

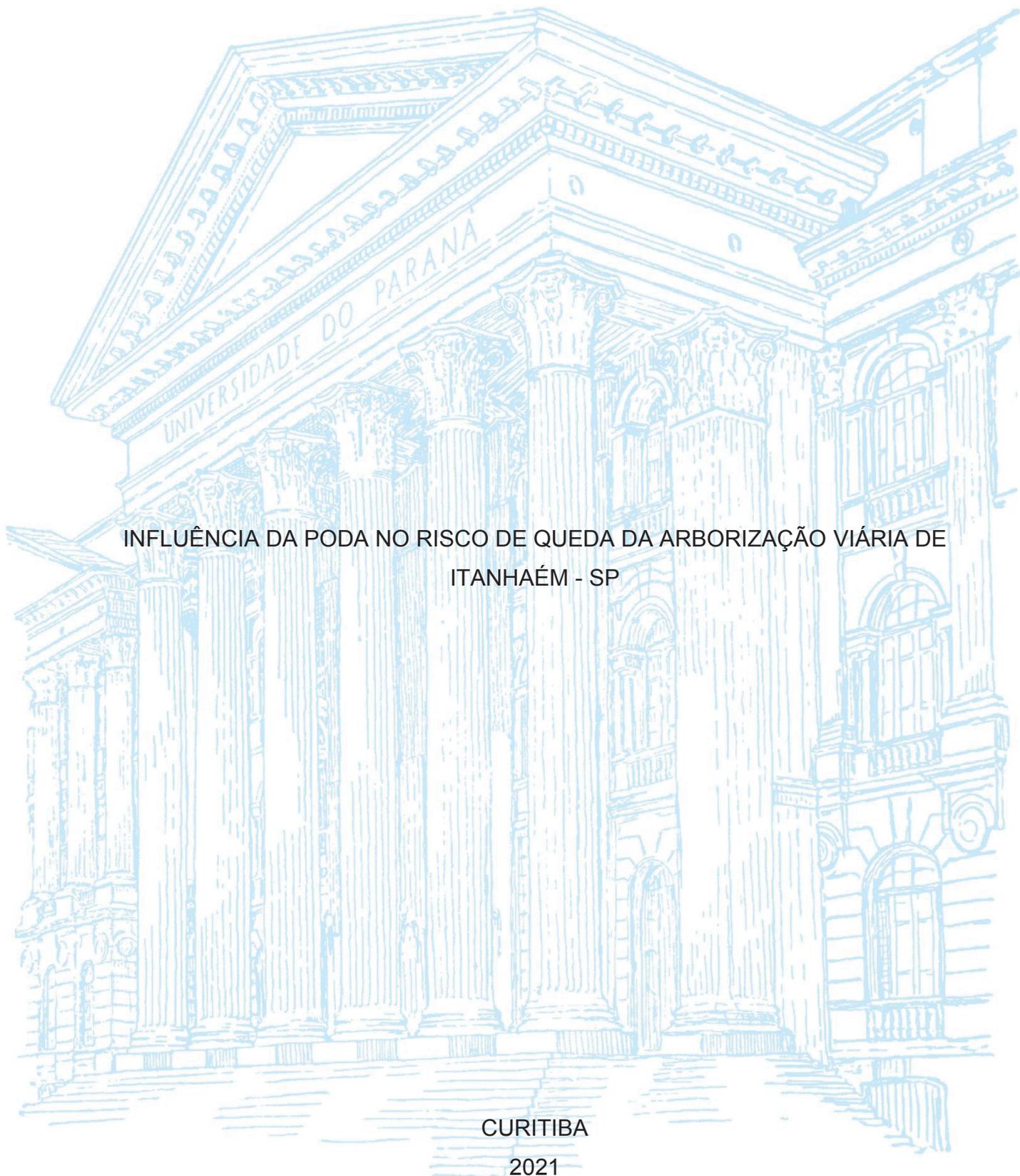
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TAMARA RIBEIRO BOTELHO DE CARVALHO MARIA

INFLUÊNCIA DA PODA NO RISCO DE QUEDA DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA DE  
ITANHAÉM - SP

CURITIBA

2021



TAMARA RIBEIRO BOTELHO DE CARVALHO MARIA

INFLUÊNCIA DA PODA NO RISCO DE QUEDA DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE  
ITANHAÉM – SP

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Florestal, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dra. Daniela Biondi.

Coorientadores: Prof. Dr. Alexandre Behling  
Prof. Dr. Nilton José Sousa

CURITIBA

2021

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

Maria, Tamara Ribeiro Botelho de Carvalho

Influência da poda no risco de queda da arborização viária de Itanhaém – SP / Tamara Ribeiro Botelho de Carvalho Maria. – Curitiba, 2021.

132 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Biondi Batista

Coorientadores: Prof. Dr. Alexandre Behling

Prof. Dr. Nilton José Sousa

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

Defesa: Curitiba, 20/08/2021.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Árvores – Poda – Itanhaém (SP). 2. Arborização das cidades – Itanhaém (SP). 3. Poda. 4. Modelos matemáticos. 5. Dendrometria. 6. Teses. I. Batista, Daniela Biondi. II. Behling, Alexandre. III. Sousa, Nilton José. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.24(815.6)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
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 **TAMARA RIBEIRO BOTELHO DE CARVALHO MARIA** intitulada: **INFLUÊNCIA DA PODA NO RISCO DE QUEDA DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA DE ITANHAÉM - SP**, sob orientação da Profa. Ma. **DANIELA BIONDI BATISTA**, que após terem inquirido a aluna e realizada 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, 20 de Agosto de 2021.

Assinatura Eletrônica  
23/08/2021 13:58:14.0  
DANIELA BIONDI BATISTA  
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica  
23/08/2021 12:59:06.0  
ANGELINE MARTINI  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA)

Assinatura Eletrônica  
23/08/2021 19:55:30.0  
LUCIANA LEAL  
Avaliador Externo (COPEL DISTRIBUICAO S A)

Assinatura Eletrônica  
24/08/2021 11:19:34.0  
EVERALDO MARQUES DE LIMA NETO  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE  
PERNAMBUCO)

Assinatura Eletrônica  
23/08/2021 19:47:06.0  
ROGERIO BOBROWSKI  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE)

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus e todos os meus anjinhos de luz que me guiaram durante toda esta jornada.

À minha orientadora, professora Dra. Daniela Biondi, que sempre foi um exemplo e referência na pesquisa brasileira em arborização urbana, por me acolher de braços abertos, por acreditar no meu potencial e me incentivar cada vez mais à pesquisa.

Aos professores Dr. Alexandre Behling e Nilton José de Sousa pela coorientação, direcionando as ideias e metodologias desta pesquisa, pelas contribuições e ensinamentos compartilhados, para que esse trabalho se concretizasse.

À minha família que foi fundamental para que esta pesquisa se concretizasse, que por muitas vezes transpassaram o apoio emocional nos bastidores e se tornaram minha equipe de campo.

Aos colegas de laboratório, por todos os momentos compartilhados, por conselhos, ensinamentos, pela companhia acadêmica e pessoal ao longo dos últimos anos.

Às amigas e amigos, de Curitiba e de Itanhaém, que sempre me apoiaram e me incentivaram a voar mais alto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, por possibilitar o desenvolvimento deste trabalho e à Capes pela bolsa de estudo concedida para realização desta pesquisa.

Aos funcionários Reinaldo e David por todo suporte e colaboração.

À Deus e meu anjo da guarda, pela proteção da minha saúde física e emocional que me possibilitaram encerrar mais um ciclo incrível na minha vida.

## RESUMO

A floresta urbana brasileira é, em sua grande maioria, composta por uma vegetação implantada de forma inadequada, apresentando conflitos com o mobiliário urbano (calçadas, telhados e fiação), e sofrendo com podas realizadas com intensidade, frequência e técnicas inadequadas, contribuindo com o aumento do risco de queda. A avaliação do risco de queda de árvores, permite identificar os elementos que comprometem a qualidade das árvores, entretanto, no Brasil, é indicada a aplicação de extensos protocolos de análise visual, que apresentam certa complexidade e subjetividade devido à necessidade de identificar a presença e intensidade dos problemas. Assim, essa pesquisa teve por objetivo avaliar a influência da poda no risco de queda de árvores, a partir da criação de modelos de predição do risco de queda. A pesquisa foi realizada na floresta urbana do município de Itanhaém, por meio da avaliação de 230 árvores das três espécies arbóreas mais frequentes nas calçadas do município: *Terminalia catappa*, *Ficus benjamina* e *Delonix regia*. Foram avaliadas as características dendrométricas das árvores (CAP, altura total, altura de bifurcação e diâmetro de copa), espaciais (largura da calçada e área livre do canteiro), identificação da presença e modalidade de poda, e determinada a classificação do risco de queda por meio da combinação entre a probabilidade de falha da árvore (determinada pela quantificação de problemas estruturais e fitossanitários) e os alvos e efeitos colaterais da queda. Posteriormente, para determinar a influência da poda no risco de queda das árvores, foi realizada a análise da associação entre a poda e as variáveis que compõe o risco de queda por meio do algoritmo *Apriori*, e determinadas as principais variáveis de classificação para predição do risco de queda pela análise de discriminantes e pela árvore de decisão. Os resultados demonstraram que 79% das árvores foram podadas, sendo a poda de redução a modalidade mais frequente (45%). A maioria das árvores estavam localizadas em calçadas com largura entre 2,2 e 5,0 m, e com área de canteiro menor que 1,0 m<sup>2</sup>. Os principais problemas encontrados foram os galhos secos e brotações epicórmicas na copa, galhas e rachaduras no tronco e as raízes superficiais e adventícias. A maioria das árvores sem poda foram classificadas com baixo risco de queda (62,7%), enquanto que a maioria das árvores com poda foi classificada com risco médio de queda (61,4%). Segundo a associação *Apriori* a poda esteve associada às brotações epicórmicas, galhos secos, cupins e raízes superficiais. A árvore de decisão realizada para toda a amostra, classificou corretamente 75,65% das árvores, e demonstrou que 13 atributos são suficientes para classificação do risco, entre eles a poda de raiz e a modalidade de poda na copa. A análise discriminante realizada para toda amostra, classificou corretamente 78,7% das árvores e demonstrou que 13 atributos são suficientes para classificação, entre eles a presença da poda na copa e na raiz. Conclui-se que a poda contribui para o risco de queda das árvores no município de Itanhaém.

Palavras-chave: Arborização urbana. Análise visual do risco de queda. Modalidade de poda. Inteligência artificial. Modelos de predição.

## ABSTRACT

The Brazilian urban forest is, for the most part, composed of inadequately implanted vegetation, presenting conflicts with urban furniture (sidewalks, roofs and wiring), and suffering from pruning carried out with intensity, frequency and inadequate techniques, contributing to the increased risk of falling. The assessment of the risk of falling trees allows the identification of elements that compromise the quality of trees, however, the assessment of the risk of falling in Brazil is often carried out by extensive visual analysis protocols, which present some complexity due to the need to identify the presence and intensity of defects. Thus, this research aimed to evaluate the influence of pruning on the risk of falling trees, based on the creation of a new fall risk assessment protocol. The research was carried out in the urban forest of Itanhaém, through the evaluation of 230 trees of the three most frequent species in the municipality, *Terminalia catappa*, *Ficus benjamina* and *Delonix regia*. The trees were evaluated for dendrometric characteristics (DBH, total height, bifurcation height and crown diameter) and spatial characteristics (sidewalk width and free area of the bed), identification of the presence and modality of pruning, and the classification of the tree risk by combining the probability of tree failure (determined by the identification of structural and phytosanitary defects) and the targets and side effects of the fall. Subsequently, to determine the influence of pruning on the tree risk, an analysis of the association between pruning and the variables that make up the risk was performed by the Apriori algorithm, and the main classification variables for predicting the risk were determined by discriminant analysis and by the decision tree. The results showed that 79% of the trees were pruned, with reduction pruning being the most frequent modality (45%). Most of the trees were located on sidewalks with a width between 2.2 and 5.0 m, and with a bed area less than 1.0 m<sup>2</sup>. The main defects found in the trees were dry branches and epicormic shoots on the crown, galls and cracks on the trunk and superficial and adventitious roots. Most trees without pruning were classified as having a low risk of falling (62.7%), while most trees with pruning were classified as having medium risk of falling (61.4%). According to the Apriori association, pruning was associated with epicormic shoots, dry branches, termites and superficial roots. The decision tree carried out for the entire sample correctly classified 75.6% of the trees and demonstrated that 14 attributes are sufficient for risk classification, including root pruning and canopy pruning. The discriminant analysis performed for the entire sample correctly classified 78.7% of the trees and demonstrated that 13 attributes are sufficient for classification, including the presence of pruning at the crown and at the root. It is concluded that pruning contributes to the risk of falling trees in Itanhaém.

Keywords: Urban forest. Tree risk assessment. Pruningtype. Artificial intelligence. Prediction models.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ITANHAÉM-SP..	35
FIGURA 2 - VARIÁVEIS MÉTRICAS MENSURADAS QUANTO AS CARACTERÍSTICAS DAS ÁRVORES E DO MEIO FÍSICO.....	39
FIGURA 3 - PROTOCOLO UTILIZADO PARA ANÁLISE VISUAL DO RISCO DE QUEDA.....	42
FIGURA 4 - MODALIDADE DE PODAS REALIZADAS NAS ÁRVORES.....	49
FIGURA 5 - DIFERENTES CLASSIFICAÇÕES DE ÁREA DE COPA DE <i>Terminalia catappa</i> A) ÁREA DE COPA GRANDE; B) ÁREA DE COPA PEQUENA.....	50
FIGURA 6 - CLASSES DE AREA DE COPA DE <i>Terminalia catappa</i> .....	51
FIGURA 7 - CLASSES DE DAP DE <i>Terminalia catappa</i> .....	51
FIGURA 8 - CLASSIFICAÇÃO DO PORTE EM ALTURA DE <i>Terminalia catappa</i> EM ÁRVORES COM PODA E SEM PODA.....	52
FIGURA 9 - CLASSIFICAÇÃO DA ALTURA DE BIFURCAÇÃO DE <i>Terminalia catappa</i> .....	53
FIGURA 10 - CLASSES DE DIÂMETRO DE <i>Ficus benjamina</i> .....	54
FIGURA 11 -VARIAÇÃO DE DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO DE <i>Ficus benjamina</i> EM A) ÁRVORE PODADA; B) ÁRVORE NÃO PODADA.	54
FIGURA 12 -- ALTURA DE <i>Ficus benjamina</i> ALTERADA PELA PODA.....	55
FIGURA 13 -CLASSIFICAÇÃO DO PORTE EM ALTURA DE <i>Ficus benjamina</i> ..	55
FIGURA 14 -CLASSIFICAÇÃO DA ALTURA DE BIFURCAÇÃO DE <i>Ficus benjamina</i> .....	56
FIGURA 15 -CLASSES DE ÁREA DE COPA DE <i>Ficus benjamina</i> .....	56
FIGURA 16 -PODA UNILATERAL EM <i>Delonix regia</i> .....	57
FIGURA 17 -ALTURA DE BIFURCAÇÃO DE <i>Delonix regia</i> .....	58
FIGURA 18 -VARIAÇÃO DE ÁREA DE COPA DE <i>Delonix regia</i> .....	59
FIGURA 19 -CLASSES DE AREA DE COPA DE <i>Delonix regia</i> .....	59
FIGURA 20 -CLASSIFICAÇÃO DO PORTE DE <i>Delonix regia</i> .....	60
FIGURA 21 -CLASSES DE DAP DE <i>Delonix regia</i> .....	61
FIGURA 22 -CLASSIFICAÇÃO DA LARGURA DE CALÇADA DAS ÁRVORES AVALIADAS EM RELAÇÃO AS PRÁTICAS DE PODAS.....	62

FIGURA 23 -VARIAÇÃO DA LARGURA DE CALÇADA DAS ÁRVORES DE <i>Ficus benjamina</i> PARA A) ÁRVORE SEM PODA; B) ÁRVORE COM PODA.....	63
FIGURA 24 -CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DE CANTEIRO DAS ÁRVORES AVALIADAS.....	63
FIGURA 25 -PROBLEMAS NAS COPAS DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A PRESENÇA DE PODA NA COPA.....	65
FIGURA 26 -PROBLEMAS NOS TRONCOS DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A PRESENÇA DE PODA NA COPA.....	66
FIGURA 27 -PRESENÇA DE GALHA EM <i>Terminalia catappa</i> A) ESTÁGIO INICIAL; B) ESTÁGIO AVANÇADO.....	67
FIGURA 28 -PROBLEMAS NA BASE DO TRONCO E NAS RAIZES DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A PRESENÇA DE PODA NA COPA.....	68
FIGURA 29 -PROBLEMAS NAS COPAS DE <i>Terminalia catappa</i> .....	69
FIGURA 30 -PROBLEMAS ENCONTRADOS NAS COPAS DE <i>Terminalia catappa</i> A) GALHOS SECOS; B) BROTAÇÕES EPICÓRMICAS....	69
FIGURA 31 -PROBLEMAS NO TRONCO DAS ÁRVORES DE <i>Terminalia catappa</i>	70
FIGURA 32 -FORQUILHAS OU BIFURCAÇÕES EM “V”; A) COM CASCA INCLUSA; B) COM TRONCOS CODOMINANTES.....	71
FIGURA 33 -PROBLEMAS NA BASE DO TRONCO E NAS RAIZES DAS ÁRVORES DE <i>Terminalia catappa</i> .....	72
FIGURA 34 -AFLORAMENTO DE RAIZES DE <i>Terminalia catappa</i> .....	72
FIGURA 35 -VESTÍGIOS DE INSETOS XILÓFAGOS EM <i>Terminalia catappa</i> A) GALERIAS COM PÓ DE MADEIRA; B) ORIFÍCIO DE CÂMARA PUPAL; C) NINHO ARBORÍCOLA.....	73
FIGURA 36 -VESTÍGIOS DE <i>Microcerotermes</i> A) TUNÉIS COM PÓ DE MADEIRA; B) INSETOS DENTRO DO TUNEL; C) NINHO ARBORÍCOLA.....	74
FIGURA 37 -FORMIGA DO GÊNERO <i>Camponotus</i> EM <i>Terminalia catappa</i> .....	74
FIGURA 38 - <i>Xylocopa</i> sp. EM ÁRVORES DE <i>Terminalia catappa</i> .....	75

