	0,005	-0,013	0	0	0	0,014	0,008	0,014	-0,006	0,001	-0,003	0,002
	cgcpa	0	0	0	0	0,02	0	0,012	-0,005	-0,036	0	-0,021	0,005	0,099	-0,003	0	0	0	0,02	0,053	0,036	0,015	-0,003	-0,006	0,014
Médio	flxg	0	0	0	0	-0,03	0	-0,025	-0,012	-0,037	0	0,009	0,001	-0,003	-0,001	0	0	0	0,019	0,041	0,023	0,004	0,069	-0,012	0,003
	it	0	0	0	0	0,016	0	0,02	0,008	0,036	0	-0,001	-0,003	-0,006	-0,012	0	0	0	-0,005	-0,019	-0,009	0,005	-0,012	0,044	0,005
	cgclo	0	0	0	0	-0,001	0	0,021	0,011	-0,001	0	-0,018	0,002	0,014	-0,011	0	0	0	-0,001	-0,004	0,008	-0,017	0,003	0,005	0,047
Alto	qc	0	0	0	0	0,007	0	0,005	0,004	0,179	0,013	0,012	-0,027	-0,004	0,003	0	0	0	0,003	-0,005	-0,002	0,059	-0,017	-0,023	-0,018
	cgtr	0	0	0	0	0	0	-0,001	-0,002	-0,027	-0,005	-0,015	0,044	-0,012	-0,001	0	0	0	0,009	-0,003	-0,001	-0,015	0,003	0,008	-0,004
	cgcpa	0	0	0	0	-0,016	0	0,001	-0,004	-0,004	0,016	0,004	-0,012	0,172	-0,003	0	0	0	-0,011	0,013	0,011	-0,035	0,019	-0,011	0,019
Total	flxg	0	0	0	0	-0,002	0	-0,003	-0,001	-0,017	-0,002	-0,007	0,003	0,019	-0,002	0	0	0	0,009	0,033	0,02	0,001	0,069	-0,003	0,004
	it	0	0	0	0	-0,001	0	-0,002	-0,003	-0,023	-0,008	0,007	0,008	-0,011	0	0	0	0	0,006	-0,019	-0,01	-0,03	-0,003	0,078	-0,004
	cgclo	0	0	0	0	-0,002	0	-0,004	0,001	-0,018	0,005	0,003	-0,004	0,019	-0,001	0	0	0	-0,008	-0,006	-0,004	-0,012	0,004	-0,004	0,033
Total	qc	0	0	0	0	-0,014	0	0,097	0	0,194	0,056	0,118	-0,014	-0,028	0	0	0	0	-0,069	0,049	0,049	0,097	0	0,021	0,076
	cgtr	0	0	0	0	-0,003	0	-0,007	0	-0,014	-0,049	-0,017	0,028	-0,007	0	0	0	0	0,014	-0,003	-0,003	-0,007	0	-0,01	0,003
	cgcpa	0	0	0	0	0,056	0	-0,014	0	-0,028	0,028	-0,035	-0,007	0,111	0	0	0	0	0,028	-0,007	-0,007	-0,014	0	-0,021	0,007
Total	flxg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	it	0	0	0	0	-0,01	0	0,01	0	0,021	0,042	0,042	-0,01	-0,021	0	0	0	0	-0,021	0,021	0,021	0,042	0	0,063	-0,021
	cgclo	0	0	0	0	0,003	0	0,038	0	0,076	-0,014	0,049	0,003	0,007	0	0	0	0	-0,014	0,003	0,003	0,007	0	-0,021	0,09
Total	qc	0	0	0	0	0,011	0	0,024	0,017	0,234	0,018	0,02	-0,006	0,002	-0,002	0	0	0	-0,017	-0,02	-0,013	0,041	-0,005	0,01	0,01
	cgtr	0	0	0	0	0,001	0	0,002	0,003	-0,006	0	-0,011	0,053	0,016	-0,005	0	0	0	0,008	0,013	0,011	-0,011	0,016	0,016	0,005
	cgcpa	0	0	0	0	0,005	0	0,003	-0,001	0,002	0,022	-0,004	0,016	0,18	-0,004	0	0	0	-0,005	0,043	0,031	-0,016	0,033	0,009	0,023
Total	flxg	0	0	0	0	-0,006	0	-0,009	-0,001	-0,005	0,005	-0,001	0,016	0,033	-0,002	0	0	0	0,009	0,044	0,026	0,002	0,077	0,006	0,01
	it	0	0	0	0	0,006	0	0,006	0,003	0,01	0,003	0,007	0,016	0,009	-0,004	0	0	0	-0,002	-0,006	-0,001	-0,014	0,006	0,075	0,002
	cgclo	0	0	0	0	0,001	0	0,008	0,006	0,01	0,005	-0,001	0,005	0,023	-0,004	0	0	0	-0,006	-0,001	0,002	-0,014	0,01	0,002	0,046

LEGENDA: Baixo: risco de queda baixo; Médio: risco de queda médio; Alto: risco de queda alto; sp: espécie; scp: histórico de suscetibilidade a pragas; rpd: reação a poda; tom: histórico de tombamento; h: altura; hbif: altura da primeira bifurcação; dcopa: diâmetro de copa; qc: quebra da calçada; ap: área permeável; cgz: condição geral da raiz; cgtr: condição do tronco; cgcpa: condição copa; d-mf: distância da árvore ao meio-fio; d-mro: distância da árvore-muro; recuo: recuo da casa; cant: canteiro; edif: edificação; vurba: tipo da via urbana; flxv: fluxo de veículos; flxp: fluxo de pessoas; flxg: fluxo geral; it: inclinação do tronco; cgclo: condição geral do colo.

FONTE: A autora (2019).

TABELA 22 - TESTE BOX'S PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DA *T. TIPU*

Resultado do teste		
Box's		28,094
F	Approx.	1,245
	df1	21
	df2	20024,888
	Valor- <i>p</i>	0,201

NOTA: verifica a hipótese nula de matrizes de covariância de igual população.

LEGENDA:

F approx = F aproximado;

df= grau de liberdade;

Valor-*p*= probabilidade de significância

FONTE: A autora (2019).

Nas TABELAS 20, 21 e 22 contém informações que contribuem para a avaliação da relação entre as variáveis, e é a partir delas que nota-se a existência de multicolinearidade entre as variáveis.

Percebe-se na TABELA 20, que a maior correlação positiva ocorreu entre o fluxo de veículos e o tipo de via urbana (0,859), isso indica que os maiores fluxos de carros e caminhões numa via estão relacionados as maiores classes de via urbana (local, coletora e arterial).

Na TABELA 21 observam-se as matrizes de covariância para cada grupo de risco de queda e auxiliam a percepção de homogeneidade de covariância, o qual é um pressuposto da análise discriminante.

Observa-se na TABELA 22 que o teste Box's apresentou um F Sig. igual a 0,201, o que não permite a rejeição da hipótese nula a 5%. Conclui-se, portanto, que existe igualdade das variâncias entre os grupos.

O resultado das variáveis que melhor discriminam os grupos de risco de queda da *T. tipu* pelo método *stepwise* encontra-se na TABELA 23.

TABELA 23 - COEFICIENTES PADRONIZADOS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DA *T. TIPU*

	Coeficientes de Função Discriminantes Canônicas Padronizados	
	Função	
	1	2
Quebra de calçada	0,614	0,595
Condição geral do tronco	0,654	-0,089
Condição geral da copa	0,440	-0,556
Fluxo geral	0,442	-0,015
Inclinação do tronco	0,359	-0,234
Condição geral do colo	0,210	0,625

FONTE: A autora (2019).

Na função discriminante 1, as variáveis com maior peso discriminante são: a condição geral do tronco (0,654), quebra da calçada (0,614) e fluxo geral (0,442). Observa-se que essas variáveis estão associadas tanto a características inerentes da espécie quanto as condições do meio-físico, mostrando que a escolha da espécie e as condições do meio urbano influenciam no risco de queda da *T. tipu*.

Para a função 2 as variáveis de maior peso são a condição geral do colo (0,625), quebra da calçada (0,595) e fluxo geral (-0,015). Isso demonstra que tanto as características da *T. tipu* quanto as condições do meio físico também contribuem para o aumento do risco de queda dessas árvores no meio urbano.

A partir desse resultado pode-se montar o modelo de classificação de risco de queda da *T. tipu* e prevê os futuros cenários de queda, utilizando as equações abaixo:

$\begin{aligned} \text{Função 1} &= 0,614 * qc + 0,654 * cgt + 0,440 * cgcpa + 0,442 * flg + 0,359 * it + 0,210 * cgclo \\ \text{Função 2} &= 0,595 * qc - 0,089 * cgt - 0,556 * cgc - 0,015 * flg - 0,234 * it + 0,625 * cgclo \end{aligned}$
--

Onde:

qc=quebra de calçada

cgtr= condição geral do tronco

cgcpa = condição geral da copa

flg = fluxo geral

it= inclinação do tronco

cgclo = condição geral do colo

As funções 1 (x) e 2 (y) são ortogonais e complementares, sendo, portanto, necessário o cálculo das duas funções a fim de localizar corretamente o grupo de risco de queda a qual este ponto pertencerá. Em casos de classificação de uma nova observação, deve-se utilizar os valores das variáveis padronizados e conhecer as distâncias da observação ao centróide.

Na TABELA 24 está apresentado os valores dos centróides das funções de classificação dos riscos de queda da *T. tipu*.