FIGURA 39 -PROBABILIDADE DE FALHA DAS ÁRVORES DE <i>Terminalia catappa</i> DE ACORDO COM A PODA NA COPA.....	75
FIGURA 40 -PROBLEMAS NA COPA DAS ÁRVORES DE <i>Ficus benjamina</i> .....	76
FIGURA 41 -PROBLEMAS FREQUENTES EM <i>Ficus benjamina</i> ; A) BROTAÇÕES EPICÓRMICAS; B) DESEQUILIBRIO DA ÁRVORE.....	77
FIGURA 42 -PROBLEMAS NO TRONCO DAS ÁRVORES DE <i>Ficus benjamina</i>	77
FIGURA 43 -PRESENÇA DE RACHADURAS EM <i>Ficus benjamina</i> A) NA BIFURCAÇÃO; B) AO LONGO DO TRONCO.....	78
FIGURA 44 -EXEMPLAR DE <i>Ficus benjamina</i> SEM PODA E COM INCLINAÇÃO DE 25°.....	78
FIGURA 45 -EXEMPLARES DE <i>Ficus benjamina</i> COM LESÃO NO TRONCO...	79
FIGURA 46 -PROBLEMAS NA BASE DO TRONCO E NAS RAIZES DAS ÁRVORES DE <i>Ficus benjamina</i> .....	80
FIGURA 47 -RAÍZES ADVENTÍCIAS DE <i>Ficus benjamina</i> A) NOS GALHOS; B) NO TRONCO.....	81
FIGURA 48 -SINTOMAS DE ENCARQUILHAMENTO E CLOROSE NAS FOLHAS DE <i>Ficus benjamina</i> CAUSADOS POR TRIPES.....	81
FIGURA 49 -PROBABILIDADE DE FALHA DAS ÁRVORES DE <i>Ficus benjamina</i> DE ACORDO COM A PRESENÇA DE PODA NA COPA	82
FIGURA 50 -PROBLEMAS NAS COPAS DE <i>Delonix regia</i> .....	83
FIGURA 51 -COPA DE <i>Delonix regia</i> COM FOLHAGEM RALA.....	84
FIGURA 52 -PROBLEMAS NOS TRONCOS DE <i>Delonix regia</i> .....	84
FIGURA 53 - ÁRVORES DE <i>Delonix regia</i> COM TRONCO INCLINADO.....	85
FIGURA 54 -PROBLEMAS NA BASE E RAIZES DE <i>Delonix regia</i> .....	85
FIGURA 55 -OCORRÊNCIA DE CUPINS EM <i>Delonix regia</i> A) NA BASE DO TRONCO E RAIZES; B) NO TRONCO.....	86
FIGURA 56 -PRESENÇA DE CORPOS DE FRUTIFICAÇÃO DE FUNGOS EM <i>Delonix regia</i> .....	87
FIGURA 57 -PROBABILIDADE DE FALHA DAS ÁRVORES DE <i>Delonix regia</i> DE ACORDO COM A PODA NA COPA.....	87
FIGURA 58 -CLASSIFICAÇÃO DOS ALVOS DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A ESPÉCIE E A PODA NA COPA.....	88

FIGURA 59 - CLASSIFICAÇÃO DOS EFEITOS COLATERAIS DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A ESPÉCIE E A PODA NA COPA.....	89
FIGURA 60 - CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A PODA NA COPA.....	90
FIGURA 61 - CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES POR ESPÉCIE DE ACORDO COM A PODA NA COPA.....	91
FIGURA 62 - MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES.....	94
FIGURA 63 - ÁRVORE DE DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES DE <i>Terminalia catappa</i> .....	97
FIGURA 64 - MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES DE <i>Ficus benjamina</i> .....	100
FIGURA 65 - MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES DE <i>Delonix regia</i> .....	102
FIGURA 66 - DIAGRAMA DE DISPERÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES.....	105
FIGURA 67 - DIAGRAMA DE DISPERÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Terminalia catappa</i> ..	109
FIGURA 68 - DIAGRAMA DE DISPERÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Ficus benjamina</i> .....	112
FIGURA 69 - DIAGRAMA DE DISPERÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Delonix regia</i> .....	115
FIGURA 70 - PORCENTAGEM DE ACERTO DOS MÉTODOS DE PREDIÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES.....	116

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E ESPACIAIS.....	40
TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DA PROBABILIDADE DE FALHA DA ÁRVORE.....	44
TABELA 3 - CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA CADA MÉTODO.....	47
TABELA 4 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA E VARIABILIDADE DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS EM <i>Terminalia catappa</i> .....	50
TABELA 5 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA E VARIABILIDADE DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS EM <i>Ficus benjamina</i> .....	52
TABELA 6 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA E VARIABILIDADE DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS EM <i>Delonix regia</i>	58
TABELA 7 - ASSOCIAÇÃO <i>APRIORI</i> ENTRE A PODA E OS PROBLEMAS QUE CONTRIBUEM PARA PROBABILIDADE DE FALHA DAS ÁRVORES.....	92
TABELA 8 - MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES POR MEIO DA ÁRVORE DE DECISÃO.....	95
TABELA 9 - MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Terminalia catappa</i> PELO MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO.....	98
TABELA 10 - MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Ficus benjamina</i> PELO MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO.....	101
TABELA 11 - MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Delonix regia</i> PELO MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO.....	102

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	CLASSIFICAÇÃO DOS ALVOS.....	44
QUADRO 2 -	MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DO IMPACTO DA QUEDA DE ÁRVORE SEGUNDO A PROBABILIDADE DE FALHA DA ÁRVORE E A CLASSIFICAÇÃO DOS ALVOS.....	45
QUADRO 3 -	MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES.....	45
QUADRO 4 -	AUTOVALORES PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES.....	103
QUADRO 5 -	TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES.....	103
QUADRO 6 -	COEFICIENTES DE FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS PADRONIZADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES.....	104
QUADRO 7 -	FUNÇÕES EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES	105
QUADRO 8 -	MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES PELA ANÁLISE DISCRIMINANTE.....	106
QUADRO 9 -	AUTOVALORES PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Terminalia catappa</i> .....	106
QUADRO 10 -	TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Terminalia catappa</i> .....	106
QUADRO 11 -	COEFICIENTES DE FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS PADRONIZADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Terminalia catappa</i> .....	107
QUADRO 12 -	FUNÇÕES EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Terminalia catappa</i> .....	108
QUADRO 13 -	CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Terminalia catappa</i> PELA ANÁLISE DISCRIMINANTE.....	109
QUADRO 14 -	AUTOVALORES PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Ficus benjamina</i> .....	110
QUADRO 15 -	TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Ficus benjamina</i> .....	110

QUADRO 16 - COEFICIENTES DE FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS PADRONIZADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Ficus benjamina</i> .....	110
QUADRO 17 - FUNÇÕES EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Ficus benjamina</i> .....	111
QUADRO 18 - CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Ficus benjamina</i> PELA ANÁLISE DISCRIMINANTE.....	112
QUADRO 19 - AUTOVALORES PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Delonix regia</i> .....	113
QUADRO 20 - TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Delonix regia</i> .....	113
QUADRO 21 - COEFICIENTES DE FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS PADRONIZADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Delonix regia</i> .....	113
QUADRO 22 - FUNÇÕES EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Delonix regia</i>	114
QUADRO 23 - CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE <i>Delonix regia</i> PELA ANÁLISE DISCRIMINANTE.....	115

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>20</b>
2.1 FLORESTA URBANA E A ARBORIZAÇÃO VIÁRIA .....	20
2.2 O MANEJO DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA .....	21
2.2.1 Conceito e importância.....	21
2.2.2 Poda: a prática de manejo mais comum na arborização viária .....	21
2.2.3 Organismos xilófagos: principal problema fitossanitário das árvores .....	24
2.2.3.1 Cupins .....	24
2.2.3.2 Formigas carpinteiras .....	26
2.2.3.3 Abelhas carpinteiras .....	27
2.2.3.4 Fungos xilófagos .....	28
2.3 ÁRVORES COM RISCO DE QUEDA .....	29
2.2.4 Análise do risco de queda .....	30
2.2.4.1 Protocolos de análise visual do risco de queda.....	31
2.5 ANÁLISES DE ASSOCIAÇÃO POR APRENDIZAGEM DE MÁQUINA .....	33
2.6 MÉTODOS DE PREDIÇÃO DO RISCO DE QUEDA .....	34
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>36</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	36
3.2 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES SELECIONADAS .....	37
3.2.1 <i>Terminalia catappa</i> .....	37
3.2.2 <i>Ficus benjamina</i> .....	38
3.2.3 <i>Delonix regia</i> .....	39
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	40
3.3.1 Características Dendrométricas e Espaciais .....	40
3.3.2 Presença e modalidade de poda .....	41
3.3.3 Análise visual do Risco de queda.....	42
3.3.4 Associação da poda com as variáveis de classificação do risco de queda .....	47
3.3.5 Modelos de predição do risco de queda de árvores .....	47

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS.....	50
4.1.1 <i>Terminalia catappa</i> .....	51
4.1.2 <i>Ficus benjamina</i> .....	54
4.1.3 <i>Delonix regia</i> .....	58
4.2 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO .....	62
4.3 ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES.....	65
4.3.1 Probabilidade de falha das árvores .....	65
4.3.1.1 <i>Terminalia catappa</i> .....	69
4.3.1.2 <i>Ficus benjamina</i> .....	77
4.3.1.3 <i>Delonix regia</i> .....	84
4.3.2 Alvos.....	89
4.3.3 Efeitos colaterais .....	90
4.3.4 Classificação do risco de queda.....	91
4.4 ASSOCIAÇÃO DA PODA COM AS VARIÁVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA .....	93
4.5 MODELOS DE PREDIÇÃO DO RISCO DE QUEDA .....	94
4.5.1 Árvore de Decisão .....	94
4.5.1.1 Toda a amostra .....	94
4.5.1.2 <i>Terminalia catappa</i> .....	97
4.5.1.3 <i>Ficus benjamina</i> .....	100
4.5.1.4 <i>Delonix regia</i> .....	102
4.5.2 Análise Discriminante .....	104
4.5.2.1 Toda amostra .....	104
4.5.2.2 <i>Terminalia catappa</i> .....	107
4.5.2.3 <i>Ficus benjamina</i> .....	111
4.5.2.4 <i>Delonix regia</i> .....	114
4.5.3 Seleção do melhor método de predição .....	116
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>118</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>120</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Toda vegetação implantada ou remanescente em área urbana, encontrada desde os jardins em propriedades particulares até a arborização presente em parques urbanos são considerados componentes da floresta urbana. Nas últimas décadas, foi comprovado que a floresta urbana pode proporcionar inúmeros benefícios à qualidade de vida da população, como melhoria do microclima, diminuição dos materiais poluentes dispersos e absorção da poluição, regulação hídrica local, diminuição dos problemas psíquicos além do fator estético associado à ela, o que acabou gerando um incentivo global para o correto gerenciamento da floresta urbana.

Assim como os demais elementos que compõe a urbanização das cidades, a floresta urbana deve apresentar uma gestão eficiente, que inclua etapas de planejamento, implantação, monitoramento, substituição e remoção.

Entretanto, a floresta urbana brasileira é, em sua grande maioria, composta por uma vegetação já estabelecida, plantada sem conhecimento técnico ou estudo prévio de sua arquitetura e desenvolvimento, que ao atingirem porte adulto, apresentaram conflitos com o mobiliário urbano, como as calçadas, telhados e fiação, sofrendo com podas realizadas por profissionais não qualificados, sem técnicas corretas e com intensidade e frequências inadequadas, implicando em problemas que podem comprometer as condições fitossanitárias das árvores, e aumentar o risco de queda desta árvore, colocando em risco a vida da população e o patrimônio material urbano.

Assim, tão importante quanto o planejamento de implantação de novas árvores, com condução adequada, é necessário avaliar e monitorar as árvores adultas e senis que compõe a floresta urbana, já que estas sofrem as consequências do planejamento e manejo inadequados a muitos anos.

Uma das formas de se identificar a qualidade e os riscos oferecidos pelas árvores urbanas, é pela análise de risco de queda. Este tipo de análise pode ser realizado tanto de forma invasiva, com uso de equipamentos de alto custo como a tomografia de impulso e o resistrógrafo, quanto de forma não invasiva, pela

análise visual através de protocolos de análise de risco, que demandam menor investimento dos avaliadores.

O diagnóstico do risco de queda no Brasil, é realizado quase que exclusivamente por pesquisadores, por meio da análise visual, sendo que entre os protocolos mais conhecidos estão os propostos pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (1992), por Rudi Arno Seitz (2005) e pela Sociedade internacional de Arboricultura (2013). Porém, embora a análise visual do risco de queda das árvores pelos protocolos citados apresente um menor custo aos gestores, eles apresentam certa complexidade pois consideram uma grande quantidade de problemas à serem avaliados, com a necessidade de quantificação dos problemas pela identificação da intensidade dos mesmos.

Devido à dificuldade de entendimento dos protocolos, pelos técnicos das prefeituras, os órgãos municipais responsáveis pela gestão da floresta urbana, acabam acatando a supressão da árvore no caso de qualquer indicio de problemas, sem uma avaliação que garanta a real necessidade da supressão. Tendo em vista este panorama, é importante tornar os protocolos de avaliação visual do risco de queda acessíveis aos gestores públicos, através de um protocolo de fácil entendimento, compatível com a atual realidade das árvores urbanas locais e considerando a limitação dos órgãos reguladores.

Diante do exposto, esta pesquisa seguiu duas hipóteses. A primeira hipótese considerou que a poda realizada na copa das árvores urbanas influencia o risco de queda de árvores. Enquanto que a segunda hipótese considerou que é possível otimizar os protocolos de análise visual, por meio da predição do risco de queda, selecionando as principais variáveis que contribuem para o risco de queda.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

A presente pesquisa tem por objetivo avaliar a influência da poda no risco de queda de árvores, a partir da criação de modelos preditivos para classificação do risco de queda.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar a ocorrência de poda na copa das árvores amostradas;
- b) Avaliar as características dendrométricas e do meio físico das árvores com e sem poda na copa;
- c) Avaliar os problemas que contribuem para a probabilidade de falha das árvores com e sem poda na copa;
- d) Identificar a associação entre a poda na copa e as variáveis que intensificam a potencial falha das árvores;
- e) Comparar o risco de queda das árvores com e sem poda na copa;
- f) Determinar o melhor modelo de predição para classificação do risco de queda de árvores e identificar as principais variáveis de contribuem para o risco.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 FLORESTA URBANA E A ARBORIZAÇÃO VIÁRIA

A relação íntima entre homem-natureza advém dos primórdios da humanidade, e é nesse âmbito, de necessidade da vegetação, que a sociedade atual busca cada vez mais resgatar o contato com a vegetação no meio urbano, utilizando-se das florestas urbanas (ALBERTIN et al., 2011).

O termo “floresta urbana” inclui todo tipo de vegetação existente dentro do perímetro urbano, sejam elas áreas públicas ou privadas, pequenos fragmentos florestais urbanos, áreas de preservação e/ ou conservação, naturais ou implantados (MAGALHÃES, 2006; BIONDI et al. 2015; BAUR et al., 2016;).

Pires et al. (2010) afirmam que a vegetação urbana, desempenha um conjunto importante de funções responsáveis pela melhoria da qualidade do ambiente, podendo minimizar o impacto ambiental causado pelos efeitos antrópicos da expansão das cidades.

Florestas urbanas saudáveis podem produzir bens, funções e serviços que beneficiam tanto a sociedade quanto o meio ambiente (MCPHERSON et al., 2017). Os benefícios proporcionados pela vegetação à qualidade de vida da população são muitos, dentre eles destacam-se: a melhoria do microclima (STREILING; MATZARAKIS, 2003; HAMADA; OHTA, 2010; LEAL; BIONDI; BATISTA, 2014; MARTINI, 2016), melhoria da qualidade do ar (NOWAK; CRANE; STEVENS, 2006; SELMI et al., 2016; YANG et al., 2005; VAILSHERY; JAGANMOHAN; NAGENDRA, 2013), diminuição dos casos de internações e mortalidade por sedentarismo (AKPINAR, 2016), problemas cardiovasculares (RICHARDSON; MITCHELL, 2010; SONG et al., 2017) e psicológicos (FABER TAYLOR; KUO, 2009; TAYLOR et al., 2015).

Devido aos inúmeros benefícios oriundos da floresta urbana, a arborização viária tem ganhado espaço nas gestões municipais que buscam melhorar a qualidade de vida dos seus cidadãos (ZAMPRONI; BIONDI; MARIA; LOUVEIRA, 2018). A arborização viária, compreende toda vegetação de porte arbóreo inserida linearmente nas calçadas, e ao longo de ruas e avenidas (SILVA, 2009), e por isso é a tipologia da arborização urbana pública mais

próxima da população urbana (COPEL, 2016). Entretanto, para manter as árvores urbanas saudáveis e resilientes, é necessário compreender claramente quais as condições atuais da arborização e quais os riscos à população e ao seu desenvolvimento (MCPHERSON et al., 2017).

## 2.2 O MANEJO DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA

### 2.2.1 Conceito e importância

O manejo ou manutenção das árvores compreende um compilado de técnicas para a manter as árvores saudáveis, vigorosas e compatíveis ao ambiente em que foram implantadas (LIMA NETO, 2011).

Para Biondi e Althaus (2005) as práticas para manejo das árvores urbanas podem ser diferenciadas em medidas preventivas, remediadoras e supressórias. Entre as práticas preventivas estão a irrigação, adubação, podas de formação e condução, e quando necessário, a substituição dos exemplares (PREFEITURA DA CIDADE DE RECIFE, 2013). As práticas remediadoras, tem por objetivo corrigir problemas estruturais ou fitossanitários, por exemplo por meio da poda ou de dendrocirurgias (BIONDI;ALTHAUS, 2005). Já as medidas supressórias, ocorrem quando é necessário remover a árvore do ambiente em que está inserida, ocorrendo principalmente em caso de danos irreparáveis que colocam em risco à população (BIONDI; ALTHAUS, 2005; GONÇALVES; STRINGHETA; COELHO, 2007).

### 2.2.2 Poda: a prática de manejo mais comum na arborização viária

A prática de manejo mais comum na arborização urbana, por razões de segurança ou estética, é a poda (BLOOD et al., 2016). Por este motivo, investimentos em manejo arbóreo são capazes de reduzir possíveis custos com indenizações decorrentes de danos causados pelas árvores (SKÄRBÄCK, 2007).

Gilman (2012) afirma que a poda é definida como a remoção seletiva de partes da planta com intuito de obedecer a metas e objetivos de interesse da

sociedade, como correção de estruturas danificadas ou deficientes ou prevenção de possíveis conflitos. Paiva e Gonçalves (2012) afirmam também que a prática é necessária às árvores urbanas principalmente pelos conflitos com os diferentes mobiliários e serviços urbanos, e se bem executada, não trará prejuízos à planta.

Entretanto, Velasco (2003) afirma que toda poda se trata de uma injúria a um organismo vivo, que apresenta funções, estruturas definidas além de mecanismos próprios de defesa a inimigos naturais. Assim, o uso correto e ponderado da poda é fundamental para evitar a entrada de patógenos pela exposição do lenho na secção dos cortes realizados (BRUN et al., 2007). Paiva e Gonçalves (2012) enfatizam ainda, que é de extrema importância que sejam respeitadas as técnicas e normas que garantam o bom desenvolvimento estrutural e fitossanitário da planta para que esta possa proporcionar plenamente seus benefícios sem oferecer riscos à população (PAIVA; GONÇALVES, 2012).

Segundo a ABNT NBR nº16.246, as modalidades de podas comumente utilizadas para o manejo da floresta urbana são a poda de limpeza, desrama ou raleamento, elevação e redução. Alguns autores citam também a necessidade e importância da poda de formação ou condução, realizada na fase juvenil da planta, condicionando o desenvolvimento e diminuindo a necessidade de podas de maior impacto no futuro (NUNES; PATRICIO; CORTEZ, 2010)

Gilman (2012) afirma que as boas estratégias da poda devem considerar sempre a manutenção da boa estrutura arquitetônica da árvore, os tipos adequados de corte (remoção, redução e destopo) e respeitar as técnicas de cortes que preservam as estruturas de proteção do galho (crista e colar), induzindo a boa compartimentalização da planta.

As técnicas de poda são destinadas a melhorar as condições estéticas e de desenvolvimento da planta e devem ser aplicadas desde jovem na planta, quando ainda no viveiro, e durante as fases posteriores de desenvolvimento após a implantação na cidade (PAIVA; GONÇALVES, 2012).

As principais necessidades de podas no meio urbano estão relacionadas aos conflitos direto das árvores com a rede de energia elétrica. Na maioria dos casos, a poda recomendada, para compatibilizar a arborização com a rede de energia elétrica, é a poda leve, de limpeza ou condução (MELO; LIRA FILHO; RODOLFO JUNIOR et al., 2008; SANTOS et al., 2015). Entretanto, a modalidade

de poda mais executada na arborização urbana é a poda de destopo ou poda drástica (OLIVEIRA et al., 2015; SOUZA; DODONOV; CORTEZ, 2012; TOPANOTTI et al., 2013; MORES et al., 2019).

A técnica de corte adequada deve respeitar algumas características importantes dos galhos na determinação da localização do corte, como a crista e o colar (ELEKTRO, 2019). Todo corte deve ser feito preservando a crista e o colar, que irão auxiliar na compartimentalização da ferida, diminuindo a incidência de apodrecimento da região (USDA, 1992).

A região ideal de corte, entre a crista, na parte superior da inserção do galho, e o colar, na parte inferior da inserção do galho, é formada a “zona de proteção do ramo”, onde é estabelecida uma barreira química, formada basicamente por fenóis e terpenos, que protege o tronco da ação de microrganismos que podem degradar a madeira e favorecem a compartimentalização do corte (NUNES; PATRICIO; CORTEZ, 2010). Assim, a posição ideal do corte irá influenciar diretamente no modo de compartimentalização da ferida pelas células do câmbio, sendo que cortes inclinados, que não preservem a crista e/ou o colar, apresentarão uma compartimentalização irregular (PAIVA; GONÇALVES, 2012).

O correto funcionamento do mecanismo de compartimentalização permite que o lenho exposto pelo corte da poda, seja novamente protegido pela “casca” da árvore, diminuindo e evitando o processo de apodrecimento (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1997; SHORTLE; DUDZIK, 2012). Porém, a taxa de compartimentalização está associada também à profundidade e tamanho da ferida, idade da árvore, época da poda, saúde da planta e estado energético da árvore (GILMAN, 2012). Segundo o autor, árvores jovens, por exemplo, reagem de forma mais rápida na compartimentalização da ferida, pois apresentam maior proporção entre câmbio (células vivas) e o cerne (células mortas) quando comparada às árvores maduras.

Entretanto, muitas vezes, a poda é realizada inadequadamente pelos próprios moradores (MARIA; ZAMPRONI; BIONDI, 2020), sendo conduzida inadvertidamente, sem qualquer capacitação para a prática de manejo, trazendo complicações aos indivíduos arbóreos e à prestação dos serviços ecossistêmicos proporcionados pela arborização (SANTOS et al., 2019).

Velasco (2003) afirma que os danos causados à arborização por podas inadequadas, prejudicam não só a árvore em si, mas também colocam em risco a urbanização e a população próxima, já que a estabilidade da árvore pode ficar comprometida a ponto de causar sua queda no meio urbano. Assim, é de consenso que podas intensas ou mal executadas acabam por influenciar diretamente a fitossanidade da árvore e, conseqüentemente, aumentar o seu risco de queda (PEREIRA et al., 2011).

Nesse sentido, Santos et al. (2015), Albertin et al. (2011) Maria (2017) e Mores et al. (2019), concordam que o manejo inadequado, como podas drásticas ou excessivas, contribui para a propagação dos principais problemas fitossanitários das árvores urbanas favorecendo a ocorrência de organismos xilófagos, sendo este o problema fitossanitário mais comum nas árvores urbanas.

### 2.2.3 Organismos xilófagos: principal problema fitossanitário das árvores

Em floresta urbana é comum observar a necessidade de remoção de árvores que apresentam ataques de organismos xilófagos, onde os principais responsáveis pelas supressões, são os insetos e os fungos apodrecedores (MARTELLI; BARBOSA JUNIOR, 2011; MARIA, 2017). Brazolin et al. (2014) justificam que as árvores urbanas com sintomas visíveis de biodeterioração devem ser diagnosticadas como um risco iminente de queda, já que estas podem estar apresentando uma redução significativa da estrutura mecânica da madeira com tendência à ruptura.

#### 2.2.3.1 Cupins

Uma das pragas comuns que prejudicam o desenvolvimento saudável da floresta urbana são os cupins, cujos ataques acabam comprometendo a estrutura e o equilíbrio da árvore, sendo necessária na maioria dos casos, a supressão dos espécimes devido à difícil recuperação estrutural da árvore (SAMPAIO; DE ANGELIS, 2008; ALBERTIN et al., 2011; MARIA, 2017).

Os cupins considerados pragas nas áreas urbanizadas causam grandes prejuízos atacando árvores vivas (florestas urbanas e nativas, reflorestamentos

e jardins ornamentais), infestando edificações e patrimônios históricos à procura de alimento (derivados celulósicos) (COSTA – LEONARDO, 2002; ZORZENON; POTENZA, 2006; POTENZA; ZORZENON, 2008).

Em algumas cidades brasileiras os cupins já demonstram um grande risco às árvores, tais como: em Itanhaém (SP), árvores infestadas por cupins, representavam 57% das árvores com necessidade de remoção (MARIA, 2017); em Maringá (PR) onde 13,7% das árvores inventariadas apresentavam ninhos ou vestígios de cupins (SAMPAIO; DE ANGELIS, 2008); e em Nova Esperança (PR) onde a infestação por cupins foi responsável por 25% dos problemas no tronco das árvores (ALBERTIN et al., 2011).

Considerados pragas problemáticas tanto para árvores quanto para as construções no meio urbano (VERMA; SHARM; PRASAD, 2009), são capazes de causar grande desconforto e incômodo social, devido à alta capacidade reprodutiva e adaptabilidade, além da grande quantidade de abrigos e alimentos encontrados em áreas urbanizadas (ZORZENON, 2009).

No Brasil, entretanto, não existem informações referentes a quantificação dos prejuízos econômicos causados pelos cupins às árvores urbanas (BRAZOLIN et al., 2010) e as pesquisas relativa ao ataque de cupins às árvores urbanas ainda são escassas (AMARAL, 2002; DUARTE et al., 2008; BRAZOLIN, 2002; ZORZENON, 2009; ZORZENON; CAMPOS, 2010).

As pesquisas sobre cupins em árvores urbanas estão restritas à identificação de espécies arbóreas que sofreram com o ataque desses insetos. Entre as espécies utilizadas na arborização urbana que apresentaram relatos de ataque de cupins estão: *Caesalpineia peltophoroides* (Benth.), *Holocalix balansae* (Mich), *Clitoria fairchildiana* (Howard), *Delonix regia* Benth., *Jacaranda mimosifolia* (D. Don), *Caesalpineia ferrea* (Mart. ex Tul.), *Lagerstroemia speciosa* (L.), *Terminalia cattapa* (L.), *Ficus elástica* (Roxb. ex Hornem.), *Ficus benjamina* (L.), *Schinus terebinthifolius* (Raddi), *Senna siamea* (Lam.), *Syzygium cumini* (L.), *Ligustrum lucidum* (W.T.Aiton), *Tipuana tipu* (Benth. O. Kuntze) (AMARAL, 2002; DUARTE et al., 2008; BRAZOLIN et al., 2010; ALBERTIN et al., 2011; COSTA, 2011; MARIA, 2017; ZAMPRONI et al., 2018).

As categorias de cupins consideradas pragas urbanas que apresentam maior importância no país, de acordo com seu modo de vida, são: cupins de

madeira seca, cupins arborícolas e cupins subterrâneos (AMARAL, 2002; ZORZENON, 2002).

Eles têm seus nomes derivados do hábito alimentar e do tipo do ninho encontrado, podendo ser: vivendo em árvores ou madeiras úmidas (*Neotermes*), em locais úmidos e subterrâneos (*Coptotermes*, *Heterotermes*, *Syntermes*), arborícolas (*Nasutitermes*, *Microcerotermes*) ou vivendo imersos no alimento como nos cupins de madeira seca (*Cryptotermes*, *Rugitermes*, *Inscisitermes*) (ZORZENON, 2009).

#### 2.2.3.2 Formigas carpinteiras

Formigas são insetos eussociais da ordem Hymenoptera e família *Formicidae*, com cerca de 2.500 espécies conhecidas para o Brasil (MELO; AGUIAR; GARCETE-BARRETT, 2012).

Estudos sobre formigas urbanas são de especial interesse, pois possibilitam listar as espécies que vivem nesses ambientes e o impacto da urbanização sobre elas (CALDART et al., 2012). Nesse sentido, Estrada et al. (2014) afirmam que é possível que, em muitas cidades, a arborização urbana seja a única fonte de recurso disponível para as formigas que forrageiam ou nidificam sobre as árvores, sendo chamadas de carpinteiras ou arborícolas.

As formigas carpinteiras, representadas pelo gênero *Camponotus* são observadas frequentemente na arborização urbana e é associada as mais diversas espécies arbóreas como por exemplo: *Ficus benjamina*, *Terminalia catappa*, *Delonix regia*, entre outras (CAMPOS; ZORZENON, 2017).

Pesquisas demonstram que entre as espécies da mirmecofauna, que interagem com a arborização urbana, *Camponotus* é o gênero com maior diversidade (NEVES et al., 2010; CALDART et al., 2012; ESTRADA et al., 2014; CORIOLANO et al., 2014). No Brasil são conhecidas 165 espécies do gênero *Camponotus*, com hábitos alimentares diversos, podendo viver nas camadas abaixo do solo ou nas copas das árvores (RIBAS, 2018).

Os ninhos das formigas do gênero *Camponotus* geralmente são formados em cavidades no solo, madeiramento ou em árvores vivas ou mortas, sendo que as espécies mais comuns em árvores urbanas são *C. crassus*, *C.*

*atriceps*, *C. rufipes*, *C. sericeiventris* e *C. renggeri* (CAMPOS; ZORZENON, 2017).

Entretanto, apesar da escavação da madeira, as formigas carpinteiras não se alimentam de celulose, mas sim, de substâncias adocicadas como a seiva das plantas e os excrementos de pulgões (ZORZENON, 2009).

As formigas carpinteiras utilizam a madeira para abrigo e para busca de alimentos, por isso dão preferência às madeiras macias ou previamente atacadas por fungos apodrecedores (BRITO, 2014).

### 2.2.3.3 Abelhas carpinteiras

As abelhas são insetos da Ordem Hymenoptera, família *Apoidea* e subfamília *Apidae*, e apresentam mais de 16 mil espécies descritas no mundo (MELO; AGUIAR; GARCETE-BARRETT, 2012).

As abelhas carpinteiras, pertencem ao gênero *Xylocopa* (popularmente conhecidas como mamangava), são considerados insetos solitários, onde uma única fêmea constrói e defende o próprio ninho, além de coletar seu alimento e de deixar alimento disponível nas células para sua prole (GONÇALVES; SOUZA; NEVES, 2015; PIRES; POMPEU; SOUZA-SILVA, 2012).

As abelhas do gênero *Xylocopa* estão presentes na maioria dos continentes, principalmente nas regiões mais quentes, com 700 espécies conhecidas no mundo sendo que cerca de 50 espécies ocorrem no Brasil (MARCHI; ALVES-DOS-SANTOS, 2013).

Assim como as formigas carpinteiras, as abelhas carpinteiras não se alimentam da celulose, hemicelulose ou lignina, elas utilizam a madeira apenas como abrigo e ninho, construindo túneis na madeira (MARTINS, 2009). Essas abelhas tem comportamento generalista, com um importante papel na polinização de plantas nativas e exóticas da floresta urbana, podendo extrair o néctar em flores de *Tibouchina sp.*, *Cassia sp.*, *Caesalpinia sp.* e *Jacaranda mimosifolia* e também com destaque para a importância no cultivo de *Passiflora sp.* (MARCHI; ALVES-DOS-SANTOS, 2013; AGUIAR et al., 2016; ALVES; PERUCHI; AGOSTINI, 2010).

Os adultos desses insetos depositam seus ovos nos tuneis internos feitos na madeira, em células individuais, abastecidas com alimento suficiente para criação das larvas, que quando adultas, podem emergir e reinfestar a madeira (BRITO, 2014). Os ninhos são construídos geralmente em madeira ou ramos mortos (MARCHI; ALVES-DOS-SANTOS, 2013; SILVA et al., 2015).

#### 2.2.3.4 Fungos xilófagos

Os fungos são organismos que podem decompor totalmente ou apenas causar manchas às madeiras, sendo classificados como apodrecedores, emboloradores ou manchadores (ROCHA, 2001). A maioria dos fungos xilófagos ocorre quando a madeira atinge o ponto de saturação das fibras com umidade acima de 20% e com temperatura ideal para o desenvolvimento entre 25°C e 30°C (MENDES; ALVES, 1998).

Os maiores danos econômicos de biodeterioração são causados pelos fungos apodrecedores, comumente ativos em regiões tropicais (STIENEN; SCHMIDT; HUCKFELDT, 2014).

Os fungos apodrecedores possuem capacidade de alterar a estrutura dos tecidos e anatomia das células, tendo como consequência uma alteração química, física e mecânica do lenho das árvores (BRAZOLIN et al., 2010).

Em sua maioria, fungos apodrecedores são responsáveis por diferentes tipos de apodrecimento da madeira, constituídos de três grupos principais: Basidiomicetos, Ascomicetos e Fungos imperfeitos (FLORIAN, 2013).

Entre os fungos apodrecedores destacam-se o grupo dos Basidiomicetos onde se encontram fungos responsáveis pela podridão branca, parda e podridão mole (OLIVEIRA; TOMASELLO; SILVA, 2005).

Os fungos se locomovem pela madeira como uma rede de hifas microscópicas e segregam enzimas capazes de degradar a celulose, lignina e hemicelulose como fonte de energia, possui corpo de frutificação sexuado ou assexuado (cogumelos) quando o fungo já obteve energia suficiente, podendo reproduzir esporos para infectar novas peças de madeira (BRITO, 2014).

Na arborização urbana, existe um sinal evidente de deterioração por fungos, é a presença dos corpos de frutificação (cogumelos) que indicam um

estágio avançado de degradação da madeira e dependendo do local de ocorrência pode resultar em um risco eminente de queda da árvore (SEITZ, 2005; USDA, 1992).