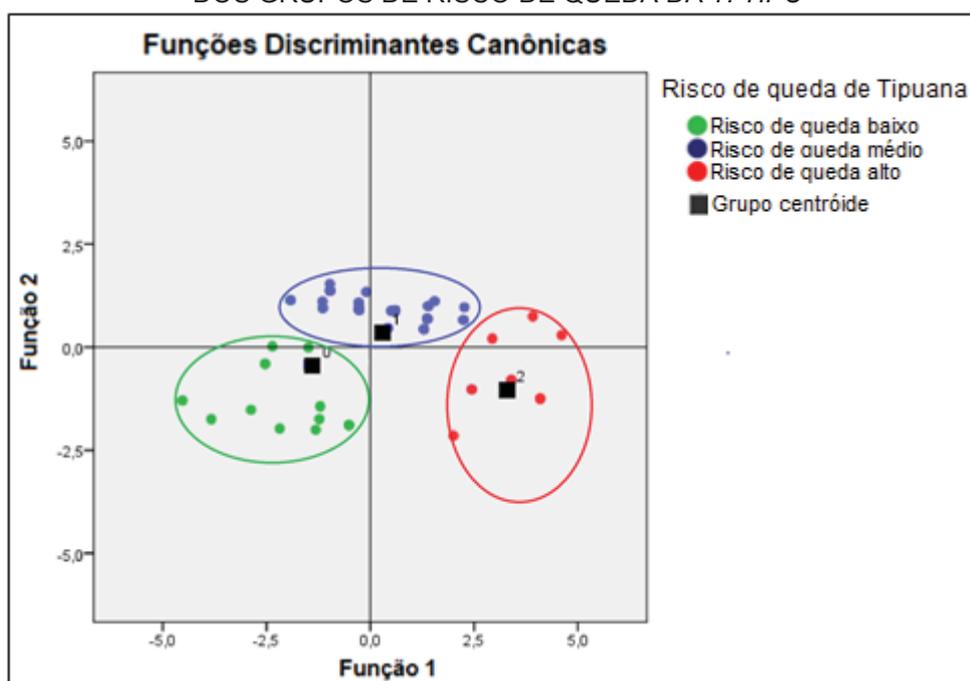
TABELA 24 - VALORES MÉDIOS (CENTRÓIDES) EM CADA FUNÇÃO DOS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DA *T. TIPU*

Grupo de risco de queda	Funções em centróides de grupos	
	Funções	Funções
	1	2
Baixo	-1,397	-0,448
Médio	0,297	0,351
Alto	3,300	-1,040

FONTE: A autora (2019).

Essa definição do ponto de corte auxilia a classificação de novas variáveis. Assim, cada observação será classificada no grupo em que o escore discriminante for maior (FÁVERO et al., 2009).

Na FIGURA 24 está apresentado os centróides de cada grupo de risco de queda das duas funções discriminantes.

FIGURA 24 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS CENTROIDES DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES DOS GRUPOS DE RISCO DE QUEDA DA *T. TIPU*

FONTE: A autora (2019).

Observa-se na FIGURA 24 a dispersão das variáveis dos grupos em relação as funções discriminantes f1 e f2 tendo como origem os centróides (médias). Em geral, a cada nova classificação de um risco, a variável pertencerá ao grupo cujo centróide se encontra mais perto.

Na TABELA 25 está apresentado resultado da classificação do risco de queda das tipuanas pelo procedimento *stepwise*.

TABELA 25 - CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS PARA ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DA *T. TIPU*

		Resultados de classificação ^a				
		Riscos	Associação do grupo previsto			Total
Quantidade	Original	Baixo	Baixo	Médio	Alto	
		Médio	30	7	0	37
		Alto	5	67	2	74
%	Original	Baixo	0	0	9	9
		Médio	81,1	18,9	0	100,0
		Alto	6,8	90,5	2,7	100,0
		Alto	0	0	100,0	100,0

LEGENDA: a = 88,3% dos casos originais agrupados foram corretamente classificados.

FONTE: A autora (2019).

Observa-se que o modelo classificou corretamente 88,3% das observações de risco de queda e apenas 11,7% foram classificadas de forma errada. O percentual de classificação é considerado satisfatório quando é maior que 50% para grupos de tamanhos iguais (HAIR et al., 2005). Dessa forma, este percentual de eficácia classificatória foi considerado satisfatório, indicando que o modelo é útil para predizer a situação futura de risco de queda de *T. tipu*.

4.3.3 Considerações sobre o risco de queda de *Acer negundo* e *Tipuana tipu*

O *Acer negundo* e a *Tipuana tipu* não são mais plantadas nas ruas de Curitiba, mas ainda apresentam uma quantidade expressiva e fazem parte da identidade histórica desse município e de outras cidades do sul do Brasil.

A condição geral do tronco foi a variável mais importante para discriminar o risco de queda tanto de *A. negundo* como de *T. tipu*. Isso demonstra que as características inerentes dessas árvores é o fator principal a ser considerado em uma avaliação do risco de queda dessas espécies. Porém, sabe-se que o fator externo (ambiente) está altamente correlacionado a forma como a espécie irá se adaptar frente as condições adversas do meio. Sendo assim, associar o conhecimento sobre o comportamento da espécie e a estrutura do meio-físico é a forma mais eficaz e sensata a ser adotada em uma análise de risco de queda.

Dentre as duas espécies avaliadas, a *T. tipu* é a espécie que mais sofre com a influência do meio urbano. Isso ocorre devido a incompatibilidade do porte dessa espécie com as calçadas estreitas, proximidade da rede de energia elétrica e práticas de podas mal executadas.

De modo geral, a quebra das calçadas e o tipo de edificação foram as variáveis do meio físico mais importantes na avaliação do risco de queda de *A. negundo*. Fornecer espaço suficiente para o crescimento da árvore é fundamental para o processo de sustentação e equilíbrio da mesma, bem como verificar a presença dos potenciais alvos, sejam nas áreas comerciais ou residenciais.

Para *T. tipu*, a quebra das calçadas e o fluxo geral dos alvos foram as variáveis do meio externo mais importantes na avaliação do risco de queda. A avaliação das calçadas para essa espécie deve ser mais criteriosa do que para *A. negundo*, uma vez que a *T. tipu* precisa de um espaço maior para se desenvolver devido seu porte. Sabe-se que quanto maior o fluxo dos alvos (pessoas e carros), maior será o risco local.

Dessa forma, para reduzir o risco de queda dessas espécies deve-se proporcionar locais compatíveis com o seu porte, considerar a presença das pessoas, bens materiais e atividades envolvidas no entorno. Além dos aspectos relacionados ao planejamento (escolha da espécie e local), deve-se aprimorar o manejo das árvores, transformando a poda numa prática que deve colaborar mais com o vigor e a permanência das árvores com saúde no meio urbano do que a potencialização dos riscos de queda.

Ressalta-se algumas limitações dessa pesquisa quanto a aplicação da estatística discriminante. Essas limitações estão relacionadas às métricas das variáveis independentes, uma vez que as variáveis tinham duas naturezas, isto é, métricas (quantitativas) e categóricas (qualitativas). Tornando, assim, necessário o uso de escalas e cálculos para padronizar os dados, dificultando a classificação de novas observações de árvores de acer e tipuana. Recomenda-se, portanto, novas propostas de coleta de dados que priorizem a medição das variáveis independentes a fim de tornar a classificação dos grupos de risco de queda de árvores ainda mais prática e direta.

5 CONCLUSÃO

Foram suprimidas 6.226 árvores da arborização de ruas de Curitiba no período de 2013 a 2016. Neste período, *T. tipu* foi a espécie mais cortada nas ruas de Curitiba, representando 15% do total das árvores suprimidas.

Os bairros CIC, Boqueirão e Água Verde foram os que apresentaram maior número de árvores cortadas, totalizando 17%. Os conflitos com o meio-físico e os problemas fitossanitários foram os principais motivos de corte de árvores nos bairros de Curitiba, representando 64%.

Na distribuição diamétrica das árvores de *A. negundo*, 55% dos indivíduos possuem DAP maior do que 30 cm e das árvores de *T. tipu* 83% estão inseridas nas classes DAP maior do que 50 cm, sendo, portanto, árvores adultas.

Quanto à distribuição hipsométrica, existem poucos indivíduos de *A. negundo* (20%) e *T. tipu* (5%) nas primeiras classes, indicando o amadurecimento da população arbórea, com pouco ou nenhum plantio recente nas vias.

Quanto a classificação da via urbana, 78% das árvores encontram-se em vias de tráfego rápido (artérias e coletoras), demonstrando o aumento do grau de perigo local aos potenciais alvos.

As árvores apresentaram características do meio-físico adequadas de acordo com o recomendado pela literatura.

Quanto à análise estatística, as variáveis mais importantes na avaliação do risco de queda de *A. negundo* foram a condição geral do tronco, do colo, da copa, quebra de calçada, DAP e tipo de edificação. Ressalta-se que a condição geral do tronco, colo e copa são as de maior peso relativo para avaliar o risco de queda.

As variáveis significativas na análise do risco de queda de *T. tipu* foram as condições gerais do tronco, da copa, do colo, a quebra de calçada, inclinação do tronco e fluxo geral. Contudo, a condição geral do tronco, quebra da calçada e fluxo geral foram as variáveis com maior peso na análise discriminante.

REFERÊNCIAS

ALDEN, H. A. **Hardwoods of North America**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1995. Ebook. Disponível em < <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr83.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2018.

ALBERS, J. S.; POKORNY, J. D.; JOHNSON, G. R. **Urban tree risk management: a community guide to program design and implementation**. St. Paul: USDA, Forest Service, Northeastern Area, 2003. Ebook. Disponível em < https://www.fs.usda.gov/naspf/sites/default/files/publications/02_na-tp-03-03_urban_tree_risk_management_508c_v2_20171027.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2018.

BALL, D. J.; WATT, J. The risk to the public of tree fall. **Journal of Risk Research**, London, v.16, n. 2, p. 261-269, ago. 2013.

BERKER, N.; JAN-WILLEM, G.; FAY, NEVILLE, D. D. **Trees - a Lifespan Approach. Contributions to arboriculture from European practitioners**. Fundacja EkoRozwoju, Wrocław, 2016. Ebook. Disponível em <<http://www.ancienttreeforum.co.uk/wp-content/uploads/2017/04/Trees-a-lifespan-approach-Nev-Fay-et-al.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2018.

BIONDI, D.; REISSMANN, C. B. **Estratégia de *Acer negundo* em relação ao estresse urbano**. In: 40 Anos da Engenharia Florestal da UFPR, 2000, Curitiba. Disponível em: <<http://www.floresta.ufpr.br/~paisagem/laboratorio02.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: Fupef, 2005.

BIONDI, D. **Arborização Urbana: aplicação à educação ambiental nas escolas**. Curitiba: BIONDI, 2008.

BIONDI, D.; PEDROSA-MACEDO, J. H. Plantas invasoras encontradas na área urbana de Curitiba, PR. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 129 - 144, fev./mai. 2008.

BIONDI, D. **Floresta Urbana**. Curitiba: Biondi, 2015.

BOBROWSKI, R. **Estrutura e dinâmica da arborização de ruas de Curitiba, Paraná, no período 1984-2010**. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

BOBROWSKI, R. A avaliação de árvores e ações de manejo de risco. In: II Seminário de Atualização Florestal e XI Semana de Estudos Florestais, out. 2010, Irati. **Anais...** Irati: Unicentro, 2010. Disponível em <<https://anais.unicentro.br/sef/iisef/pdf/palestras/Bobrowski.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D.; FILHO, A. F. Dinâmica da distribuição diamétrica na arborização de ruas da cidade de Curitiba, Paraná, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 167-178, jun. 2012. Disponível em < <http://www.ipecf.br/publicacoes/scientia/nr94/cap04.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Distribuição e dinâmica da área de copa na arborização de ruas de Curitiba, Paraná, Brasil, no período de 1984-2010. **Revista árvore**, Piracicaba, v. 36, s/n, p. 625-635, ago/set. 2012. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622012000400005&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em: 12 jul. 2018.

BOBROWSKI, R.; LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D. ALTERAÇÕES NA ARQUITETURA TÍPICA DE *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze NA ARBORIZAÇÃO DE RUAS DE CURITIBA, PARANÁ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 281-289, jul/set. 2013. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/cflo/v23n3/1980-5098-cflo-23-03-00281.pdf>>. Acesso em 25 jul. 2018.

BOND, J.; TUCKER, F. **Field guide**. Disponível em: < <http://www.umass.edu/urbantree/accessguide1.doc>>. Acesso em: 03 fev. 2018

BOUÇAS, G. C. **Análise de supressões na arborização de ruas na regional matriz do município de Curitiba - PR**. 59 f. Trabalho de conclusão de curso (TCC em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

BRAZOLIN S. **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. 265 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2009.

BRAZOLIN, S.; FILHO, M. T.; YOJO, T.; NETO, M. A. O.; CHAGAS, M. P.; MOUTINHO, V. H. P. Avaliação do lenho biodeteriorado de árvores de tipuana (*Tipuana tipu*) em área urbana: análise macroscópica e massa específica aparente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 291-299, set. 2011. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/cflo/v23n3/1980-5098-cflo-23-03-00281.pdf>>. Acesso em 10 set. 2018.

CAMPOS, V. B. G.; MELO B. P. Relacionando a ocupação urbana com o sistema viário para o desenvolvimento sustentável. In: XIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE TRANSPORTE PÚBLICO Y URBANO, 1., 2005, Lima, Peru. **Anais...** Lima: CIDATT, 2005. Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/articulos-cientificos/2005-1/197-relacionandoaocupacaourbanaclatpu20052410/file>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

CAETANO, F. D.; MATOSKI, A. **Classificação de Vias Urbanas: o Código de Trânsito Brasileiro e os Planos Diretores Municipais no Estado do Paraná**. 65 f. Monografia (Especialização em Construção civil) - Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível<

http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/27111/1/CT_GEOB_XVIII_2013_06.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2017.

CAICHE, D. T.; SILVA, S. R. M.; VIANA, S. M.; SILVA, R. S. Análise da supressão da arborização viária na cidade de São Carlos/SP no período de 2004 a 2013. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 11, n. 3, p. 93-103, jul/ago. 2016. Disponível em <<https://revistas.utfpr.br/revsbau/article/view/63429/pdf>>. Acesso em 10 set. 2018.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO (CESP). **Guia de arborização**. 3a ed. São Paulo, 1988. 33 p. (Coleção Ecossistemas Terrestres, 006).

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO PARANÁ (CREA-PR). **Acessibilidade: Responsabilidade Profissional**. Cadernos do CREA-PR. nº 4. 2ª ed, 2008.

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (CREA-PR). **Arborização Urbana**. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. Disponível em <http://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/arborizacao-urbana.pdf>>. Acesso: 20 out. 2017.

CURITIBA. Prefeitura Municipal. **Meio ambiente: prefeitura investe em arborização pública** (23/02/2013). Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/prefeiturainvesteemarborizacaopublica/28665>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

CUQUEL, F. L.; MIELKE, E. C; ROSANA CAMPANHOLO, R. Levantamento das autorizações de corte de árvores de Curitiba. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 57-62, jan/mar. 2011. Disponível em <<https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/viewFile/718/525>>. Acesso 16 abr. 2018.

DUJESIEFKEN, D.; LIESE, W. (2015) **The CODIT Principle: Implications for Best Practices**. USA: International Society of Arboriculture.

DUJESIEFKEN, D.; FAY, N.; GROOT, J. W.; BERKER, N. Trees - a Lifespan Approach - Contributions to arboriculture from European practitioners. 136 p. Disponível em: <<http://www.ancienttreeforum.co.uk/wp-content/uploads/2017/04/Trees-a-lifespan-approach-Nev-Fay-et-al.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

ESCOBEDO, F.; ANDREU, M. A community guide to Urban Forest Inventories. **Florida: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS)**, 2008. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FR/FR23200.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2010.

ERFMEIER, A.; BÖHNKE, M.; BRUELHEIDE, H. Secondary invasion of *Acer negundo*: the role of phenotypic responses versus local adaptation. **Biological Invasions**, Alemanha, v. 13, n. 7, p. 1599-1614, jun/dez. 2011.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using SPSS**. 3rd Edition, Sage Publications Ltd., 2009. London.

FAY, N. Towards Reasonable Tree Risk Decision Making. **The Arboricultural Journal**, Reino Unido, v. 30, n. 2, p. 143 - 161, out. 2007. Disponível em:< https://www.treeworks.co.uk/downloads/publications/TOWARDS_REASONABLE_TREE_RISK_DECISION_MAKING_NF_060907.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2018.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GILMAN, E. F. **An illustrated guide to pruning**. 3. ed. New York, 2012. 476 p.

GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidades médias brasileiras. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, s/v, n. 1, p. 19-29, jun. 2003. Disponível em: < <http://www.redbcm.com.br/arquivos/bibliografia/a%20vegeta%C3%A7%C3%A3o%20nos%20centros%20urbanos.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

GONÇALVES, W.; STRINGHETA, Â. C. O.; COELHO, L. L. Análise de árvores urbanas para fins de supressão. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 1-19, jul/out. 2007. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/242363374_ANALISE_DE_ARVORES_URBANAS_PARA_FINS_DE_SUPRESSAO>. Acesso em: 15 mai. 2018.

GONÇALVES, W.; PAIVA, H. N. Silvicultura Urbana-Implantação e Manejo. **Série arborização urbana** - Coleção jardinagem e paisagismo. Editora Aprenda Fácil Viçosa-MG, v. 4, p. 201, 2006.

GRISE, M. M. **Caracterização da floresta urbana de Curitiba-PR por meio de sensoriamento remoto de alta resolução espacial**. 2015. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) -Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2015.

HARRIS, R. W. **Arboriculture: integrated management of landscape trees, shrubs, and vines**. New Jersey: Prentice-Hall International, 1992.

HAIR, J. F.; TATHAM, R. L.; ANDERSON, R. E.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Tradução de Adonai Schlup Sant'Anna; Anselmo Chaves Neto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAIR JR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Desenvolvimento sustentável: indicadores de sustentabilidade de Curitiba** - 2017. Curitiba: IPPUC, 77 p.

_____. **Curitiba em dados.** Disponível em: <http://www.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm>. Acesso em: 07 jan. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Curitiba em dados.** Curitiba, 2016. Disponível em: <<http://curitibaemdados.ippuc.org.br/>>. Acesso em: 08 fev. 2017.

JACK-SCOTT, E.; PIANA, M.; TROXEL, B.; MURPHY-DUNNING, C.; ASHTON, M. S. Stewardship success: how community group dynamics affect urban street tree survival and growth. *Arboriculture and Urban Forestry*, Champaign, v. 39, n. 4, p. 189-196, jul. 2013.

KLECHOWICZ, N. A. **Diagnóstico dos acidentes com arvores na cidade de Curitiba-PR.** 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

KHATTREE, R.; NAIK, D.N. Multivariate data reduction and discrimination with SAS software. **New York:** BBU and John Wiley Sons, 2000.

LELL, J. Arbolado Urbano: Implantación y cuidados de árboles para veredas. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora, 2006.

LEAL, L.; BIONDI, D.; ROCHADELLI, R. Investimentos destinados à arborização de ruas na cidade de Curitiba: uma abordagem a partir da Teoria de Renda da Terra. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 141-149, jun. 2008.

LIMA, A. M. L. P. **Análise da arborização viária na área central e em seu entorno.** 1993. 238 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

LIMA NETO, E. M.; BARDELLI-DA-SILVA, M. Y.; SILVA, A. R.; BIONDI, D. Arborização de ruas e acessibilidade no bairro centro de Curitiba-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 4, p. 40-56, abr/dez. 2010.

LIMA NETO, E. M. **Índices e métricas para a gestão das árvores de rua de Boa Vista-RR a partir de cadastro espacial.** 168 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LORENZI, H. Árvores exóticas no Brasil: madeira, ornamentais e aromáticas. **Nova Odessa:** Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2003.

LORENZI, H.; SOUZA, H. Plantas exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. **São Paulo:** Nova Odessa, Editora Plantarum, v. 1., 2003.

MARROCO, João. Análise Estatística com utilização do SPSS. **Lisboa:** Silabo, 2007.

MATTHECK, C.; BETHGE, K.; WEBER, K. The body language of trees, **Germany:** Verlag KIT Karlsruhe, 2015.