### 2.3 ÁRVORES COM RISCO DE QUEDA

Toda árvore, no meio natural ou antropizado, em algum momento entrará em colapso, e morrerá, seja pelo ataque de doenças e pragas, pelo desenraizamento ou falhas que se rompem combinadas com ventos fortes (USDA, 1992). Nesse sentido, os autores afirmam que algumas árvores já estão mortas antes de sua queda, outras acabam perdendo suas partes enquanto ainda estão vivas, podendo colocar em risco as pessoas e o mobiliário próximo.

Em relação às árvores das florestas urbanas, o risco de queda é definido como a probabilidade de uma falha ou colapso ocorrer na árvore atingindo um alvo associado à gravidade do evento ocorrer como, por exemplo, ferimentos em pessoas, danos à propriedade ou interrupção de atividades humanas (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2012). Quanto à esses eventos, Seitz (2005) afirma que os acidentes com árvores não são aleatórios, mas sim resultados da combinação de defeitos estruturais das árvores com fatores ambientais externos.

As árvores oferecem risco de falha, mesmo que saudáveis, quando sua estrutura é enfraquecida por um ou mais problemas, se tornando potencialmente perigosas quando a carga (peso e movimento) excede a resistência mecânica de suas partes (galhos, tronco ou raiz) (USDA, 1992). Os autores afirmam ainda que os defeitos das árvores são classificados em sete categorias: rachaduras, problemas no sistema radicular, fraca união dos galhos, cancro, arquitetura de copa pobre, galhos ou árvores mortos e apodrecimento da madeira (ataque de organismos xilófagos).

A grande maioria das rachaduras é formada pela união fraca dos galhos, fechamento inadequado das feridas ou por podas com cortes incorretos; e o formato de ocorrência varia entre rachaduras verticais, horizontais, de cisalhamento ou enroladas (USDA, 1992).

Problemas no sistema radicular podem ser identificados visualmente como raízes podadas, quebradas, com corpos de frutificação demonstrando

apodrecimento, além de levantamento das raízes e quebra do solo (CHENG-JUNG, 2016; SEITZ, 2005).

A fraca união dos galhos pode ocorrer naturalmente nos formatos de casca inclusa ou pela brotação epicórmica. Na brotação epicórmica a união dos materiais lenhosos se dá pela conexão madeira-casca, diferentemente das uniões fortes em que a conexão madeira-madeira ocorre. Na casca inclusa geralmente ocorrem de forma natural pela formação de galhos codominantes ou que acabam se friccionando por apresentarem conflitos no sentido de crescimento do galho (USDA, 1992; GILMAN, 2012).

Gilman (2012) considera árvores com arquitetura forte, aquelas com um único tronco dominante, fuste vertical, galhos horizontais e uniões fortes dos galhos. Em contrapartida, considera árvores com arquitetura pobre aquelas com troncos codominantes e/ou inclinados e galhos verticalizados com uniões fracas, devendo ter seus problemas corrigidos o quanto antes (GILMAN, 2012).

Árvores com partes da copa seca com galhos ocos ou mortos oferecem risco já que as partes podem se desprender a qualquer momento da árvore, sendo que quanto maior a área ou proporção de galhos secos, maiores os riscos oferecidos pela árvore (USDA, 1992).

O apodrecimento e deterioração da madeira comprometem a resistência estrutural e estabilidade da planta, e tem como indicadores os corpos de frutificação de fungos, madeira amolecida, cavidades, rachaduras, protuberâncias na madeira e presença de insetos xilófagos (USDA, 1992; SEITZ, 2005). Diversos organismos xilófagos, podem utilizar, de forma direta ou indireta, a madeira (celulose, hemicelulose e lignina) como fonte de energia ocasionando o apodrecimento ou biodeterioração da madeira (FLORIAN, 2013).

Em Itanhaém, Maria (2017) observou que o principal problema associado às árvores com condições fitossanitárias ruins, era a presença de cupins e fungos, que ocorriam com frequência nas árvores podadas, podendo esse ser um dos principais fatores que sinalizam o potencial risco de queda das árvores no município.

#### 2.2.4 Análise do risco de queda

A avaliação do risco de queda de árvores se trata de um processo sistemático, que por natureza, envolve um significativo grau de incerteza que deve ser reconhecido e gerenciado (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2012).

Segundo a normatização brasileira da avaliação do risco de queda de árvores, descrita na ABNT NBR nº 16.246-3/2019 a avaliação pode ocorrer em três níveis, sendo que no primeiro nível é realizado o reconhecimento de condições específicas ou defeitos óbvios, identificados visualmente; no segundo nível, deve ser realizada uma análise visual externa, identificando problemas no sistema radicular visível, colo, tronco e copa da árvore, sendo recomendado também aliar o uso equipamentos como trena, hipsômetro, binóculos e martelos de borracha; já a avaliação de terceiro nível, deve combinar a avaliação de nível 2 a um outro método de avaliação, podendo ser a escalada da árvore, a prospecção por meio de equipamentos de perfuração validados para determinação da densidade da madeira, tomografia do tronco, radar tomógrafo para avaliação do sistema radicular, ou calculo estrutural ou estatístico, probabilístico ou não, para avaliação do comportamento mecânico da árvore.

#### 2.2.4.1 Protocolos de análise visual do risco de queda

As duas principais abordagens da avaliação de risco são a quantitativa e qualitativa. A avaliação quantitativa considera valores numéricos obtidos pelo produto entre a probabilidade de falha e as consequências, porém, a baixa capacidade de quantificar a probabilidade de falha traz incertezas sistemáticas a esta abordagem, já a avaliação qualitativa, considera a classificação da probabilidade e das consequências através de critérios que permitem categorizar o risco em uma escala que varia de risco baixo a elevado (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2012).

Todos os métodos mais utilizados de avaliação de risco de queda de árvores consideram três fatores chaves: os possíveis alvos atingidos na queda, as possíveis consequências da queda e a probabilidade de falha da árvore (SMILEY; MATHENY; LILLY, 2012; SEITZ, 2005; DUNSTER et al., 2013).

Os alvos podem ser: pessoa, propriedade ou atividades antrópicas que podem ser atingidas, prejudicadas ou danificadas com a queda (SMILEY et al.,

2011). Nesse sentido, Seitz (2005) afirma que árvores que caem em uma rua movimentada apresentam uma classificação de risco maior que aquelas que caem em um parque pouco visitado, devido às diferentes disponibilidades de alvos nesses locais.

As consequências estão relacionadas aos efeitos colaterais da queda, como a interrupção de serviços e os reparos necessários para recuperação do funcionamento normal do sistema urbano, assim os efeitos colaterais serão maiores em ruas movimentadas em regiões centrais do que em ruas pouco movimentadas na área peri-urbana (SEITZ, 2005; DUNSTER et al., 2013).

A probabilidade de falha da árvore considera problemas e defeitos estruturais e fitossanitários da árvore, podendo variar a quantidade de variáveis analisadas de acordo com a metodologia aplicada. Os protocolos utilizados, como metodologias base, categorizam a probabilidade de diferentes formas. Seitz (2005) e USDA (1992) consideram o maior valor do problema encontrado independente da parte da planta; enquanto que a ISA considera a ponderação entre os defeitos com uma categorização nominal, de certa forma subjetiva.

A avaliação visual do risco de queda de Seitz (2005) considera a avaliação de 38 variáveis-problema presentes nas árvores, sendo 17 itens de avaliação na copa, 9 itens de avaliação no tronco e 12 itens de avaliação na base e raízes visíveis. O protocolo proposto pelo autor, determina a avaliação dos itens em uma escala 1 a 5, sendo 1 para menor intensidade e 5 para maior intensidade. O risco de queda por este protocolo é quantitativo, e determinado pela soma entre o valor da variável de maior intensidade (1 a 5) o valor dos alvos e efeitos colaterais, demonstrando que por este protocolo, apenas uma variável pode ser responsável pela atribuição de uma alta probabilidade de falha da árvore.

O protocolo de análise visual da Sociedade Internacional de Arboricultura, considera a avaliação de 40 variáveis-problemas nas árvores para determinação da probabilidade de falha, sendo 17 atributos na copa, 12 no tronco e 11 nas raízes ou colo. Neste protocolo, as variáveis são determinadas como presentes ou ausentes, e para cada parte da árvore (copa, tronco e raízes) são determinados a intensidade de carga sob os problemas e a probabilidade de falha daquela parte. Nesse protocolo, o risco é qualitativo e também é atribuído

pela combinação entre a maior probabilidade de falha, os alvos e efeitos colaterais.

Já o protocolo da avaliação visual proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, considera a avaliação dos sete defeitos estruturais das árvores (apodrecimento do lenho, rachaduras, problemas nas raízes, união fraca dos galhos, cancro, arquitetura pobre da árvore e árvore ou galhos mortos) indicando se os defeitos apresentam, de acordo com definições específicas, uma probabilidade de falha que varia de 1 a 4, entre baixa e extremamente alta. Assim como os demais protocolos, o risco de queda também é atribuído após a combinação entre a probabilidade de falha e os alvos e efeitos colaterais, de forma quali-quantitativa.

## 2.5 ANÁLISES DE ASSOCIAÇÃO POR APRENDIZAGEM DE MÁQUINA

Aprendizagem de máquina é um ramo da Inteligência Artificial onde é possível desenvolver algoritmos e técnicas que permitam que o computador aperfeiçoe o seu desempenho em alguma tarefa (AMORIM; BARONE; MANSUR, 2008).

A aprendizagem de máquina trabalha com raciocínio indutivo em dois principais métodos de aprendizagem: não supervisionada (instâncias não rotuladas não existe classe associada) e a supervisionada (as instâncias estão rotuladas, a classe é conhecida) (CORCOVIA; ALVES, 2019).

Na aprendizagem não supervisionada os dados são a princípio desconhecidos e agrupados de acordo com alguma similaridade, já na aprendizagem supervisionada o objetivo é induzir conceitos a partir de exemplos que foram pré-classificados (DIAS; PASCUTI; SILVA, 2016).

Uma das técnicas utilizadas para aprendizagem não supervisionada são as regras de associação, que se trata de uma análise exploratória que utiliza instâncias sem determinação do atributo classe (DAMASCENO, S/D).

As regras de associação podem ser utilizadas sempre que se busca descobrir interações entre eventos de uma base de dados (ALVARENGA, 2014). Assim, a aplicação das regras de associação pode ser bastante interessante nos

estudos sobre a floresta urbana, como por exemplo, para identificar a influência da poda nos problemas estruturais e risco de queda das árvores.

## 2.6 MÉTODOS DE PREDIÇÃO DO RISCO DE QUEDA

Os métodos de predição simplificam os protocolos extensos de classificação, auxiliando a compreensão de determinado fenômeno, apresentando uma taxa percentual de acerto, onde os modelos que atingem melhor percentual de acerto, passam a ser considerados com maior confiabilidade (SANTOS, 2015).

Diversas técnicas multivariadas são utilizadas para construção de modelos de predição, tais como: árvore de decisão e análise de discriminantes (SELAU; RIBEIRO, 2009). Os métodos de predição podem ser classificados em não paramétricos, como as árvores de decisão (PITOMBO; COSTA, 2015) e paramétricos, como análise discriminante (SANTOS, 2015).

As árvores de decisão são modelos preditivos de apoio à classificação de fácil entendimento e aceitação por se tratar de uma estrutura gráfica hierárquica, segmentando variáveis heterogêneas, de acordo com suas semelhanças, de maneira que se tornem homogêneas em relação à variável de classe (CERVANTES et al., 2015; RAMYA et al., 2015).

A apresentação gráfica da árvore de decisão se dá por uma estrutura de caixas e linhas, utilizadas para demonstrar a ocorrência possíveis eventos que determinam a classificação (SANTOS, 2015). Nessa informação gráfica, o atributo/variável presente na caixa do topo da árvore refere-se ao nó raiz, sendo que cada caixa subsequente é denominada nó filho, e a classificação do atributo alvo como nós terminais (ANDERSON, 2007).

Um dos algoritmos mais conhecidos para classificação pela árvore de decisão é o C4.5, criado por Ross Quinlan, e implementado na linguagem Java sob o nome de J48 (VIEIRA et al., 2018). As principais vantagens da técnica J48 de árvore de decisão estão associadas à capacidade de processar ruídos e valores faltantes e, ainda assim, apresentar alto desempenho com baixo custo computacional (CERVANTES et al., 2015).

Já a análise discriminante determina uma combinação linear de atributos independentes capazes de discriminar melhor uma observação entre grupos de classificação pré-definidos (HAIR et al., 2005). A suficiência de atributos testadas na análise discriminante pelo método stepwise, possui grande utilidade, principalmente quando o número de atributos é superior ao necessário para se obter a classificação (GERHARDT et al., 2001). Os principais pressupostos estatísticos que devem ser verificados para execução da análise discriminante são a normalidade multivariada, homogeneidade das matrizes de variância e ausência de multicolinearidade (SELAU; RIBEIRO, 2009).

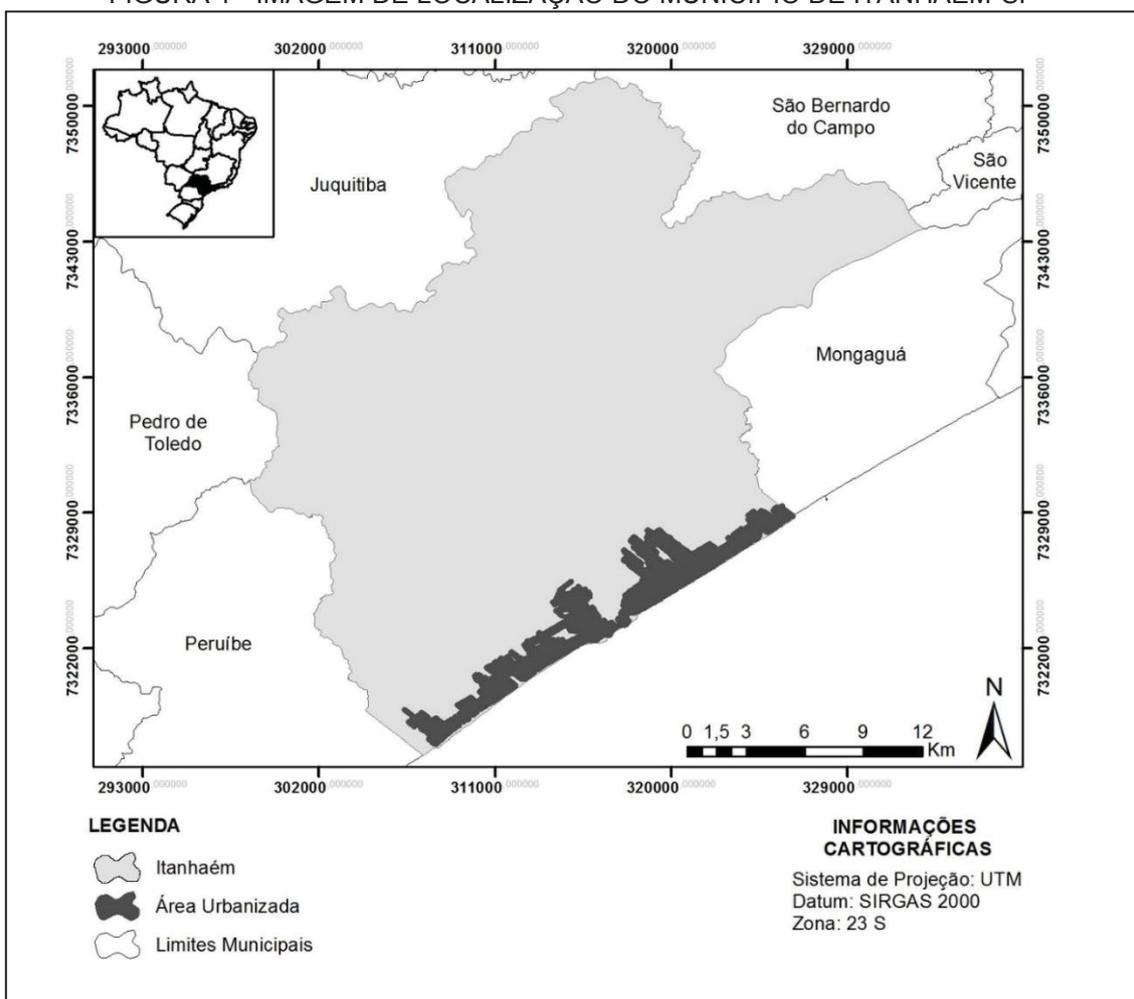
Por fim, a técnica de análise de discriminantes avalia quais atributos são mais efetivos na discriminação entre dois ou mais grupos, sendo bastante conhecida por solucionar problemas de classificação e predição de elementos (SANTOS, 2015). Estudos da aplicação da análise de discriminantes na avaliação visual do risco de queda já demonstraram resultados significativos na seleção dos principais atributos de classificação do risco de *Acer negundo* e *Tipuana tipu* na cidade de Curitiba (SILVA, 2019).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A presente pesquisa foi desenvolvida no município de Itanhaém (Figura 1), litoral sul do Estado de São Paulo, que tem como limite os municípios de São Vicente, Mongaguá, Pedro de Toledo, Peruíbe Juquitiba e São Bernardo do Campo (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 2012).

FIGURA 1 - IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ITANHAÉM-SP



FONTE: Maria (2017).

Segundo o IBGE (2015) o município apresenta uma extensão territorial de 601,7km<sup>2</sup>, área urbanizada equivalente a 6% do território e estima-se uma população de 104.351 habitantes em 2021.

O clima característico do município é do tipo Af, segundo a classificação de Köppen-Geiger, descrito como clima tropical sem estação seca, com precipitação média mensal maior que 60 mm e temperatura média do mês mais frio igual a 18°C (ALVAREZ, 2014).