MAYER, C. L. D.; OLIVEIRA FILHO, P. C. DE; BOBROWSKI, R. Análise espacial de conflitos da arborização de vias públicas: caso Irati, Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 11 - 20, jan. / mar. 2015.

MAACK, R. Geografia física do estado do Paraná. **Ponta Grossa**: Editora UEPG, 4. Ed., 2012.

MILANO, M.S. **Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba-PR**. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

MILANI, J.; ZEA-CAMAÑO, J. D.; BIONDI, D. Crescimento de *Acer negundo* na arborização urbana de Curitiba-PR por meio de análise dos anéis de crescimento. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 4, n. 4, p. 161-166, out/ dez. 2017.

MONTEIRO, M. M. G. **Caracterização da floresta urbana de Curitiba-PR por meio de sensoriamento remoto de alta resolução espacial**. 149f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MORAES, M. B. C. Edisciplinas. **Aulas online**. São Paulo, 2016. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2232110/mod_resource/content/1/An%C3%A1liseMultivariada-Aula12.pdf>. Acesso: 17 nov. 2018.

NATIONAL TREE SAFETY GROUP (NTSG). **Commonsense Risk Management of Trees**. Forestry Commission. London: Guidance on trees and public safety in the uK for owners, managers and advisers, 2011. Ebook. Disponível em: <[https://www.forestry.gov.uk/pdf/FCMS024.pdf/\\$FILE/FCMS024.pdf](https://www.forestry.gov.uk/pdf/FCMS024.pdf/$FILE/FCMS024.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2018.

NIKLAS, K. J. Wind, size and tree safety. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 28, n. 2, p. 84-93, mar. 2002.

PAMBOUKIAN, S. V. D. Mapas Temáticos no **QGIS**. 2010. Disponível em: <http://labgeo.mackenzie.br/fileadmin/LABGEO/Curso/03._Aula_03/0304._Mapas_TeTeTem_no_QGIS.pdf>. Acesso: 17 nov. 2018.

PEREIRA, R. I. Arte, paisagem e arborização urbana. Trecho da tese de doutorado "**O sentido da paisagem e a paisagem consentida: projetos participativos na produção de espaço livre público**" - FAU/USP, 2006.

PEREIRA, P. H.; TOPANOTTI, L. R.; DALLACORT, S.; MOTA, C. J.; BRUN, F. G. K. B.; SILVA, R. T. L. Estudo de caso do risco de queda de árvores urbanas em via pública na cidade de Dois Vizinhos-PR. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 6, n. 1, p. 1- 7, set. 2011 .Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/download/1281/846>>. Acesso 20 out. 2018.

PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J.N. **Análise de Dados para Ciências Sociais**. A complementaridade do SPSS. Edições Sílabo. Lisboa. 2003.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. **Arborização Urbana**. Boletim Acadêmico, Série Arborização Urbana. Jaboticabal: UNESP, 2002.

PORTO, L. P. M.; BRASIL, H. M. S.; SILVA, A. C. P.; REIS, A. F. S.; OLIVEIRA, D. B. D.; FRAZÃO, D. A. C.; SHIMIZU, E. S. C.; ARAGÃO, I. L. G.; SOUSA, J. A. L.; SAITO, L. G. B.; CARVALHO, L. F. M.; LEÃO, N. V. M.; ROSAS, A. S. R.; BARBOSA, L. G. B.; SAMPAIO, M. R. G. Manual de orientação técnica da arborização urbana de Belém. 2. ed. **Belém - PA**: Prefeitura Municipal de Belém, 2013.

PREFEITURA DE BENTO GONÇALVES-RS. **Diagnóstico da vegetação arbórea das praças públicas do município de Bento Gonçalves –RS. 2013**. Disponível em < <http://www.bentogoncalves.rs.gov.br/downloads/Licenciamento%20ambiental%20-%20formularios/diagnostico-vegetacao-arborea.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2018.

"PREFEITURA DE CURITIBA. **Portal de serviços de Curitiba**. O que são regionais?. 2015. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/o-que-sao-administracoes-regionais/80>>. Acesso em: 01 mar. 2018."

RIGHI, A. A.; LOPEZ, A. M.; NAGAI, A.; MATSUMURA, A. T.; NUNES, A. S.; EDGAR, A. O. C.; TOMBA, A. C. B.; DA SILVA, B. N. T.; PIMENTEL, B. S.; JARA, C. E. P.; AMANCIO, C. E.; DE AZEVEDO, C. A. A.; KLEINGESINDS, C. K.; BASTOS, C. L.; IHA, C.; COSTA, E. S.; DA SILVA, F. N.; DE REZENDE, F. M.; LOCOSSELLI, G. M.; CRUZ, G. M. Q.; MEYER, J. M.; SANTOS, J. P.; LOPES, J. C.; FILHO, J. H. L.; GAIARSA, J. W.; EL OTTRA, J. H. L.; RODRIGUES, K.; GOMES, K. A.; HAMACHI, L.; FELIX, L. M.; TEIXEIRA-COSTA, L.; BAENA, M. S.; FRANCO, M. C.; RAVANELLI, N.; PEREIRA, P. N.; MIOTO, P. T.; OLIVEIRA, P. M. R.; CRUZ, R.; SOARES, S. A.; BARÃO, V. **Botânica no inverno 2012**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2012. 183 p. Disponível em: < <https://dokumen.tips/documents/apostila-botanica-no-inverno-2012.html>>. Acesso em: 15 set. 2018.

ROLLO, F. M. A. **Identificação de padrões de resposta à tomografia de impulso em tipuanas (*Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze)**. 123f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ROSSETTI, A. I. N.; PELLEGRINO, P. R. M.; TAVARES, A. R. As árvores e suas interfaces no ambiente urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 1, p. 1-24, set/mar. 2010.

SANTOS, T. O. B.; LISBOA, C. M. C. A.; CARVALHO, F. G. Análise da arborização viária do bairro de Petrópolis, Natal, RN: uma abordagem para diagnóstico e planejamento da flora urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 7, n. 4, p. 90 - 106, 2012. Disponível em: <https://www.natal.rn.gov.br/semurb/paginas/File/artigo/analise_da_arborizacao_viaria_do_bairro_petropolis.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

SAMPAIO, A.C.F. **Análise da arborização de vias públicas das principais zonas do plano piloto de Maringá, PR**. 117 f. Dissertação (Mestrado em Análise Regional e Ambiental) - Setor de Ciências florestais. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

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

SEITZ, R. A. **A Poda de Árvores Urbanas**. Piracicaba. IPEF-USP, 1996. Disponível em: <<http://sbau.web2204.uni5.net/Arquivos/21292.pdf>>. Acesso em: 9 mai. 2018.

SEITZ, R.A. A avaliação visual das árvores de risco. **Revista Ação ambiental**, Viçosa, s/v, n. 33, p.15-20, set/out, 2005,.

Secretaria Municipal de Transito (SETRAN). Disponível em <<http://transito.curitiba.pr.gov.br/>>. Acesso 09 jun. 2017.

SOCIEDADE DOS AMIGOS DO PLANALTO PAULISTA (SAPP). **Árvores indesejadas- para plantio em vias públicas urbanas**. São Paulo: SAPP, 2010. Ebook. Disponível em: <<http://www.sapp.org.br/sapp/wp-content/uploads/2010/08/arborizacao-especies-inadequadas-para-plantio.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2018.

SILVA, A. G.; CARDOSO, A. L.; RAPHAEL, M. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária da cidade de Jerônimo Monteiro-ES. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n.14, p.1179-1188, mai/jun. 2012.

SILVA FILHO, D. F. da; PIZETTA, P. U. C.; ALMEIDA, J. B. S. A. de; PIVETTA, K. F. L.; FERRAUDO, A. S. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 629 - 642, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v26n5/a14v26n5.pdf>>. Acesso em: 10 de agosto 2018.

SILVA, L. M. Arborização de vias públicas e a utilização de espécies exóticas: o caso do bairro centro de Pato Branco, PR. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n.1, p. 47-53, set/ ago. 2007. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/995/99516333006.pdf>>. Acesso em: 9 mai. 2018.

SOUZA, V.C. Botânica sistemática. **Nova Odessa**: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2005.

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

VIALI, L. **Estatística Multivariada**. Material Didático. Rio grande do Sul, 2010. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/ciencias/viali/especializa/realizadas/ceea/multivariada/textos/Introducao.pdf>>. Acesso 18 mai. 2018.

WOODRUM, C. L.; EWERS, F. W.; TELEWSKI, F. W. Hydraulic, biomechanical, and anatomical interactions of xylem from five species of acer (*aceraceae*). **American Journal of Botany**, EUA, v. 90, n. 5, p. 693 - 699. ago. 2003. Disponível em < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.3732/ajb.90.5.693>>. Acesso 28 abr. 2018.