O município está inserido no bioma Mata Atlântica e apresentava, em 2004, 49.270,9 ha de vegetação nativa remanescente, caracterizada por uma área de ecótono entre a Floresta Ombrófila Densa (FOD) e a formação arbórea/arbustiva-herbácea, com subdivisões para FOD-Montana, FOD-submontana e FOD-de terras baixas, bem como vegetação pioneira de restinga, várzea e mangue (IF, 2007; IPT, 2012).

Na área urbana, Maria (2017) constatou a presença de 18.128 árvores em calçadas do município onde, por meio da avaliação qualitativa, constatou-se que a maioria das árvores é jovem (64,7%) e de pequeno a médio porte (76,4%), com boas condições físicas e fitossanitárias (54%). Segundo a autora, 19% das árvores apresentavam condições ruins, com sintomas que variaram de danos no lenho causados por injúrias mecânicas a danos causados por organismos xilófagos.

### 3.2 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES SELECIONADAS

Para identificar a influência da poda no risco de queda de árvores urbanas, foram avaliadas as árvores das três espécies arbóreas mais frequentes nas calçadas do município: *Terminalia catappa* Linn., *Ficus benjamina* Linn. e *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf. previamente analisadas do inventário realizado por Maria (2017).

#### 3.2.1 *Terminalia catappa*

A espécie, comumente conhecida como chapéu de sol, castanheira ou sombreiro, é nativa da Ásia e Madagascar, pertence à família Combretaceae, apresenta grande porte e apresenta arquitetura de copa característica por com esgalhamentos horizontais agrupados, espaçadas simetricamente ao longo do tronco (FLORES, 2002; LORENZI et al., 2003).

Mundialmente a espécie é encontrada em regiões costeiras e tropicais úmidas, por ser tolerante a ventos fortes, maresia, marés altas e terrenos salinos, podendo alcançar até 40 m de altura (PHULWARIA et al., 2012). A espécie é comumente utilizada na arborização urbana do Brasil, podendo ser encontrada em cidades como Salvador – BA (GÓES; OLIVEIRA, 2011), Timom – MA (MORAES; MACHADO, 2014), Pirapora – SP (BENATTI et al. 2012), Maringá – PR (BLUM; BORGIO; SAMPAIO, 2019), Montes Claros – MG (VELOSO et al., 2014) e Rio Branco – AC (PAIVA et al., 2010), sendo que em Itanhaém, esta é a espécie mais frequente na arborização urbana do município, representando 17,5% das árvores plantadas em calçadas (MARIA, 2017).

Segundo Maria (2017) as árvores de chapéu de sol encontradas no município apresentavam altura média de 6,6 m, com diâmetro a altura do peito de 27,7 cm e altura de bifurcação de 2,53 m. Enquanto que para outras cidades brasileiras, como João Pessoa (PB) e Rio de Janeiro (RJ), a altura variou entre 7 e 10 m (SOUZA; CINTRA, 2007; SILVA et al., 2010).

### 3.2.2 *Ficus benjamina*

*Ficus benjamina*, popularmente conhecida como ficus, é uma das espécies mais frequentes na arborização urbana de todo mundo, podendo ser encontrada nos seguintes locais: ruas da capital chinesa, Hong Kong (JIM; CHEN, 2010); na arborização de Maui, no Hawaii (STARR et al., 2003); na Cidade do México (GUZMÁN-MORALES et al., 2011) e no Brasil, nas cidades de Pernambuco, Ceará, Paraíba, São Paulo e Rio de Janeiro (RODOLFO JÚNIOR et al., 2008; CALIXTO JUNIOR et al., 2009; MARTELLI; BARBOSA JUNIOR, 2010; LUNDGREN et al., 2013).

A espécie é nativa das florestas tropicais do sudeste da Ásia, Índia, sul da China, Malásia, Filipinas, ilhas do Pacífico Sul e da Austrália (STARR et al., 2003), descrita como uma espécie perene, ou sempre-verde, podendo alcançar 10 m de altura, e comumente apresenta raízes adventícias (GUEVARA-ESCOBAR et al., 2007), que são raízes emitidas de partes aéreas da planta como os galhos e folhas (MARIA et al., 2021). Essas raízes podem se lignificar

paralelamente ao tronco, proporcionando uma forte ancoragem, causando uma auto-enxertia (JIM; CHEN, 2010).

A arquitetura natural da espécie quando madura é caracterizada pelo maior desenvolvimento em largura quando comparada a altura, formando uma copa densa em formato de guarda-chuva (STARR et al., 2003).

As árvores da *Ficus benjamina* representam cerca de 16,8% da arborização viária de Itanhaém-SP, possui grande facilidade de obtenção nos comércios locais, sendo geralmente implantadas com pouco ou nenhum conhecimento técnico (MARIA et al., 2016).

Segundo Maria (2017) as árvores de fícus apresentavam em Itanhaém altura média de 3,86 m, com diâmetro médio à altura do peito de 18,9 cm e altura média da bifurcação abaixo do recomendado com 0,71 m.

### 3.2.3 *Delonix regia*

A espécie *Delonix regia*, popularmente conhecida por flamboyant, pertence à família Fabaceae e é nativa de Madagascar e da África Oriental (SINGH; KUMAR, 2014).

Apesar de ser uma espécie exótica, as árvores são bastante utilizadas na composição paisagística das florestas urbanas de cidades brasileiras como Itaúna do Sul-PR (MOURA; GIMENES; PIRES, 2013), Rio de Janeiro-RJ (BLUM; BORGIO; SAMPAIO, 2008), Rio Branco-AC (PAIVA et al., 2010), Cuiabá-MT (OLIVEIRA et al., 2013), Sobral-CE (VALE et al., 2011), Recife-PE (MELO; MEUNIER, 2017), Bonito-MS (ZAMPRONI et al., 2018) e em Itanhaém-SP (MARIA, 2017).

A espécie também é bastante utilizada em outros países como Indonésia (ABENDROTH et al., 2012), Índia (NAGENDRA; GOPAL, 2011), Nigéria (ARZAI; ALIYU, 2010) e na China (KONG et al., 2017). Segundo Maria (2017), *Delonix regia* é a terceira espécie arbórea mais frequente de Itanhaém-SP, compondo aproximadamente 2% da arborização viária do município.

As árvores desta espécie apresentam grande porte, com altura variando entre 10 e 12 m, arquitetura com elevada beleza cênica, em formato umbeliforme, floração exuberante de coloração alaranjada, sendo amplamente

recomendada pra uso paisagístico e arborização de parques e jardins (LORENZI, 2013; MARINHO et al., 2017). Na cidade de Itanhaém, as árvores da espécie implantadas em calçada, apresentavam em 2017, altura média de 6,3 m e DAP médio de 33,7 cm.

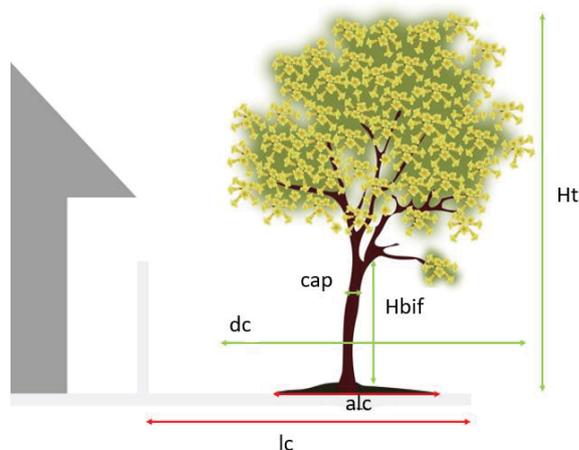
### 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atender aos objetivos da pesquisa, foram mensuradas, ao longo do ano de 2019, as variáveis métricas, que consistiram na caracterização dendrométrica e espacial, e variáveis não métricas, que consistiram na identificação da presença e modalidade de poda realizada e na análise visual de risco de queda.

#### 3.3.1 Características Dendrométricas e Espaciais

Quanto às árvores foram mensuradas as variáveis dendrométricas: altura total (Ht), com uso de hipsômetro de Blume leis, e altura de bifurcação (Hbif), diâmetro de copa (DC) e circunferência à altura do peito (CAP) com uso de fita métrica e trena métrica. Também foram mensuradas variáveis espaciais, que caracterizavam o meio físico, como área livre do canteiro (ALC) e largura da calçada (LC), com uso de trena métrica (Figura 2).

FIGURA 2 - VARIÁVEIS MÉTRICAS MENSURADAS QUANTO AS CARACTERÍSTICAS DAS ÁRVORES E DO MEIO FÍSICO



Posteriormente os dados coletados foram organizados em classes qualitativas conforme descritos na Tabela 1.

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E ESPACIAIS

Variável	Valor	Classe
Porte (Ht)	Ht < 6m	Pequeno
	6m < Ht < 10 m	Médio
	Ht > 10 m	Grande
Altura de bifurcação (Hbif)	Hbif < 2,1 m	Baixa
	Hbif > 2,1 m	Aceitável
Área livre do Canteiro (alc)	ALC < 1 m	Pequeno
	1 m < ALC < 2 m	Médio
	ALC > 2 m	Grande
Largura da Calçada (lc)	LC < 1,90 m	Estreita
	1,90 m < LC < 2,20 m	Aceitável
	2,20 m < LC < 10,0 m	Recomendável
	LC > 10 m	Calçada Verde
Área de copa (ac)	AC < 7 m <sup>2</sup>	Pequena
	7 m <sup>2</sup> < AC < 26,5 m <sup>2</sup>	Média
	AC > 26,5 m <sup>2</sup>	Grande

Fonte: A autora (2021).

### 3.3.2 Presença e modalidade de poda

A identificação da presença ou ausência de podas anteriores foi realizada pela localização de cicatrizes e secções de cortes nas árvores. Para a nomenclatura das modalidades de poda encontrados seguiu-se as normas da ABNT NBR nº 16.246, tais como: podas de limpeza, elevação, redução e adicionou-se a classificação unilateral devido à alta recorrência desta do município.

A poda de limpeza é realizada com objetivo de eliminar ramos secos, doentes ou quebrados (ABNT NBR nº 16.246) ou ainda brotações epicórmicas, falhos infestados por ervas de passarinho, mortos ou que representam riscos devido a possibilidade de queda (SÃO PAULO, 2005).

A poda de elevação consiste na liberação de espaços verticais na parte inferior da planta (ABNT NBR nº 16.246), ocorre pela remoção dos galhos inferiores, quando há necessidade de liberação de espaço para circulação de pedestres nas calçadas ou liberação dos conflitos com veículos, quando presente projeção da copa sob a pista de rolamento (MARIA; CARRILLO; BIFULCO, 2017).

Já a poda de redução visa reduzir a copa em altura ou largura, obedecendo a arquitetura natural da espécie e a tolerância da espécie à poda (ABNT NBR nº 16.246), sendo frequentemente utilizada para evitar conflitos com o mobiliário urbano (ISA, 2011b).

A poda unilateral embora não seja citada pela ABNT NBR nº 16.246 é bastante frequente no município. Segundo Seitz (2005) a poda unilateral é aquela que se retira em demasia apenas um setor da copa, geralmente realizada para reduzir de forma emergencial o conflito da copa com o mobiliário urbano.

### 3.3.3 Análise visual do Risco de queda

Para a análise visual do risco de queda das árvores foi realizada a avaliação da condição geral de cada indivíduo, por meio de um protocolo próprio. Este protocolo foi adaptado de metodologias propostas pelo Serviço Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 1992), por Seitz (2005) e pela Sociedade Internacional de Arboricultura (ISA, 2013).

Visando a utilização de um protocolo rápido e objetivo pelos gestores públicos, algumas adaptações foram realizadas, como por exemplo, a redução do número de variáveis-problemas avaliadas nas árvores, sendo selecionadas apenas as variáveis comuns à todos os três protocolos base. Além disso, não foram mensuradas a intensidade dos problemas, mas sim a presença ou ausência dos mesmos, a partir de parâmetros pré-estabelecidos.

Assim como nos métodos que serviram de base para o protocolo desta pesquisa, a avaliação do risco de queda foi composta pela caracterização da probabilidade de falha da árvore, alvos e efeitos colaterais (Figura 3).

O protocolo de avaliação visual do risco de queda das árvores utilizado nesta pesquisa consistiu na identificação da espécie, localização da árvore, análise da probabilidade de falha da árvore (problemas da copa, tronco e raiz), além dos alvos e efeitos colaterais.

FIGURA 3 – PROTOCOLO UTILIZADO PARA ANÁLISE VISUAL DO RISCO DE QUEDA



### **Análise visual do risco de queda de árvores urbanas proposto por MARIA (2021)**

Adaptado de Seltz (2005); USDA (1992); ISA (2017)

Localização:		Avaliador:	Data: __/__/____
Espécie:		Largura da calçada:	Área do canteiro:
Altura total: _____	Indícios de podas anteriores	Tipo de poda anterior	
CAP: _____	Não	Limpeza	Unilateral
Altura de bifurcação: _____	Sim	Elevação	Redução
Diâmetro de copa: _____ e _____			

Probabilidade de falha da árvore			Alvos
Análise da copa	Análise do tronco	Análise da base/colo	
Galhos secos Sim Não	Inclinação >10% Sim Não	Brotações epicórmicas Sim Não	Zona de baixa frequência
Brotações epicórmicas Sim Não	Lesões >40% Sim Não	Raízes Adventícias Sim Não	Zona de média frequência
Cupins Sim Não	Cavidades >30% Sim Não	Lesões Sim Não	Zona de alta frequência
Fungos Sim Não	Rachaduras Sim Não	Cavidades Sim Não	<b>Efeitos colaterais</b>
Desequilíbrio Sim Não	Galhas Sim Não	Cupins Sim Não	Rua comercial
Folhagem rala Sim Não	Cupins Sim Não	Fungos Sim Não	Rua com ponto de ônibus
Erva de passarinho Sim Não	Fungos Sim Não	Galhas Sim Não	Rua residencial e comercial
	Forquilhas/codominantes Sim Não	Raiz superficial Sim Não	Rua residencial
		Poda de raiz Sim Não	Rua sem casas
			Informações complementares : ----- -----

Fonte: Adaptado de USDA (1992); Seitz (2005); ISA (2017)

As variáveis-problema do protocolo, responsáveis por determinar probabilidade de falha da árvore, foram definidas a partir dos seguintes parâmetros pré-estabelecidos:

- a) Galhos secos - quando os galhos apresentavam ausência de folhagem (em períodos de atividade fisiológica), coloração escurecida com presença ou não de manchas de fungos;
- b) Brotações epicórmicas - com galhos ou brotos apresentando união fraca na inserção do galho no tronco;
- c) Insetos - quando apresentavam galerias, ninhos ou perfurações na árvore;
- d) Fungos - quando apresentavam corpos de frutificação ou madeira amolecida;
- e) Folhagem rala - quando a quantidade de folhas presentes não era proporcional ao padrão de copa da espécie, considerando a atividade fisiológica natural no momento da avaliação (espécies decíduas desfolham naturalmente no inverno);
- f) Forquilhas/codominantes – quando a bifurcação apresentava casca inclusa e/ou os galhos da bifurcação apresentam DAP semelhantes;

- g) Erva de passarinho - quando apresentavam plantas parasitas ou hemiparasitas;
- h) Desequilíbrio – quando a distribuição dos galhos e folhas não está homogênea com relação ao eixo do tronco;
- i) Inclinação - quando o tronco apresentava inclinação superior a 10°;
- j) Lesões - quando o tronco apresentava lesão que ocupava mais de 40% do perímetro da região afetada e/ou lesão com diâmetro maior que 10 cm na raiz;
- k) Cavidades - quando apresentava cavidade com profundidade maior que 30% do diâmetro do tronco e/ou com profundidade maior que 5 cm nas raízes;
- l) Rachadura - quando apresentava fenda ou separação na casca da madeira;
- m) Galha - com presença de protuberância disforme de material lenhoso;
- n) Raízes superficiais – as raízes superficiais foram consideradas problemas quando o afloramento das raízes ocasionava a quebra da calçada e/ou fissura do solo;
- o) Poda de raiz – Foram consideradas quando eram podadas raízes visíveis com diâmetro superior a 5 cm.

Para cada variável-problema encontrado, foi atribuído valor 1, assim, a análise da probabilidade de falha consistiu na somatória da quantidade de problemas em cada parte da planta, multiplicado por um peso para cada parte da planta (copa, tronco e base/colo). O peso dos problemas na copa foi menor (0,2) quando comparado ao peso atribuído aos problemas no tronco e base, pois problemas na copa apresentam maior facilidade de correção em relação aos defeitos e problemas no tronco e na base. Assim, a probabilidade de falha (Pfa) foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$Pfa = \sum dc * 0,2 + \sum dt * 0,4 + \sum db * 0,4$$

Em que:

Pc = quantidade de problemas presentes na copa;

Pt = quantidade de problemas presentes no tronco;

Pb = quantidade de problemas presentes na base.

O presente protocolo considerou a somatória dos problemas presentes na árvore considerando que único problema isolado não pode ser responsável pela determinação de uma falha iminente, mas sim, a combinação de diversos fatores que comprometem a estrutura física da árvore. Posteriormente, a variável probabilidade de falha foi classificada de forma qualitativa, não métrica (Tabela 2).

TABELA 2 – CLASSIFICAÇÃO DA PROBABILIDADE DE FALHA DA ÁRVORE

<b>Classificação</b>	<b>Valor Pfa</b>
Improvável	$0 < Pfa \leq 0,9$
Possível	$1,0 < Pfa \leq 1,9$
Provável	$2,0 < Pfa \leq 2,9$
Elevado	$Pfa \geq 3,0$

Fonte: A autora (2021).