XANXERÊ. Secretaria de Políticas Ambientais. Manual da Arborização Urbana de Xanxerê. **Xanxerê**: Secretaria Municipal, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE1- DESCRIÇÃO DOS ZONEAMENTOS DA CIDADE DE CURITIBA

Tipos de zoneamento	Características
ZR-1 (Zona residencial 1)	São zonas residenciais de baixíssima densidade. São permitidas habitações unifamiliares e habitações unifamiliares em série, desde que os lotes ou frações de terreno possuam 600 m ² no mínimo. A altura máxima é dois pavimentos, coeficiente de aproveitamento 1 e taxa de ocupação máxima 50%. São permitidos também comércio e serviço vicinal nas edificações já existentes com até 100m ² .
ZR-2 (Zona Residencial 2)	São zonas residenciais de baixa densidade - até 80 habitações por hectare - com coeficiente de ocupação igual a uma vez a área do lote e taxa de ocupação máxima de 50%. O número máximo de pavimentos permitido é dois - térreo e primeiro andar - e o recuo em relação ao alinhamento predial é de cinco metros. São permitidas habitações unifamiliares - até três por lote - habitações unifamiliares em série, habitações coletivas, habitações institucionais, comércio e serviço vicinal 1 e 2 e indústria tipo 1, desde que tenham porte máximo de 100 m ² .
ZR-3 (Zona Residencial 3)	São zonas residenciais de média densidade. São permitidas habitações unifamiliares e unifamiliares em série (atendida a densidade de 80 habitações/ha), sendo permitido três residências no lote padrão (360 m ²), habitação coletiva, habitação institucional, comércio 1 e 2, serviço vicinal (1 e 2) e indústria 1 com porte máximo de 100m ² . Altura máxima é de três pavimentos, coeficiente de aproveitamento igual a 1 e a taxa de ocupação é de até 50%.
ZR-4 (Zona Residencial 4)	São zonas residenciais de média-alta densidade. Permite habitação coletiva, habitação transitória 1, habitação institucional, comércio e serviço (vicinal e de bairro) com porte máximo de 200,00 m ² e indústria 1 até 100 m ² . Altura até seis pavimentos, coeficiente de aproveitamento 2 e taxa de ocupação é de até 50%.
ZC (Zona Central)	Abrange o centro tradicional onde existe grande concentração de atividades e funções urbanas de caráter setorial. São permitidos os usos habitacionais, comerciais e comunitários, a indústria também é permitida desde que o porte não seja maior que 100 m ² . Uma característica que diferencia a Zona Central das demais zonas é a altura livre das edificações, além disso é permitida a ocupação integral do lote, sem afastamento das divisas, no térreo e no primeiro pavimento, nos demais pavimentos o afastamento obrigatório é de dois metros. O coeficiente de aproveitamento também é um dos mais altos existentes no zoneamento da cidade permitindo que seja construído até cinco vezes a área do lote.

ZS-1 (Zona de Serviços 1)	Tem menor porte; são permitidas habitação transitória 2 e 3, comércio e serviço (vicinal, de bairro, setorial e geral), comunitário 2 - culto religioso, comércio e serviço específico 1 e 2. Altura máxima de dois pavimentos, coeficiente de aproveitamento 1 e taxa de ocupação é de até 50%.
ZS-2 (Zona de Serviço 2)	Na Zona de Serviço a habitação unifamiliar é tolerada, são permitidos a habitação transitória 2 e 3, comércio e serviço vicinal, de bairro, setorial e geral, comércio e serviço específico 1 e 2, indústria tipo 1 e 2 e usos comunitários 2 - culto religioso. O coeficiente de aproveitamento é de uma vez a área do lote, a taxa de ocupação 50%, altura máxima de dois pavimentos. O recuo obrigatório aumenta para 10 metros.
SEHIS (Setor Especial de Interesse Habitacional)	São áreas destinadas a implantação de habitação de interesse social. O coeficiente de ocupação é um e a taxa de ocupação 50%. O recuo obrigatório em relação ao alinhamento predial é um pouco menor, três metros. Neste setor é permitida a habitação unifamiliar, habitação institucional, usos comunitários. O comércio e serviços podem ser vicinais, de bairro ou setoriais, ainda é permitida a indústria tipo 1 todos com porte máximo de 100 m ² .
SEHIS (Setor Especial de Habitação de Interesse Social)	Compreende as áreas onde há interesse público em ordenar a ocupação por meio de urbanização e regularização fundiária, em implantar ou complementar programas habitacionais de interesse social, e que se sujeitam a critérios especiais de parcelamento, uso e ocupação do solo como tamanho do lote reduzido e recuo de 3 metros. Os usos permitidos são habitações unifamiliares em dois pavimentos, 50% de taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento igual a 1, além de comércio e serviço vicinal, de bairro e setorial com porte de 100m ² . Também são permitidos habitação institucional e uso comunitário com coeficiente de aproveitamento igual a 0,6 e taxa de ocupação de 30%.
ZR-OC (Zona Residencial de Ocupação Controlada)	Nestas zonas existe grande concentração de áreas verdes. Os parâmetros de ocupação são mais restritos, o coeficiente de ocupação é reduzido a 0,4 vezes a área do lote, a taxa máxima de ocupação é de 30%, a altura máxima permitida é de dois pavimentos e o recuo obrigatório é de cinco metros. São permitidas as habitações unifamiliares, habitações unifamiliares em série, habitação transitória 1, habitações institucionais, e usos comunitários. O comércio e serviço vicinal e a indústria tipo 1 também são permitidos desde que tenham porte máximo de 100 m ² .
ZR-U (Zona Residencial Umbará)	Está localizada na área norte daquele bairro e possui parâmetros de ocupação semelhantes aos da ZR-2 com taxa de ocupação 1, taxa de ocupação de 50%, altura máxima de dois pavimentos e recuo obrigatório de cinco metros. A densidade máxima permitida é de 80 habitações por hectare. São permitidas habitações unifamiliares, habitações unifamiliares em série, habitações institucionais, e uso comunitário 1. O comércio e serviço pode ser vicinal, de bairro ou setorial e a indústria tipo 1, para todos o porte máximo permitido é de 100 m ² .
SC-UM (Setor Comercial do Umbará)	Neste setor também é tolerada a habitação unifamiliar, os usos permitidos são para habitação coletiva, habitação institucional, habitação transitória 1 e 2,

	comércio e serviço vicinal de bairro e setorial, usos comunitários e a indústria tipo 1 - desde que o porte desta seja de 100 m ² no máximo.
SE-LE (Setor Especial Linhão do Emprego)	Foi criado em consequência do programa de mesmo nome, que visava a geração de renda para a população na sua área de abrangência. Os parâmetros de ocupação são coeficiente de ocupação igual a uma vez a área do lote e a taxa de ocupação máxima é de 50%. Neste setor são permitidos o comércio e serviço vicinal, de bairro e setorial, indústria tipo 1 sendo que em algumas vias, atendendo aos objetivos do programa o porte é proporcional a coeficiente de ocupação do terreno.
APA-IGUAÇU	A Área de Proteção Ambiental do Rio Iguaçu foi criada em 1991. Regida pelo Decreto 192/00 tem como objetivos o controle das cheias do Rio Iguaçu, restringir a conurbação urbana, recuperação e conservação da qualidade da água na porção da bacia do Rio Iguaçu que fica dentro de Curitiba bem como a preservação da biodiversidade. Caracterizada pela baixa e baixíssima densidade habitacional. A APA IGUAÇU possui 4.203,08 hectares e abrange a porção leste/sul da cidade indo do Cajuru até o encontro do Rio Barigui com o Rio Iguaçu na Caximba. Além de conter o Parque Iguaçu, está dividida em setores de alta e média restrição de uso, setor de uso esportivo, setor de transição e setor de serviços que têm em comum – com exceção do setor de transição que permite lotes de 360 m ² - a exigência de lotes com no mínimo 5000 m ² de área e altura máxima de dois pavimentos. É permitido, além do uso habitacional, o desenvolvimento de atividades comerciais, institucionais e de serviços, desde que atendidas certas exigências, como não geração de efluentes e em alguns casos a apresentação de Relatório Ambiental Prévio (RAP). Também são permitidas algumas atividades rurais como a piscicultura e agricultura. A APA IGUAÇU possui várias invasões, sendo que as maiores concentram-se nos bairros Cajuru e Uberaba. O zoneamento predominante nesta regional é a ZR-OC com 13.746.534 m ² - 31% da área total - sendo que a maior parte desta zona está no Umbará - 11.392.689 m ² . Em seguida vem a APA-IGUAÇU com 12.844.216 m ² - 29% da área da regional - distribuídos entre o Ganchinho e Umbará, o Sítio Cercado não é atingido pela APA. O SEHIS ocupa a terceira maior área com 9.190.901 m ² - 20% da área total - a maior parte deste setor está no Sítio Cercado - 8.010.957 m ² .
ZT-BR-116 (Zona de Transição BR116)	Faz a transição entre o Setor Especial da BR-116 e os zoneamentos confrontantes. Permitido habitação coletiva, habitação institucional, habitação transitória 1 e 2, comunitário 1 e 2, comércio e serviço (vicinal, de bairro e setorial), comércio e serviço específico 1 e indústria tipo 1. A altura máxima é quatro pavimentos, o coeficiente de aproveitamento é 1 e a taxa de ocupação é de até 50%.
ZT-BR-116	É a zona de transição entre o Setor Especial da BR-116 e os zoneamentos confrontantes. Permitido habitação coletiva, habitação institucional, habitação transitória 1 e 2, comunitário 1 e 2, comércio e serviço (vicinal, de bairro e setorial), comércio e serviço específico 1 e indústria tipo 1. A altura máxima é

	quatro pavimentos, o coeficiente de aproveitamento é um e a taxa de ocupação é de até 50%.
SE-BR-116 (Setor Especial da BR-116)	Vai desde o trevo do Atuba até a Av. Winston Churchill, são permitidas atividades comerciais e de prestação de serviços, além de habitação coletiva, institucional e transitória em até 6 pavimentos. O coeficiente de aproveitamento é igual a 1, podendo chegar a 2 nos lotes onde se pretende uma reciclagem dos usos existentes geradores de tráfego pesado e a taxa de ocupação 50%. Nos pólos a altura é livre.
SE-WB (Setor Especial da Av. Wenceslau Bras)	Em toda a Av. Presidente Wenceslau Braz, são permitidas atividades comerciais e de prestação de serviços, além de habitação coletiva, institucional e transitória, em 4 pavimentos com coeficiente de aproveitamento igual a 1 e taxa de ocupação 50%.
ZE-E (Zona Especial Educacional)	Onde estão inseridos os campus da Universidade Federal do Paraná, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e outros equipamentos de ensino como o CIETEP. Os usos permitidos são: habitação coletiva, habitação institucional, habitação transitória 1 e 2, comunitário 1 e 2, comunitário 3 - ensino, usos vinculados às atividades de ensino e serviços públicos, comércio e serviço (vicinal e de bairro) com porte máximo de 200,00 m ² . Altura máxima de quatro pavimentos, coeficiente de aproveitamento 0,5 e a taxa de ocupação de até 30%.
ZE-M (Zona Especial Militar)	Existem no Boqueirão, no Pinheirinho e no Bacacheri. São permitidas habitações unifamiliares e coletivas - vilas militares, usos vinculados às atividades militares, comércio e serviço (vicinal e de bairro com porte máximo de 200,00 m ²). A altura máxima é de quatro pavimentos, o coeficiente de aproveitamento 0,5 e taxa de ocupação 30%.
ZE-M (Zona Especial Militar do Boqueirão, do Pinheirinho e do Bacacheri)	São permitidas habitações unifamiliares e coletivas - vilas militares, usos vinculados às atividades militares, comércio e serviço (vicinal e de bairro com porte máximo de 200,00 m ²). A altura máxima é de quatro pavimentos, o coeficiente de aproveitamento 0,5 e taxa de ocupação é de até 30%.
SE (Setor Especial Estrutural)	Regulamentado pelo Decreto 190/2000, esse setor especial é o prolongamento do centro da cidade, propiciando melhores condições de atendimento à população urbana, uma vez que se estende do nordeste ao sudoeste do município, tangente ao centro comercial. O coeficiente de aproveitamento é quatro, com incentivos para torres comerciais e de prestação de serviços, sendo os usos similares da ZC. O sistema viário estrutural é um trinário composto por uma via central e duas externas. A via central é aquela que contém a canaleta para o transporte de massa e pistas lentas para atendimento às atividades lindeiras; as vias externas são ruas paralelas com sentido único de tráfego, destinadas ao fluxo contínuo de veículos. Nos terrenos com frente para a via central deverá ser assegurada a testada contínua comercial através do Plano Massa, que compreende um embasamento, constituído de térreo e sobreloja, com galeria na área correspondente ao recuo ocupado com usos comerciais e de prestação de serviços. São permitidos, na via central, habitação coletiva,

	habitação transitória 1 e 2, uso misto, comércio e serviço setorial e de bairro. Nas vias externas do trinário é permitida habitação coletiva, habitação transitória 1 e 2, habitação institucional, comércio e serviço (vicinal, de bairro e setorial) e comércio e serviço específico 1. Não existe limitação de altura máxima. Para a via central é permitida ocupação de 100% do terreno no térreo e primeiro pavimento, nos demais pavimentos é reduzida a até 50%; nas vias externas a ocupação do térreo e primeiro pavimento é de até 75%, nos demais até 50%.
SE-BR-116 (Setor Especial da BR-116)	Vai desde o trevo do Atuba até a Av. Winston Churchill, são permitidas atividades comerciais e de prestação de serviços, além de habitação coletiva, institucional e transitória em até seis pavimentos. O coeficiente de aproveitamento é igual a 1, podendo chegar a 2 nos lotes onde se pretende uma reciclagem dos usos existentes geradores de tráfego pesado e a taxa de ocupação máxima de 50%. Nos pólos a altura é livre.
ZT-M (Zona de transição Marechal Floriano)	Entre o Eixo da Avenida Marechal Floriano e a ZR-2 adjacente. Permitidas habitação unifamiliar e habitações unifamiliares em série com densidade máxima de 80 habitações/ha sendo admitidas três habitações em lotes de 360,00 m ² , habitação coletiva, habitação institucional, habitação transitória 1 e 2, comunitário ¹ , comércio e serviço vicinal e de bairro até 200,00m ² e indústria 1 até 100 m ² . Altura máxima de dois pavimentos, coeficiente de aproveitamento 1 e taxa de ocupação 50%.
SE-MF (Setor Especial da Av. Marechal Floriano)	Compreendido no trecho entre a Rua Brasília Itiberê e Rua Pastor Antônio Polito, são permitidas atividades comerciais e de prestação de serviços, além de habitação coletiva, institucional e transitória, em até quatro pavimentos com coeficiente de aproveitamento igual a 1 e taxa de ocupação 50%.
SE-CF (Setor Especial da Av. Comendador Franco)	No trecho entre a BR-116 e a RFFSA, são permitidas atividades comerciais e de prestação de serviços, além de habitação coletiva, institucional e transitória em 4 pavimentos, coeficiente de aproveitamento igual a 1 e taxa de ocupação 50%. Nos terrenos com testada para Av. Comendador Franco, estes usos só são permitidos com a implantação da via local.
SE-AC (Setor Especial da Av. Affonso Camargo)	Ao longo da Av. Presidente Affonso Camargo, são permitidas atividades comerciais e de prestação de serviços, além de habitação coletiva, institucional e transitória em 4 pavimentos, coeficiente de aproveitamento igual a 1 e taxa de ocupação 50%.
SE-CB (Setor Especial da Rua Engenheiro Costa Barros)	Compreende os terrenos com testada para as ruas Des. Mercer Jr., Eng. Costa Barros e Filipinas até a profundidade de 60,00m, onde são permitidos comércio e serviço vicinal e de bairro com porte de até 200m ² , além de habitação coletiva, institucional e transitória em 4 pavimentos, coeficiente de aproveitamento igual a 1 e taxa de ocupação de 50%.
ZE-D (Zona Especial Desportiva)	Onde estão situados grandes equipamentos de esportes como o Ginásio do Tarumã e o Jôquei Clube. São permitidos habitação transitória ¹ e 2, comunitários 1 e 2 – lazer e esporte, comunitário 3, usos vinculados às atividades desportivas além de comércio e serviço (vicinal e de bairro com porte máximo de 200,00 m ²). A altura máxima é de quatro pavimentos, o coeficiente de aproveitamento é de 0,5 e a taxa de ocupação 30%.

ZR-P (Zona Residencial Passaúna)	Situada dentro do limite da Área de Proteção Ambiental do Passaúna. Permitidas habitação unifamiliar e habitações unifamiliares em série desde que atendida densidade máxima de 10 habitações/ha, comércio e serviço vicinal com porte máximo de 100,00 m ² (e desde que não gerem efluentes, ouvida a SMMA). Altura máxima de dois pavimentos, coeficiente de aproveitamento igual a 1 e taxa de ocupação 50%.
ZES (Zona Especial de Serviços)	Situada no CIC, dentro da Área de Proteção Ambiental do Passaúna. São permitidos serviço geral (sem limitação de área) e também comércio e serviço vicinal (com área máxima de 100 m ²) que não gerem efluentes, ouvida a SMMA. Não existe limitação de altura, o coeficiente de aproveitamento é 1 e a taxa de ocupação 50%.
ZI (Zona Industrial)	Zonas destinadas à implantação de atividades industriais de grande porte, localizadas em sua maioria na Cidade Industrial de Curitiba. Permite indústrias e atividades complementares vinculadas ao uso industrial. O coeficiente de aproveitamento é 1 e taxa de ocupação de 50%.
ZUM (Zona de Uso Misto)	Compreendem áreas de ocupação mista, com média densidade habitacional, caracterizada como apoio às zonas industriais e de serviços, localizadas na Cidade Industrial de Curitiba. Permite habitação coletiva, habitação transitória 1 e 2, habitação institucional, comércio e serviço (vicinal, de bairro e setorial), comunitário 1 e 2, comércio e serviço específico 1. Altura máxima de quatro pavimentos, coeficiente de aproveitamento 1 e taxa de ocupação de 50%.
Z-COM (Zona de Contenção)	Compreende área periférica do território municipal, limdeira aos municípios vizinhos, onde se pretende a garantia de preservação e manutenção de suas características naturais com o estabelecimento de parâmetros de uso e ocupação do solo compatíveis com a proteção ambiental. São permitidos habitação unifamiliar (com densidade máxima de 2 habitações/ha), armazéns e silos para produtos agrícolas e estabelecimentos agropecuários (desde que não gerem efluentes líquidos), comércio e serviço vicinal (com porte de 100,00 m ²). Os lotes devem ter 5.000 m ² de área, a altura máxima é de dois pavimentos, coeficiente de aproveitamento 0,4 e taxa de ocupação 20%.
CONEC (Setores Oiais Conectores)	São quatro, caracterizam-se por eixos de ocupação mista, de média densidade habitacional, fazendo a conexão entre o Setor Estrutural e a Cidade Industrial de Curitiba, tendo como usos permitidos atividades comerciais e de prestação de serviços, além de habitação coletiva, institucional e transitória, em quatro pavimentos, coeficiente de aproveitamento igual a 1,5 e taxa de ocupação 50%.
SE-OI (Setor Especial de Ocupação Integrada)	Compreende área reservada a empreendimentos habitacionais, comerciais e de prestação de serviços e a equipamentos de uso público, e será objeto de plano de ocupação específico.
SE-OS (Setor Especial do Pólo de Software)	Compreende o Parque de Software e áreas adjacentes, onde se incentiva a ocupação voltada ao comércio, serviços, desenvolvimento e manutenção de equipamentos de informática em quatro pavimentos, coeficiente de aproveitamento igual a 1 e taxa de ocupação 50%.