Para facilitar a classificação dos possíveis alvos atingidos pela queda de árvores foram identificadas a frequência de uso e circulação das ruas assim como o proposto por Seitz (2005). Entretanto, para facilitar a determinação da frequência dos locais de avaliação, os alvos foram classificados de acordo as caracterizações de vias do código de trânsito brasileiro (Quadro 1).

QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO DOS ALVOS

<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
Baixa Frequência	Vias terciárias de bairros e vias de acesso locais pouco movimentados; consideradas via de trânsito local
Média Frequência	Vias secundárias de acesso a áreas comerciais, escolas e áreas de recreação; considerada via coletora de trânsito.
Alta Frequência	Vias principais de acesso de emergência, instalações e abrigos médicos; via principal de acesso às escolas; ponto de ônibus; centros comerciais; principais vias de passagem e interseções em áreas de alto uso; consideradas como via arterial de trânsito.

Fonte: Adaptado de USDA (1992); Seitz (2005); ISA (2017)

Para a classificação do risco de queda da árvore foi avaliado o impacto da queda sobre o alvo, relacionando a probabilidade de falha da árvore com os possíveis alvos atingidos (QUADRO 2).

QUADRO 2 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DO IMPACTO DA QUEDA DE ÁRVORE SEGUNDO A PROBABILIDADE DE FALHA DA ÁRVORE E A CLASSIFICAÇÃO DOS ALVOS

Probabilidade de falha da árvore	Classificação dos alvos		
	Alta Frequência	Média Frequência	Baixa Frequência
<b>Elevado</b>	Extremo	Alto	Alto
<b>Provável</b>	Alto	Alto	Médio
<b>Possível</b>	Médio	Médio	Baixo
<b>Improvável</b>	Baixo	Baixo	Baixo

Fonte: Adaptado de Seitz (2005); USDA (1992); ISA (2017)

Os efeitos colaterais foram classificados de acordo com o impacto produzido pela interrupção das atividades locais, podendo ser a remoção de uma árvore caída numa rua. Os efeitos colaterais são maiores em áreas comerciais e menores em ruas sem casas.

A classificação do impacto da queda sobre o alvo foi correlacionada com os efeitos colaterais, gerando a matriz de classificação do risco de queda de árvores (Quadro 3).

QUADRO 3 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES

Impacto da queda sobre alvo	Efeitos colaterais				
	Comercial	Com ônibus	Zona Mista	Residencial	Sem casas
<b>Extremo</b>	Extremo	Extremo	Alto	Alto	Médio
<b>Alto</b>	Extremo	Alto	Alto	Médio	Médio
<b>Médio</b>	Alto	Alto	Médio	Médio	Baixo
<b>Baixo</b>	Médio	Médio	Baixo	Baixo	Baixo

Fonte: Adaptado de Seitz (2005); USDA (1992); ISA (2017)

Quanto ao gerenciamento e manejo das árvores após a classificação de riscos, foi considerado que árvores com risco extremo, deveriam ser suprimidas; com risco alto, deveriam ser avaliadas a cada seis meses considerando a correção ou remoção dos principais pontos de falha da árvore; com risco médio, devem receber acompanhamento a cada 12 meses, considerando a correção e prevenção dos principais pontos de falha na árvore e; com risco baixo, devem ser acompanhadas a cada 24 meses, considerando a manutenção preventiva de possíveis pontos de falha nas árvores (SEITZ, 2005).

Os dados de campo foram coletados por meio do *software* ODK Collect®, para Android com planilha de campo elaborada no *software* ODKbinding® e posteriormente convertidos para processamento no *software* Excel®.

### 3.3.4 Associação da poda com as variáveis de classificação do risco de queda

As regras de associação na estatística indicam atributos que apresentam coexistência entre si, ou seja, atributos que determinam a presença de outros atributos em uma mesma transação (ALVARENGA, 2014). Para realizar a análise de associação entre os atributos analisados e a presença de poda, foi utilizado o *software* WEKA® e o algoritmo *Apriori*, com restrição de associações de no mínimo 90% de confiança e geração de 50 regras para o conjunto total e para cada espécie, onde foram avaliados 36 variáveis (atributos) e 230 amostras (instâncias) para o conjunto total e para a avaliação por espécie, a variável espécie foi removida, resultando em 35 variáveis e 111 amostras para avaliação das associações de *Terminalia catappa*, *Ficus benjamina* e *Delonix regia*.

### 3.3.5 Modelos de predição do risco de queda de árvores

Foram selecionados dois métodos de predição do risco de queda de árvores que atuam selecionando atributos/variáveis que melhor diferenciam dois ou mais grupos, prevendo assim, a classificação de novos elementos.

Os métodos selecionados foram a aprendizagem de máquina por árvores de decisão (J48), processado e analisado pelo *software* WEKA® e a estatística multivariada por análise discriminante (AD), processada e analisada pelo *software* SPSS®.

Para as duas avaliações realizadas, foi necessária a transformação dos dados de variáveis nominais para escala métricas, conforme descrito na Tabela 3.

TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA CADA MÉTODO

Variável	Classificação	
	J48	SPSS
Espécie	<i>Terminalia catappa</i>	1
	<i>Ficus benjamina</i>	2
	<i>Delonix regia</i>	3
Poda na copa	Sem poda	0
	Com poda	1
Modalidade de poda na copa	Ausente	0
	Limpeza	1
	Elevação	2
	Unilateral	3
	Redução	4
Problemas estruturais (COPA: galhos secos, brotações, insetos, fungos, desequilíbrio, folhagem, erva-de-passarinho; TRONCO: forquilha, inclinação, lesão, cavidade, rachadura, galha, insetos xilófagos, fungo; RAIZ: brotação, lesão, cavidade, insetos xilófagos, fungo, galha, raiz adventícia, raiz superficial, poda de raiz)	Ausente	0
	Presente	1
Lc	Estreita	0
	Aceitável	1
	Recomendável	2
	Calçada Verde	3
ALC	Pequeno	0
	Médio	1
	Grande	2
Porte	Pequeno	0
	Médio	1
	Grande	2
Classe DAP	0 a 30	0
	30 a 60	1
	60 a 90	2
	90 a 120	3
	120 a 150	4
Altura de bifurcação (Hbif)	Baixa	0
	Aceitável	1
Área de copa (AC)	Pequeno	0
	Médio	1
	Grande	2
Alvos	Baixa	0
	Media	1
	Alta	2
Efeitos colaterais	Sem casa	0
	Residencial	1
	Mista	2
	Com ônibus	3
	Comercial	4
Risco	Baixo	0
	Médio	1
	Alto	2
	Extremo	3

Fonte: A autora (2021).

Para realização da classificação por árvore de decisão, foi selecionada a classificação pelo algoritmo J48 do *software* WEKA®, com teste de validação cruzada com 10 folds, ou seja, o cruzamento de dados a cada grupo de 10 instâncias.

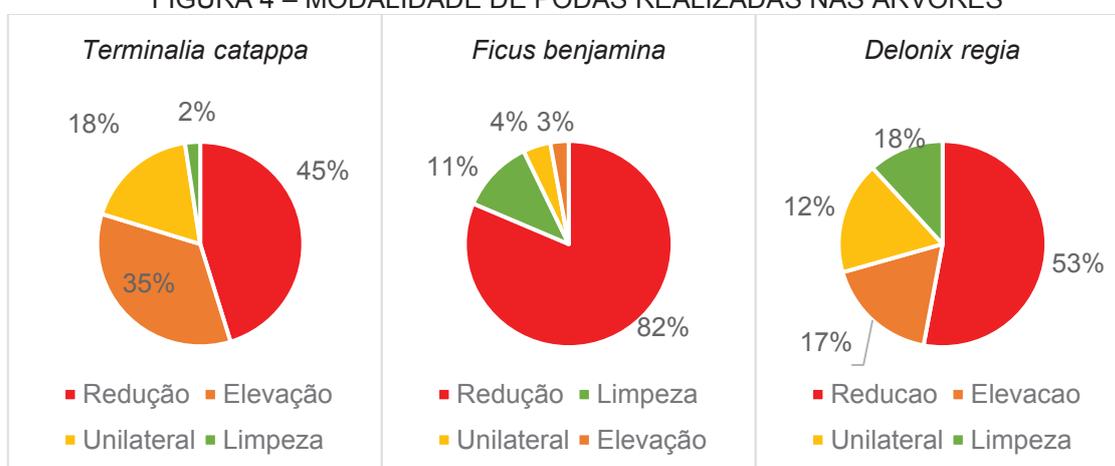
Para a realização da classificação através da análise discriminantes foi selecionada a ferramenta no *software* SPSS®, pelo método *stepwise*, com as configurações estatísticas de todos os descritivos, matrizes e coeficientes de função, com configurações de *stepwise* em  $\lambda$  de Wilks e probabilidade de F com entrada (0,05) e remoção (0,10), classificando probabilidades anteriores a partir de tamanhos de grupos, matriz de covariância dentro dos grupos, exibindo tabela de resumos e gráficos de grupos combinados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS

Foram avaliados 111 indivíduos de *Terminalia catappa*, 100 indivíduos de *Ficus benjamina* e 19 indivíduos de *Delonix regia*. Em todas as espécies, a modalidade de poda mais frequente foi a poda de redução, o que influenciou diretamente as características dendrométricas das árvores.

FIGURA 4 – MODALIDADE DE PODAS REALIZADAS NAS ÁRVORES



Fonte: A autora (2021).

Segundo a ISA (2011b; ABNT, 2013), a poda de redução ou rebaixamento visa reduzir a copa em altura ou largura, obedecendo a arquitetura natural da árvore, e é frequentemente utilizada para evitar conflitos com o mobiliário urbano. As principais necessidades de podas no meio urbano estão relacionadas aos conflitos direto das árvores com a rede de distribuição de energia. Por este motivo, a poda de redução ou podas de destopo, são as modalidades de poda mais executadas na arborização urbana (OLIVEIRA et al., 2015; SOUZA; DODONOV; CORTEZ, 2012; TOPANOTTI et al., 2013; MORES et al., 2019). Entretanto, na maioria dos casos, a poda recomendada para compatibilizar a arborização com a fiação, seria a poda leve, de limpeza ou condução (MELO; LIRA FILHO; RODOLFO JUNIOR et al., 2008; SANTOS et al., 2015).

Analisando as espécies separadamente, podemos observar como as podas realizadas influenciaram nas características dendrométricas das árvores.

#### 4.1.1 *Terminalia catappa*

A característica dendrométrica com maior variabilidade entre as árvores, tanto com e sem poda, foi a área de copa (Tabela 4), com amplitude maior para as árvores podadas. Analisando os padrões dendrométricos das árvores de *Terminalia catappa*, pode-se observar que a poda ocasionou uma redução de 16,5% na altura das árvores e 15,7% na área de copa.

TABELA 4 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA E VARIABILIDADE DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS EM *Terminalia catappa*

Variáveis	Sem poda				Com poda			
	Mín.	média	Máx.	Cv (%)	Mín.	média	Máx.	Cv (%)
Ht (m)	4,0	8,5	15,0	28,1	2,2	7,1	15,0	36,1
Hbif (m)	1,0	2,9	5,0	37,2	0,5	2,8	6,0	42,9
DAP (cm)	11,1	28,6	51,2	36,9	0,6	30,4	55,7	36,0
DC (m)	5,0	9,6	16,0	30,3	2,2	8,6	21,6	41,4
AC (m)	19,6	80,4	199,8	62,5	3,5	67,8	366,4	85,2

NOTA: Ht (altura total); Hbif (altura de bifurcação); DAP (diâmetro à altura do peito); DC (diâmetro de copa); AC (área de copa).

Fonte: A autora (2021).

A maioria das árvores de *Terminalia catappa* foi classificada com copas de grande porte (FIGURA 5), com área média de 70 m<sup>2</sup>, sendo que a proporção de árvores com copas de grande porte foi maior para as árvores não podadas.

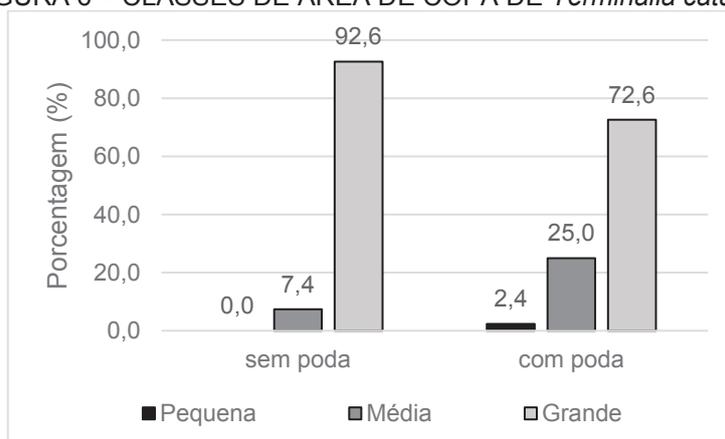
FIGURA 5 – DIFERENTES CLASSIFICAÇÕES DE ÁREA DE COPA DE *Terminalia catappa* A) ÁREA DE COPA GRANDE; B) ÁREA DE COPA PEQUENA



Fonte: A autora (2021).

O resultado encontrado quanto à classificação da área de copa da espécie foi muito semelhante ao encontrado por Pinto-Coelho (2021) no litoral do Espírito Santo, que obteve área média de copa de 70,2 m<sup>2</sup> para a espécie. A semelhança nos resultados da área de copa, pode facilitar o planejamento da arborização de cidades litorâneas da região sudeste, com a previsão da área média de copa dessas árvores na fase adulta (Figura 6).

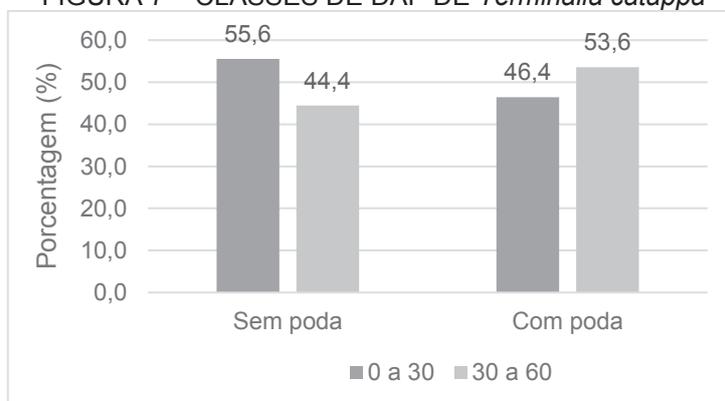
FIGURA 6 – CLASSES DE AREA DE COPA DE *Terminalia catappa*



Fonte: A autora (2021).

O crescimento do diâmetro à altura do peito nas árvores alcançou uma média de 30,5 cm, sendo que para as árvores sem poda houve uma concentração maior de indivíduos entre 0 e 30 cm de DAP, e para as árvores com poda a concentração maior ficou entre 30 e 60 cm (FIGURA 7).

FIGURA 7 – CLASSES DE DAP DE *Terminalia catappa*

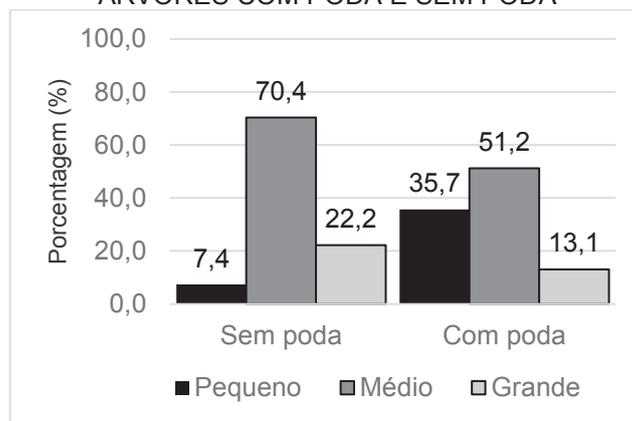


Fonte: A autora (2021).

Flores (2002) afirma que a *Terminalia catappa* pode alcançar DAP máximo de 60 a 70 cm, o que explica a ausência de árvores com maiores dimensões de tronco. Segundo Thomson e Evans (2006), árvores de *Terminalia catappa* crescem em diâmetro, cerca de 2,0 cm ao ano, assim, pode-se estimar que as árvores avaliadas tem idade média aproximada de 15 anos, com alguns indivíduos perto de 28 anos. Considerando o exposto pelo autor e as classes de diâmetro encontradas, pode-se inferir que as árvores com DAP entre 30 e 60, ou seja, com idade acima de 15 anos, foram as que sofreram maior incidência de poda.

Quanto a altura das árvores, foi possível notar que as árvores sem poda apresentaram maior quantidade de indivíduos nas classes de médio e grande porte, enquanto que as árvores podadas estavam, em sua maioria, nas classes de pequeno e médio porte (FIGURA 8).

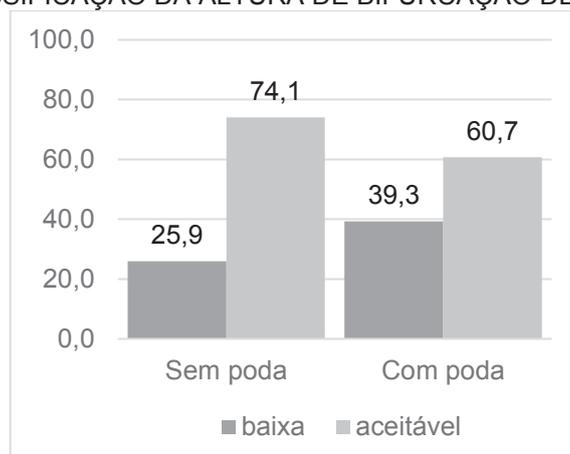
FIGURA 8 – CLASSIFICAÇÃO DO PORTE EM ALTURA DE *Terminalia catappa* EM ÁRVORES COM PODA E SEM PODA



Fonte: A autora (2021).

Bobrowski (2011) afirma que a altura da árvore é o fator que sofre maior influência quando a árvore é podada, principalmente em casos de poda drástica ou em casos em que a copa foi retirada.

Independente do manejo sofrido pelas árvores de *Terminalia catappa*, a altura média de bifurcação ficou acima do recomendado, indicando que as mudas plantadas apresentavam boa qualidade e formação. Porém, foi possível verificar que a proporção de árvores com altura de bifurcação abaixo do recomendado foi maior nas árvores com poda (FIGURA 9).

FIGURA 9 – CLASSIFICAÇÃO DA ALTURA DE BIFURCAÇÃO DE *Terminalia catappa*

Fonte: A autora (2021).

Itacarambi et al. (2018) afirmam que árvores com altura de bifurcação abaixo do recomendado exigem práticas de manejo adequadas, para não interferirem no fluxo de pessoas e veículos, sendo a poda de levantamento de copa a principal ação envolvida nessas situações. Assim, o resultado observado nessa pesquisa é totalmente compreensível, já que a poda de levantamento de copa é a segunda mais frequente para a espécie.

#### 4.1.2 *Ficus benjamina*

Analisando os padrões dendrométricos da espécie, foi possível verificar que a poda influenciou diretamente no porte das árvores de *Ficus benjamina* que tiveram uma redução maior que 60% na altura média e na área de copa das árvores (TABELA 5).

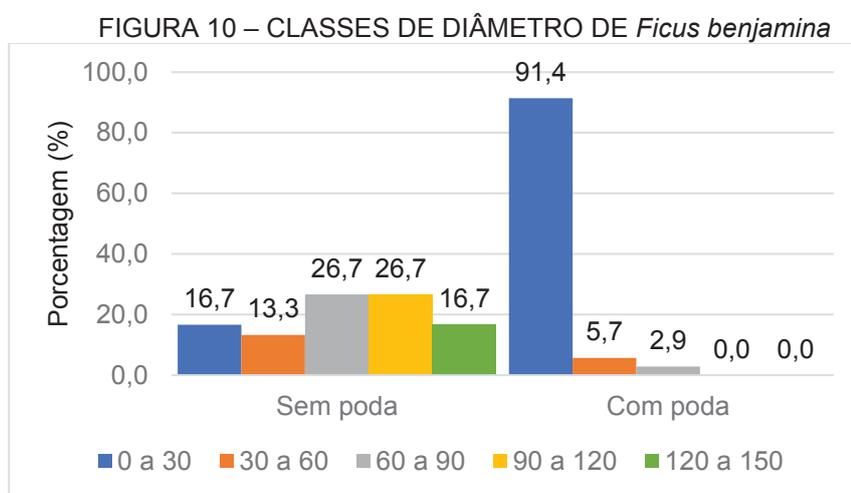
TABELA 5 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA E VARIABILIDADE DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS EM *Ficus benjamina*

Variável	Sem poda				Com poda			
	Mín.	médio	Máx.	Cv (%)	Mín.	médio	Máx.	Cv (%)
Ht (m)	1,9	9,4	15	39,36	1,6	3,62	8,0	39,5
Hbif (m)	0,0	2,0	3,5	46,89	0,0	0,7	1,9	65,06
DAP (cm)	5,0	76,7	146,4	542,37	2,0	15,0	73,2	86,88
DC (m)	1,6	10,0	20,0	52,60	0,88	3,6	9,5	51,67
AC (m)	2,5	15,7	31,4	52,67	1,37	5,5	14,9	53,36

NOTA: Ht (altura total); Hbif (altura de bifurcação); DAP (diâmetro à altura do peito); DC (diâmetro de copa); AC (área de copa).

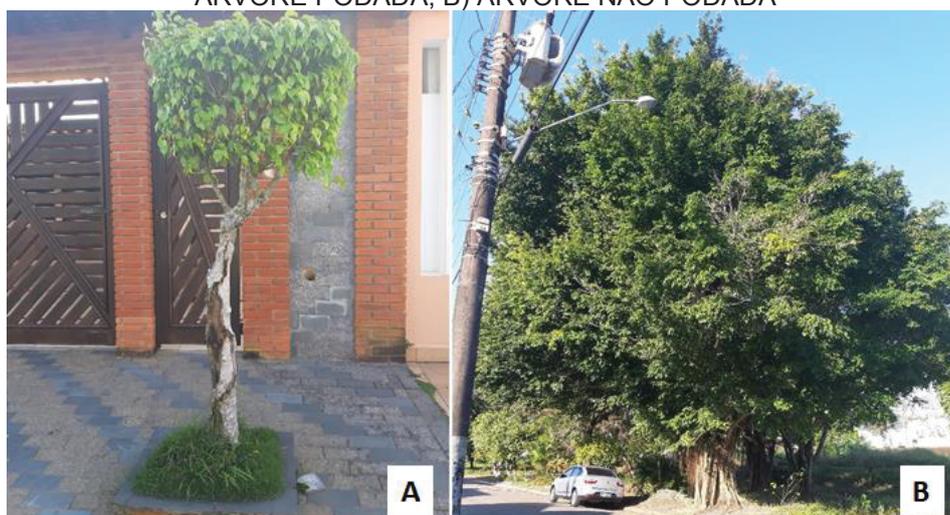
Fonte: A autora (2021).

Além de o DAP ser a variável com maior coeficiente de variação das árvores de *Ficus benjamina*, o DAP das árvores não podadas foi 80% maior que o das árvores podadas, demonstrando que as árvores mais velhas foram preservadas da poda, enquanto que as árvores mais jovens são as que apresentam podas mais frequentes. Quando avaliadas as classes de diâmetro é possível observar que 90% das árvores podadas apresentaram DAP na classe de 0 a 10 cm, demonstrando que para esta espécie a poda ocorre principalmente nas árvores jovens (FIGURA 10 e 11).



Fonte: A autora (2021).

FIGURA 11 – VARIAÇÃO DE DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO DE *Ficus benjamina* EM A) ÁRVORE PODADA; B) ÁRVORE NÃO PODADA



Fonte: A autora (2021).

A altura das árvores de *Ficus benjamina* foi bastante alterada pelas podas, já que a altura média das árvores não podadas foi maior que o dobro da altura média das árvores podadas (Figura 12).

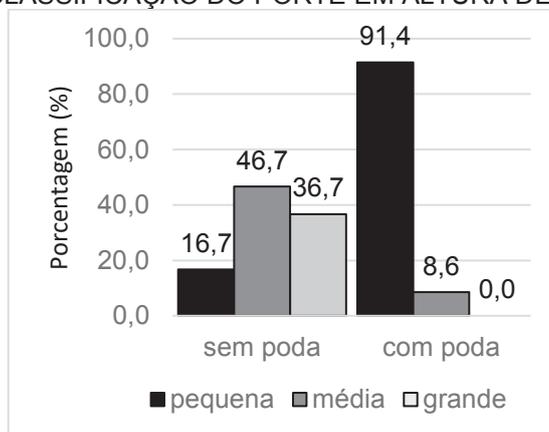
FIGURA 12 – ALTURA DE *Ficus benjamina* ALTERADA PELA PODA



Fonte: A autora (2021).

Foi possível verificar que 90% das árvores podadas estavam na classe de distribuição hipsométrica de 0 a 6 m, caracterizando um porte pequeno, enquanto que entre as árvores não podadas, a maioria se distribuiu entre as classes de médio e grande porte (FIGURA 13), resultado justificado pela realização, com maior frequência, da poda de redução.

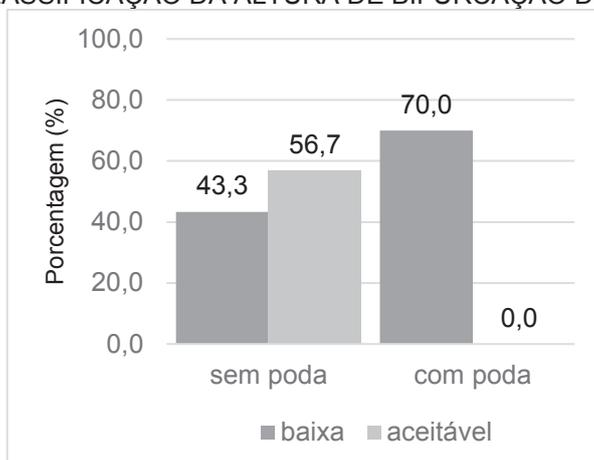
FIGURA 13 – CLASSIFICAÇÃO DO PORTE EM ALTURA DE *Ficus benjamina*



Fonte: A autora (2021).

Quanto à altura de bifurcação foi possível verificar que todas as árvores de *Ficus benjamina* que sofreram poda apresentavam altura de bifurcação abaixo do recomendado, com 2,10 m (FIGURA 14).

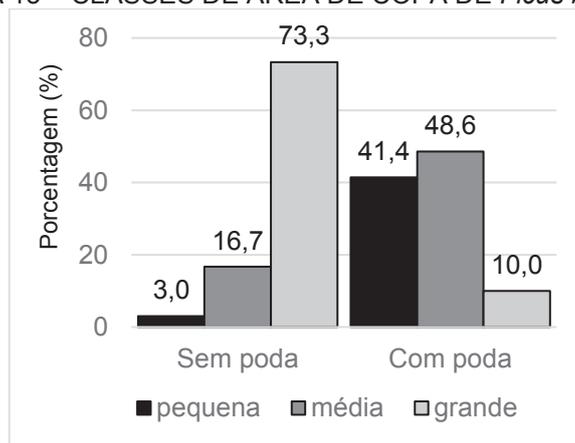
FIGURA 14 – CLASSIFICAÇÃO DA ALTURA DE BIFURCAÇÃO DE *Ficus benjamina*



Fonte: A autora (2021).

Observou-se que as árvores não podadas apresentavam, em sua maioria (73,4%), uma área de copa grande (acima de 26,5 m<sup>2</sup>), enquanto que para as árvores podadas a maioria apresentava áreas de copas pequenas e médias (Figura 15).

FIGURA 15 – CLASSES DE ÁREA DE COPA DE *Ficus benjamina*



Fonte: A autora (2021).

Embora a maioria das árvores tenham sofrido poda de redução, a área média de copa das árvores de *Ficus benjamina* no município foi de 38,7 m<sup>2</sup>,

superior ao encontrado por Lundgren et al. (2013) na cidade de Serra Talhada (PE) com área média de copa de 25 m<sup>2</sup>.

#### 4.1.3 *Delonix regia*

A segunda modalidade de poda mais frequente para a espécie foi a poda unilateral (FIGURA 16). Esse tipo de poda pode ser bastante comprometedor não só pra fitossanidade da árvore, mas também para sua biomecânica, alterando o centro de gravidade da árvore, podendo ocasionar seu tombamento em casos de correntes de vento favoráveis ao peso da copa.

FIGURA 16 – PODA UNILATERAL EM *Delonix regia*



Fonte: A autora (2021).

Analisando as características dendrométricas foi possível observar que as árvores podadas apresentavam um DAP 200% maior quando comparada com as árvores sem poda, e uma altura 47% maior. Em contrapartida as árvores não podadas, e mais jovens, apresentaram uma área de copa 15% maior. Isso demonstra que as árvores mais velhas são as que sofrem mais podas, mas como a poda de redução visa a diminuição em altura, houve pouca redução da área de copa para a espécie.

Além disso, a altura de bifurcação foi a característica com maior amplitude nas árvores sem poda, o que indica uma falta de padrão na qualidade das mudas das árvores dessa espécie, implantadas nas calçadas do município (TABELA 6).

TABELA 6 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA E VARIABILIDADE DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS EM *Delonix regia*

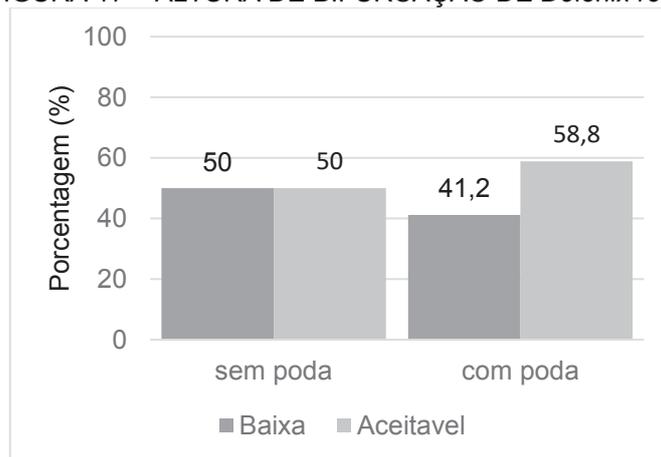
Variável	Sem poda				Com poda			
	Mín.	Médio	Máx.	Cv (%)	Mín.	Médio	Máx.	Cv (%)
<b>Altura(m)</b>	2,8	4,4	6,0	51,4	3,0	6,5	10,0	29,6
<b>Hbif (m)</b>	0,8	2,9	5,0	100,7	0,7	2,3	4,0	41,6
<b>DAP (cm)</b>	11,1	12,4	13,7	14,5	8,3	37,8	58,9	36,8
<b>DC (m)</b>	14,4	21,2	28,4	46,4	8,4	20,0	28,4	29,9
<b>AC (m)</b>	40,2	98,4	156,7	83,7	13,7	84,3	158,4	52,0

NOTA: Ht (altura total); Hbif (altura de bifurcação); DAP (diâmetro à altura do peito); DC (diâmetro de copa); AC (área de copa).

Fonte: A autora (2021).

A maioria das árvores avaliadas apresentou altura de bifurcação abaixo do recomendado (FIGURA 17), demonstrando que as mudas dessa espécie não eram próprias para o plantio em calçadas, já que as mudas desse padrão devem apresentar a altura da primeira bifurcação acima de 2,10 m.

FIGURA 17 – ALTURA DE BIFURCAÇÃO DE *Delonix regia*



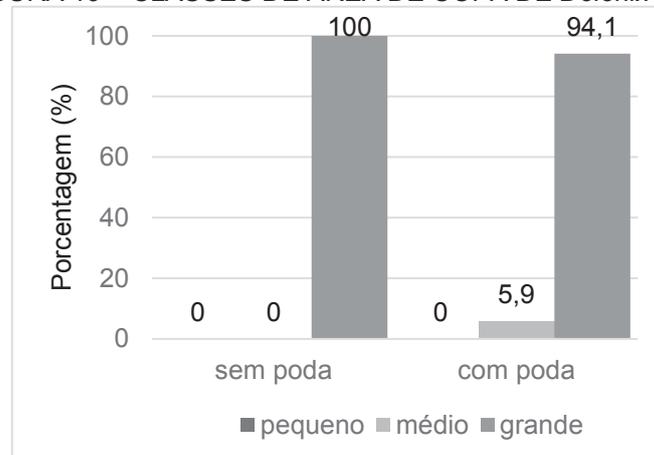
Fonte: A autora (2021).

A área de copa foi a variável com maior amplitude para as árvores podadas, sendo também a segunda variável com maior variação para as árvores não podadas (FIGURA 18).

FIGURA 18 – VARIÇÃO DE ÁREA DE COPA DE *Delonix regia*

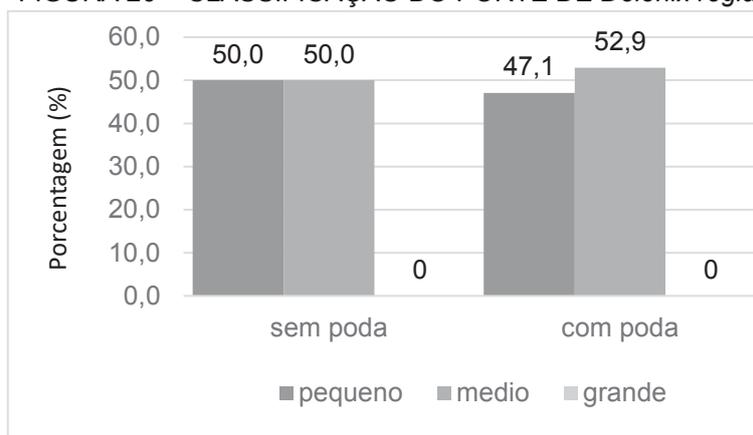
Fonte: A autora (2021).

Mesmo sofrendo podas, a maioria das árvores (90%) apresentaram área de copa na classe grande (FIGURA 19), com média de 85,8 m<sup>2</sup>. Os resultados da área de copa foram o dobro do encontrado por Arzai e Aliyu (2010) na Nigéria, com diâmetro médio de 5,13 m, correspondendo à uma área de 20,7 m<sup>2</sup>.

FIGURA 19 – CLASSES DE AREA DE COPA DE *Delonix regia*

Fonte: A autora (2021).

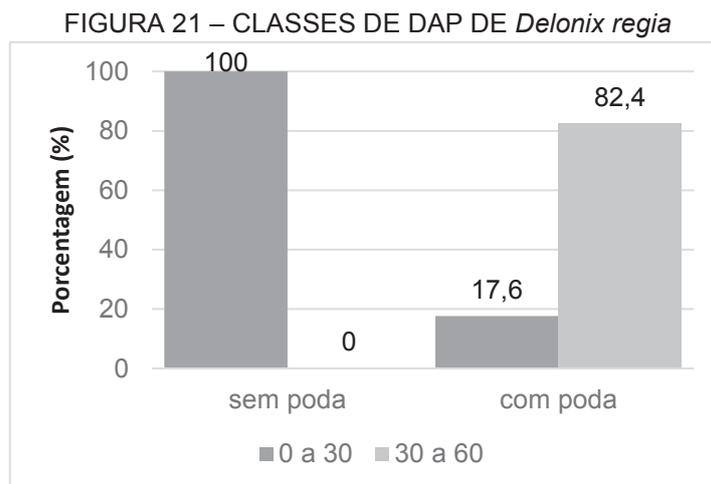
As árvores de *Delonix regia* apresentaram altura média de 6,3 m e nenhuma árvore avaliada apresentou altura superior à 10 m, sendo a maioria das árvores classificadas como médio porte (FIGURA 20).