ZR-AG, ZR-M e ZR-B (Zona Residencial Alto da Glória, Mercês e Batel)	São antigas ZR-1. Aqui, como resultado da sua proximidade com a zona central, houve grande pressão para uma maior flexibilidade na liberação das edificações para usos comerciais e de serviços. Por isso foi permitido nestas zonas o uso institucional; o comércio, o serviço vicinal e de bairro e a indústria também é permitida desde que obedecido o porte máximo de 100 m ² . Podem ser permitidas áreas maiores desde que liberado pelo Conselho Municipal do Urbanismo - CMU. As demais características de ocupação e altura são iguais às da ZR-1.
SE (Setor Estrutural)	Regulamentado pelo Decreto 190/2000, esse setor é o prolongamento do centro da cidade, propiciando melhores condições de atendimento à população urbana, uma vez que se estende do nordeste ao sudoeste do município, tangente ao centro comercial. O coeficiente de aproveitamento é quatro, com incentivos para torres comerciais e de prestação de serviços, sendo os usos similares da Zona Central. O sistema viário deste setor é caracterizado por um trinário composto por uma via central e duas externas. A via central é aquela que contém a canaleta para o transporte de massa e as pistas lentas para atendimento às atividades lindeiras; as vias externas são ruas paralelas com sentido único de tráfego, destinadas ao fluxo contínuo de veículos. Nos terrenos com frente para a via central deverá ser assegurada a testada contínua comercial através do Plano Massa, que compreende um embasamento, constituído de térreo e sobreloja, com galeria na área correspondente ao recuo ocupado com usos comerciais e de prestação de serviços. São permitidos, na via central, habitação coletiva, habitação transitória 1 e 2, uso misto, comércio e serviço setorial e de bairro. Nas vias externas do trinário é permitido habitação coletiva, habitação transitória 1 e 2, habitação institucional, comércio e serviço (vicinal, de bairro e setorial) e comércio e serviço específico 1. Não existe limitação de altura máxima. Para a via central é permitido a ocupação de 100% do terreno no térreo e no primeiro pavimento, nos demais pavimentos é reduzida a até 50%; nas vias externas a ocupação do térreo e primeiro pavimento até 75%, nos demais até 50%.
SE-BR-116	Setor Especial da BR-116. Vai desde o trevo do Atuba até a Av. Winston Churchill, são permitidas atividades comerciais e de prestação de serviços, além de habitação coletiva, institucional e transitória em até seis pavimentos. O coeficiente de aproveitamento é igual a um, podendo chegar a dois nos lotes onde se pretende uma reciclagem dos usos existentes geradores de tráfego pesado e a taxa de ocupação é de até 50%. Nos pólos a altura é livre.
ZR-SF (Zona residencial de Santa Felicidade)	Permitidas habitações unifamiliares e habitações unifamiliares em série, atendida a fração mínima de terreno de 300,00 m ² , habitação institucional e uso comunitário 1, comércio 1 e 2, serviço vicinal 1 e 2 e indústria 1 com porte de 100 m ² . Altura máxima de dois pavimentos, coeficiente de aproveitamento igual a 1 e a taxa de ocupação 50%.
ZT-NC (Zona de transição Nova Curitiba, entre o Setor Especial Nova Curitiba e os zoneamentos confrontantes)	São permitidas habitação coletiva e habitação institucional até seis pavimentos e também comércio e serviço vicinal, uso comunitário 1 e indústria 1 com altura máxima de dois pavimentos e porte máximo de 100 m ² nos lotes com testada para as vias externas da zona até a profundidade de 100 m. Nos demais lotes

	para os usos habitacionais a altura máxima permitida é quatro pavimentos. Para todos os terrenos o coeficiente de aproveitamento é 1 e a taxa de ocupação 50%.
SC-SF (Setor e Especial Comercial de Santa Felicidade)	Compreendem áreas destinadas à implantação de atividades comerciais e de prestação de serviços visando o atendimento do bairro ou região, sendo também permitidos habitação coletiva, institucional e transitória, e usos comunitários, em dois pavimentos, coeficiente de aproveitamento igual a 1 e taxa de ocupação 50%.
SE-NC (Setor Especial da Nova Curitiba)	Constitui-se num eixo de desenvolvimento urbano de ocupação mista, localizado no prolongamento oeste do Setor Estrutural Norte, caracterizado por um sistema trinário como o do Setor Estrutural. Os usos permitidos são semelhantes aos do Setor Estrutural com altura livre e coeficiente de aproveitamento igual a 2, sendo a taxa de ocupação 60% no subsolo e 50% nos demais pavimentos. Nos pólos de integração deve ser garantida faixa contínua de comércio e serviços de acordo com o Decreto 191/2000.
APA - PASSAÚNA (ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO PASSAÚNA)	A criação do Parque Municipal do Passaúna e a implantação da Área de Proteção Ambiental foram efetivadas pelo Decreto 80/91. O objetivo da APA Passaúna é assegurar a proteção ambiental da região do manancial e do respectivo entorno do lago, do Rio Passaúna e de seus afluentes, garantindo a potabilidade da água coletada para consumo da população da Região Metropolitana de Curitiba. O Parque Municipal do Passaúna é constituído por áreas de interesse paisagístico lindeiras ao lago, servindo como uma opção de lazer para a população. Atualmente a APA Passaúna é regulamentada pelo Decreto 193/2000 que estabelece os seguintes setores: Setor de inundação, Setor de Proteção Máxima, Setor de Ocupação Restrita e Setor de Ocupação Diferenciada. Dentro desta área também estão a ZOO - Zona de Ocupação Orientada e ZUC II - Zona de Urbanização Consolidada de que são zonas que possuem ocupação anterior à criação da APA ou áreas de ocupação irregular.

APÊNDICE 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS QUINZE ÁRVORES MAIS CORTADAS NA CIDADE DE CURITIBA

Bairros	Espécie/Nº														
	Tipuana	Alfeneiro	Folhosa	Cinamomo	Palmeira	Koeleutéria	Ipê	Angico	Araucária	Dedaleiro	Acer	Monjoleiro	Extremosa	Aroeira	Cassia
ABRANCHES	6	3	6	2	4	2	11	20	3	2	10	3	1		
AGUA VERDE	37	43	32	19	15	34	4	4	10	9	10	5	11	10	4
AHU	15	16	10	3	3	3	4	4	3	4	2	4		4	2
ALTO BOQUEIRAO	44	31	26	13	6	8	10	4	7	3	5	1	2	2	6
ALTO DA GLORIA	9	4	4	1		2				1	1		10		
ALTO DA RUA XV	10	11	10	3	8	1	2	1	1	2	2			1	3
ATUBA	5	3	4	1		1	1		1						
AUGUSTA	2	2	1		1	1	1			3			1	1	
BACACHERI	21	8	17	3	2	3	2	3	5	6	1	2		2	
BAIRRO ALTO	11	12	19	5	14	3	2	4	1	1	6	2	3	1	6
BARREIRINHA	3	11	9	4	1	2	1	6	2	2	2	2	2		2
BATEL	13	11	5	2	4	3	2	2	2	2	3	2	1	3	2
BIGORRILHO	9	23	12	4	1	4	4	3	2	2	2				
BOA VISTA	33	20	14	7	4	4	7	2	4	6	2	4	2	1	8
BOM RETIRO	20	29	20	9	5	5	4	2	4	3	3	6	1	4	6
BOQUEIRAO	63	61	56	22	21	20	23	9	14	14	11	13	11	8	8
BUTIATUVINHA	1	4	3			8	4	2	1	1	1			1	2
CABRAL	1	6	4					3		2		3		1	
CACHOEIRA	4	1		2			1		1	1				1	
CAJURU	41	49	37	18	5	9	8	4	8	13	9	2	6	9	6
CAMPINA DO SIQUEIRA	2	6	3	3			1	1	1	1	2		1	1	
CAMPO COMPRIDO	13	12	9	2	7		1	3	1	2	3	3	2	1	2
CAMPO DE SANTANA	3	1	1	2	1		1				2	1		1	
CAPAO DA IMBUIA	10	9	9	2	10	9	6	1	3	9	1	1		3	2
CAPAO RASO	9	19	12	6	4	1	5		4	6	4	3	1	3	1
CASCATINHA	2	2	5	1	2	1	1	1	1			1		1	1
CAXIMBA															
CENTRO	19	13	18	4	1	6	4	1	7	5	4				4
CENTRO CIVICO	4	3	4	3	1	5			1		1		1	1	
CIC	51	44	43	12	22	10	11	9	13	15	9	4	2	3	6
CRISTO REI	4	8	7	5		1	1	1	1					1	2

FANNY	10	5	7	3	7	2	1	2	1	3	1	2
FAZENDINHA	16	17	12	2	2	4	1	3	4	5	1	2
GANCHINHO	2	2	1	1	2	4	1	2	4	3	4	2
GUABIROTUBA	24	23	21	4	4	6	1	4	4	4	2	5
GUAIRA	7	6	7	1	6	1	2	1	2	1	2	3
HAUER	17	17	12	8	5	6	2	1	5	1	4	5
HUGO LANGE	12	8	13	3	5	5	1	1	4	4	1	2
JARDIM BOTANICO	1	10	2	1	1	3	1	2	1	1	2	1
JARDIM DAS AMERICAS	9	14	16	7	4	6	5	2	1	4	4	1
JARDIM SOCIAL	4	13	8	7	4	3	1	2	2	4	5	1
JUVEVE	13	6	10	8	3	1	3	1	1	4	2	2
LAMENHA PEQUENA												
LINDOIA	1	5	2	16	7	15	6	2	15	2	1	2
MERGES	30	27	23	2	10	10	10	8	2	3	5	6
MOSSUNGUE	4	3	1	2	1	2	1	2	2	1	3	1
NOVO MUNDO	16	20	20	9	4	7	5	4	1	4	2	4
ORLEANS	5	2	1	1	5	3	5	3	3	4	1	4
PAROLIN	4	11	5	3	1	3	1	1	3	1	1	3
PILARZINHO	23	14	15	6	3	7	1	4	6	2	1	2
PINHEIRINHO	32	18	10	7	4	3	5	3	1	4	5	4
PORTAO	24	25	21	7	11	10	9	5	5	12	3	5
PRADO VELHO	7	4	4	3	1	3	4	4	2	3	4	2
REBOUCAS	12	13	9	2	2	4	4	4	3	4	1	3
RIVIERA												
SANTA CANDIDA	9	12	7	3	5	2	2	6	9	1	1	2
SANTA FELICIDADE	19	16	15	5	1	3	3	1	3	2	1	1
SANTA QUITERIA	16	11	11	6	3	3	2	2	2	1	1	3
SANTO INACIO	1	3	3	1	7	4	1	1	1	1	1	1
SAO BRAZ	13	10	4	2	6	2	1	1	1	3	1	3
SAO FRANCISCO	10	9	9	6	12	2	2	3	3	1	1	1
SAO JOAO	1	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1
SAO LOURENCO	6	5	11	1	4	2	3	1	1	1	1	1
SAO MIGUEL												
SEMINARIO	5	6	9	2	1	5	2	1	5	1	1	1
SITIO CERCAO	40	44	31	14	8	17	9	7	11	5	3	9

TABOAO	3	2	8		1	1	1	3		2		1	
TARUMA	4	3	4		2	3	1	1		1		1	
TATUQUARA	5	7	4	8	1	3	1	1		2		1	
TINGUI	10	5			1	2	1					1	
UBERABA	25	13	3	4	6	3	5	3	5	5	3	1	
UMBARA	3	2	1					1				1	
VILA IZABEL	12	13	5	1	10	2	7	4	2	3	2	1	
VISTA ALEGRE	14	16	1	2	3	3	4	5	2	2	3	3	
XAXIM	19	22	10	14	13	6	3	5	4	4	8	4	
TOTAL	950	940	328	272	271	261	181	193	165	117	143	131	147

**APÊNDICE 3- TESTE DE IGUALDADE DE MÉDIAS DOS GRUPOS DE RISCO DO
A. NEGUNDO**

	lâmbda de Wilks	F	df1	df2	Valor-p
Espécie	. ^a				
Histórico suscetibilidade a praga	. ^a				
Histórico reação a poda	. ^a				
Histórico tombamento	. ^a				
Altura	. ^a				
Altura bifurcação	. ^a				
Dcopa	0,991	0,552	2	117	0,577
Inclinação tronco	0,997	0,180	2	117	0,836
Área permeável	0,984	0,979	2	117	0,379
Tipo de raiz	0,984	0,979	2	117	0,379
Condição geral da raiz	0,978	1,346	2	117	0,264
Condição geral do colo	0,635	33,586	2	117	0,000
Condição geral do tronco	0,342	112,590	2	117	0,000
Condição geral da copa	0,482	62,830	2	117	0,000
Distância árvore- meio fio	0,995	0,281	2	117	0,756
Distância árvore- muro	0,928	4,559	2	117	0,012
Recuo	. ^a				
Largura da calçada	. ^a				
Espaçamento	0,987	0,767	2	117	0,467
Canteiro	0,992	0,477	2	117	0,622
Tipo de edificação	0,974	1,543	2	117	0,218
Tipo de via urbana	0,986	0,821	2	117	0,442
Fluxo veículo	0,969	1,881	2	117	0,157
Fluxo de pessoas	0,973	1,615	2	117	0,203
Fluxo geral	0,674	28,352	2	117	0,000
Quebra a calçada	0,803	14,372	2	117	0,000
Dap	0,946	3,366	2	117	0,038

NOTA: a= Não pode ser calculado porque esta variável é uma constante.

LEGENDA: df= grau de liberdade; Valor – p = probabilidade de significância

**APÊNDICE 4 - TESTE DE IGUALDADE DE MÉDIAS DOS GRUPOS DE RISCO DA
T. TIPU**

	lâmbda de Wilks	F	df1	df2	Valor- <i>p</i>
Espécie	. ^a				
Histórico suscetibilidade a praga	. ^a				
Histórico reação a poda	. ^a				
Histórico tombamento	. ^a				
Altura	0,975	1,503	2	117	0,227
Altura bifurcação	. ^a				
Dap	0,992	0,500	2	117	0,608
Dcopa	0,934	4,142	2	117	0,018
Quebra a calçada	0,817	13,131	2	117	0,000
Área permeável	0,937	3,952	2	117	0,022
Condição geral da raiz	0,997	0,197	2	117	0,822
Condição geral do tronco	0,726	22,105	2	117	0,000
Condição geral da copa	0,792	15,384	2	117	0,000
Distância árvore- meio fio	0,996	0,215	2	117	0,807
Distância árvore- muro	. ^a				
Recuo	. ^a				
Condições canteiro	. ^a				
Tipo de edificação	0,993	0,391	2	117	0,677
Tipo de via urbana	0,924	4,830	2	117	0,010
Fluxo veículo	0,912	5,632	2	117	0,005
Fluxo de pessoas	0,988	0,702	2	117	0,498
Fluxo geral	0,818	12,986	2	117	0,000
Inclinação tronco	0,870	8,744	2	117	0,000
Condição geral do colo	0,875	8,384	2	117	0,000

NOTA: Não pode ser calculado porque esta variável é uma constante.

LEGENDA: df= grau de liberdade; Valor- *p*= probabilidade de significância

ANEXO

ANEXO 1- DESCRIÇÃO DAS REGIONAIS DA CIDADE DE CURITIBA

Regionais	Bairros	Principais Características
Bairro Novo	Ganchinho, Sítio Cercado e Umbará	<p>Área total de 4.500,83 ha (10,35% do território de Curitiba). Regional menos populosa com 145.433 habitantes (8,30% do total do Município). Tipos de zoneamentos Sítio Cercado possui ZR1, ZR-2, SEHIS e SE-LE. Umbará é atingido pela APA-IGUAÇÚ, SC-U, ZS-2, ZR-OC e a ZR-U Ganchinho possui a APA-IGUAÇÚ, ZROC, ZR-2 e o SEHIS. Cada um destes setores e zonas possui diferentes características de ocupação e uso do solo (DESCRITO NO APÊNDICE 1).</p>
Boa Vista	Abranches, Atuba, Bacacheri, Bairro Alto, Barreirinha, Boa Vista, Cachoeira, Pilarzinho, Santa Cândida, São Lourenço, Taboão, Tarumã e Tingui	<p>Área total da Regional é de 6.251 ha (14,39% do território de Curitiba). É a segunda maior regional, com 248.698 habitantes (14,20% do total do Município). O zoneamento predominante nesta regional é a ZR-2 (51%) (DESCRITO NO APÊNDICE 1).</p>
Boqueirão	Alto Boqueirão, Boqueirão, Hauer e Xaxim	<p>Área total da Regional é de 3.980,66 ha (9,2% do território de Curitiba) A Regional Boqueirão tem uma população de 197.346 habitantes (11,26% do total do Município). Tipos de zoneamentos Alto boqueirão possui ZR-2 Boqueirão possui ZR-2 Hauer possui ZT-MF (DESCRITO NO APÊNDICE 1).</p>
Cajuru	Uberaba, Cajuru, Capão da Imbuia, Jardim das Américas e Guabirota	<p>Área total da Regional é de 3.576,48 ha (8,23% do território de Curitiba) A regional Cajuru tem uma população de 215.503 habitantes (11,26% do total do Município). O zoneamento predominante é a ZR-2 que, com mais de 11 milhões de metros quadrados, ocupa 22% da regional. A seguir destacam-se a ZR-3 e a APA-IGUAÇU, cada uma abrangendo 13% da Regional. Os outros setores e zonas ocupam os outros 52% da área (DESCRITO NO APÊNDICE 1).</p>
CIC	CIC, Augusta, São Miguel e Riviera	<p>A área total da Regional é de 6.003,73 ha (13,81% do território de Curitiba); A Regional CIC tem uma população de 171.480 habitantes (9,79% do total do Município); Os zoneamentos predominantes são a ZI que ocupa 30% da área da Regional, ZOO com 24% e o SEHIS que abrange 12% da área desta regional (DESCRITO NO APÊNDICE 1).</p>
Regionais	Bairros	Principais Características

Pinheirinho	Campo de Santana, Tatuquara, Pinheirinho, Caximba e Capão Raso	<p>A área total da Regional é de 5.659,3 hectares (13,02% do território de Curitiba). A Regional Pinheirinho tem uma população de 168.425 habitantes (9,61% do total do Município). A Regional Pinheirinho possui 17 zonas e setores: APA-IGUAÇÚ, SE-OI, ZI, ZR-OC, ZS-2, CONEC, SE-BR116, ZR-3, ZR-4, ZT-BR116, SE, SEHIS, SE-LE, ZE-M, ZR-2, ZUM e ZR-U.</p> <p>O zoneamento que predomina na Regional é a APA-IGUAÇÚ, que cobre mais de 13 milhões de m², que corresponde a 24% da área total, em seguida vem o SE-OI com mais de 9,9 milhões de m² - 18% da área total da Regional (DESCRITO NO APÊNDICE 1).</p>
Portão	Água Verde, Campo Comprido, Fanny, Fazendinha, Guaíra, Lindóia, Novo Mundo, Parolin, Portão, Santa Quitéria e Vila Izabel	<p>A área total da Regional Portão é de 3.382,12 ha (7,78% do território de Curitiba). É a menor regional da cidade em extensão territorial. A Regional Portão é a segunda mais populosa com 243.506 habitantes, correspondendo a 13,90% do total do Município. A Regional Portão tem treze zonas e setores: ZE-D, ZR-1, ZR-2, ZR-3, ZR-4, ZT-BR116, CONEC, SE, SE-BR116, SE-MF, SE-WB, SEHIS E ZI. Nesta regional o zoneamento predominante é a ZR-3 que com mais de 15.000.000 de metros quadrados corresponde a 45% da área da Regional. A ZR-4 vem a seguir com 17% da área total, o SE e CONEC abrange, cada um, 8% da área total. Os demais setores juntos correspondem a 22% da Regional (DESCRITO NO APÊNDICE 1).</p>
Santa Felicidade	Butiatuvinha, Campina do Siqueira, Campo Comprido, Cascatinha, CIC, Lamenha Pequena, Mossunguê, Orleans, Santa Felicidade, São Braz, Santo Inácio, São João, Seminário e Vista Alegre	<p>A área total da Regional Santa Felicidade é de 6.519,07 ha (15% do território de Curitiba). É a maior Regional da cidade em extensão territorial. A Regional Santa Felicidade tem uma população de 155.794 habitantes (8,89% do total do Município). A Regional de Santa Felicidade possui 16 zonas e setores: CONEC, ZR-1, ZR-2, ZR-3, ZR-4, SE, SE-NC, SC-SF ZT-NC, ZR--SF, ZS-1, ZR-OC, Z-CON e a APA-PASSAÚNA que engloba a ZOO, ZR-P E ZUC II.</p> <p>O zoneamento predominante nesta regional é a ZR-2. Com mais de 12 milhões de metros quadrados, ela ocupa 20% da área da Regional. A segunda maior zona é a ZOO, que abrange 18% da área total. A ZR-SF é a terceira maior área. Com mais de 9 milhões de metros quadrados, ela ocupa 15% da área desta regional (DESCRITO NO APÊNDICE 1).</p>