FIGURA 20 – CLASSIFICAÇÃO DO PORTE DE *Delonix regia*

Fonte: A autora (2021).

A altura média para as árvores dessa espécie em Itanhaém foi superior ao valor estimado e observado para as árvores sênis de *Delonix regia* na Índia, com altura máxima de 3,7 m (ARZAI; ALIYU, 2010), e maior que as da Nigéria, com altura média de 4,23 m (NAGENDRA; GOPAL, 2011). Comparando-se os resultados de altura em cidades brasileiras, os valores são maiores. Em Itaúna do Sul-PR, as árvores dessa espécie tinham altura média de 12 m (MOURA; GIMENES; PIRES, 2013). Esses resultados indicam que as árvores de *Delonix regia* apresentaram melhor desenvolvimento no território brasileiro quando comparados à Índia e à Nigéria.

O DAP médio das árvores foi de 30,1 cm, sendo que os valores para as árvores não podadas foram inferiores às árvores podadas. Quando avaliada a classe de DAP das árvores podadas, observa-se que 80% das árvores apresenta DAP de 30 a 60 cm, enquanto que todas as árvores não podadas apresentaram DAP entre 0 e 30 (FIGURA 21). Esses resultados indicam que as árvores não podadas são mais jovens que as árvores podadas.



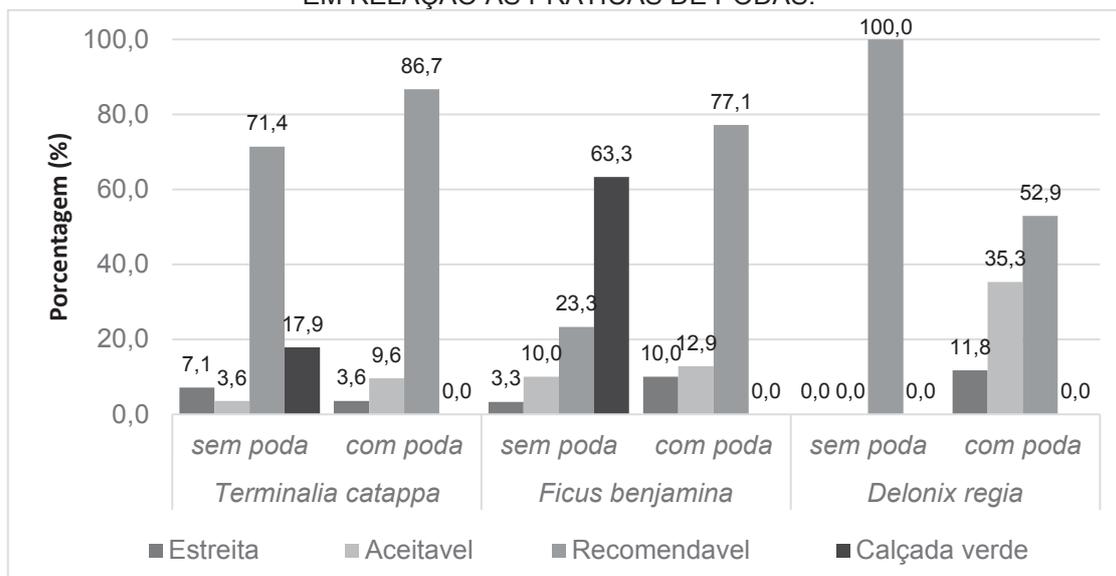
Fonte: A autora (2021).

O maior número de árvores nas classes de 30 a 60 cm é similar aos resultados da espécie na Índia, com 55,7% das árvores na classe de 30 a 60 cm de DAP (NAGENDRA; GOPAL, 2011) e também ao encontrado na Indonésia onde 44,7% das árvores estavam na classe de 50 a 70 cm de DAP (ABENDROTH et al., 2012), demonstrando que a espécie apresenta um bom desenvolvimento no município.

#### 4.2 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO

Quando avaliou-se o meio físico onde estavam as árvores, foi observado que a maioria das árvores de *Terminalia catappa* e *Delonix regia* estavam em calçadas com largura recomendável entre 2,2 m e 5,0 m, enquanto que a maioria das árvores de *Ficus benjamina* que não sofreram poda estavam em calçadas com largura superior a 5,0 m (FIGURA 22).

FIGURA 22 – CLASSIFICAÇÃO DA LARGURA DE CALÇADA DAS ÁRVORES AVALIADAS EM RELAÇÃO AS PRÁTICAS DE PODAS.



Fonte: A autora (2021).

A maioria das árvores de *Ficus benjamina*, *Terminalia catappa* e *Delonix regia* que sofreram poda estavam em calçadas com largura recomendável, segundo os padrões da ABNT. Porém, somente as condições da largura de calçada não foram suficientes para compatibilizar as árvores com o ambiente inserido, sendo necessária a realização de podas frequentes. Isso demonstra a importância de associar também a largura da área de crescimento disponível para as árvores com o seu porte da árvore, já que o desenvolvimento e projeção de copa podem ser limitantes e apresentar conflitos com os equipamentos urbanos. Nesse sentido, Martelli e Barbosa Junior (2010) afirmam que o porte natural das espécies do gênero *Ficus spp.* é desproporcional em plantios nas calçadas, e por esse motivo sofrem podas excessivas, conforme observado na FIGURA 23.

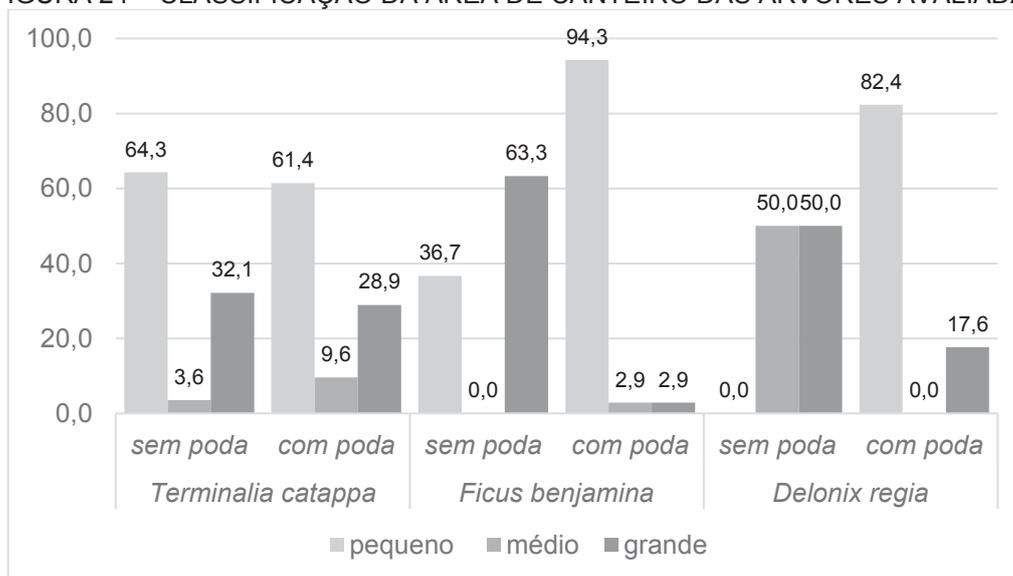
FIGURA 23 – VARIAÇÃO DA LARGURA DE CALÇADA DAS ÁRVORES DE *Ficus benjamina* PARA A) ÁRVORE SEM PODA; B) ÁRVORE COM PODA



Fonte: A autora (2021).

Quanto à área do canteiro os resultados demonstram que 77% das árvores que sofreram poda estavam com área de canteiro inferior a 1 m<sup>2</sup> (Figura 24), o que demonstra a incompatibilidade das árvores com o meio físico e a aplicação da poda como uma tentativa de condicionamento da árvore à um espaço pequeno.

FIGURA 24 – CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DE CANTEIRO DAS ÁRVORES AVALIADAS



Fonte: A autora (2021).

Foi possível verificar que para *Terminalia catappa* a área de canteiro não foi determinante para poda, já que a maioria das árvores com poda também estavam em calçadas estreitas. Entretanto, a maioria das árvores de *Ficus benjamina* e de *Delonix regia* que não sofreram poda estavam em canteiros grandes ou médios, enquanto que a maioria das árvores podadas estavam inseridas em canteiros pequenos, com área inferior a 1 m<sup>2</sup>.

O tamanho inadequado dos canteiros pode interferir no desenvolvimento das árvores, favorecendo o estrangulamento e afloramento das raízes (PEREIRA, 2017). Biondi e Althaus (2005) enfatizam que o canteiro destinado à arborização urbana, livre de pavimentação, deve ter uma área superior a 1,0 m<sup>2</sup>. Silva (2018) afirma que o fornecimento de espaço suficiente ao desenvolvimento das árvores é fundamental para o processo de equilíbrio e sustentação da árvore no meio urbano. Nesse sentido, Souza, Bittencour e Martini (2020) observaram que a maioria das árvores que caíram em Belo Horizonte (MG), estavam implantados em calçadas, demonstrando que muitas vezes o espaço disponível para o desenvolvimento das árvores em calçadas não é suficiente.

### 4.3 ANÁLISE DE RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES

#### 4.3.1 Probabilidade de falha das árvores

Para analisar a influência da poda em um contexto geral, avaliou-se a probabilidade de falha das três espécies selecionadas. Os galhos secos estiveram presentes nas copas de mais de 80% das árvores com e sem poda. Foi possível constatar que nas árvores com poda na copa, os problemas mais frequentes, além dos galhos secos, foram brotações epicórmicas, comuns em 84,1% das árvores podadas, e os insetos xilófagos, presentes em 40,6% (FIGURA 25).

FIGURA 25 – PROBLEMAS NAS COPAS DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A PRESENÇA DE PODA NA COPA



Fonte: A autora (2021).

A presença de galhos secos também foi o problema mais comum encontrado na avaliação de risco da arborização de Kuala Lumpur (Malásia), onde os autores afirmam que embora este problema sozinho não consistia em uma ameaça séria, a proximidade de alvos e efeitos colaterais altos à essas árvores poderiam contribuir para um aumento na classificação do risco (SREETHERAN; ADNAN; AZUAR, 2011). Esse resultado demonstra que devem ser incentivadas as podas de limpeza para que esses galhos sejam removidos, garantindo assim, um melhor vigor da planta e maior segurança aos transeuntes

Martins, Andrade e De Angelis (2010) afirmaram que as brotações epicórmicas estão ligadas às podas severas, que posteriormente, a árvore apresenta uma reação compensatória quebrando a dormência das gemas latentes com intuito de compensar a área assimilatória perdida pela árvore. Volpe-Filik, Silva e Lima (2007) afirmam que embora brotações auxiliem a recuperação das atividades fisiológicas da planta, elas descaracterizam a copa original das espécies. Os brotos epicórmicos oferecem riscos devido à incompatibilidade com a arquitetura original das árvores e à baixa aderência ao tronco principal, quebrando facilmente (MARTINS; ANDRADE; DE ANGELIS, 2010) assim, as brotações devem ser evitados e/ou removidos com a adoção de uma manutenção periódica, com podas menos severas na fase jovem da árvore (PAIVA; GONÇALVES, 2012).

Na avaliação do tronco, os problema mais comuns nas árvores podadas foram as rachaduras e galhas. Entretanto, as rachaduras apresentaram a

mesma frequência nas árvores com e sem poda, enquanto que a galha apresentou maior amplitude na frequência, sendo as árvores podadas mais prejudicadas por este problema (FIGURA 26).

FIGURA 26 – PROBLEMAS NOS TRONCOS DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A PRESENÇA DE PODA NA COPA



Fonte: A autora (2021).

Galhas com características morfológicas similares às encontradas em material lenhoso das árvores avaliadas em Itanhaém (Figura 27), também foram encontradas em pessegueiros e descritas por Ali et al. (2016), como galhas bacterianas, causadas por *Agrobacterium tumefaciens*. Segundo os autores esse tipo de galha afeta plantas dicotiledôneas e é caracterizada pelo crescimento de “tumores” entre o caule e a raiz, sendo o tumor resultante da transferência natural dos genes da bactéria para o gene da planta.

FIGURA 27 – PRESENÇA DE GALHA EM *Terminalia catappa* A) ESTÁGIO INICIAL; B) ESTÁGIO AVANÇADO



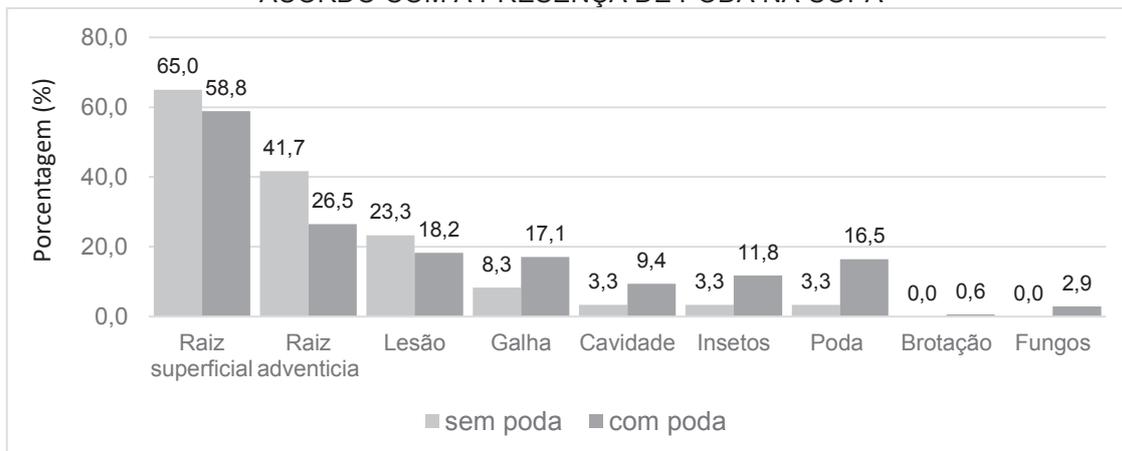
Fonte: A autora (2021).

A presença de rachaduras também foi o problema mais frequente no tronco na análise de risco de queda de árvores em Hong Kong, afetando 47% das árvores avaliadas. Os autores justificam que parte das rachaduras eram originadas pelo tutoramento inadequado das árvores quando implantadas (JIM; ZHANG, 2013).

Outro problema com maior amplitude de frequência quando a árvore foi podada, foi a presença de insetos. Este problema atingiu 17,6% das árvores podadas e 1,7% das árvores não podadas, demonstrando uma possível influência da poda na ocorrência desses organismos.

Entre os problemas encontrados na base dos troncos e nas raízes, a raiz superficial foi o problema mais frequente, atingindo aproximadamente 60% das árvores com e sem poda (FIGURA 28).

FIGURA 28 – PROBLEMAS NA BASE DO TRONCO E NAS RAÍZES DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A PRESENÇA DE PODA NA COPA



Fonte: A autora (2021).

O afloramento de raízes dessas árvores na arborização é bastante frequente, devido à esta ser uma característica natural de todas as espécies avaliadas. As raízes superficiais no solo destas espécies foram observadas também em Goiandira – GO (PIRES et al., 2010), Bom Jesus – PI (OLIVEIRA et al., 2016) e Aracaju – SE (SANTOS et al., 2015).

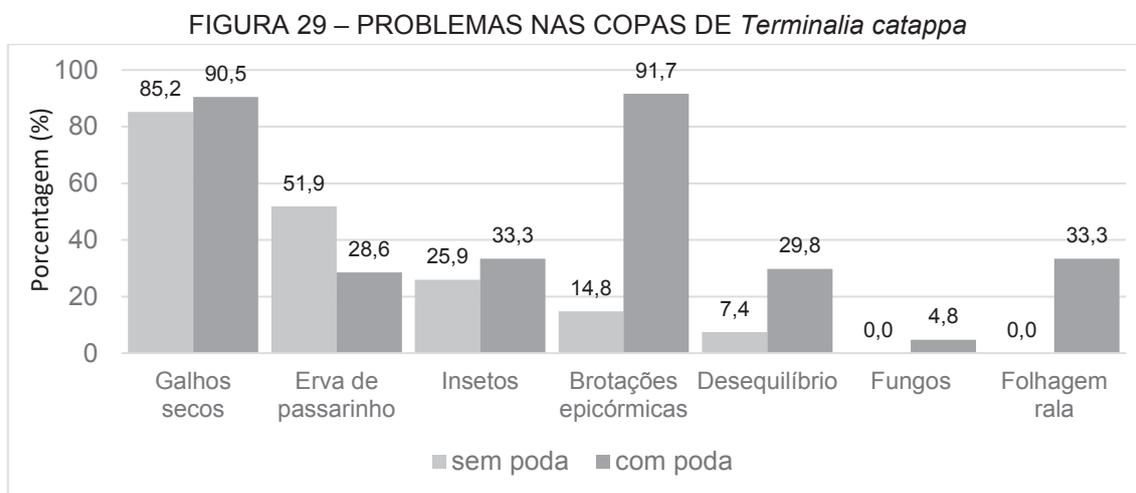
A presença das raízes adventícias foi menor nas árvores com poda, demonstrando uma maior atenção à remoção dessas raízes aéreas quando a árvore é podada. Porém, as podas de raízes também foram mais frequentes em árvores podadas, o que pode influenciar a fixação e aderência da árvore ao solo em casos de intempéries, colocando em risco a população que circula nas proximidades destas árvores.

Embora o contexto geral expresse a influência da poda na qualidade das árvores, é possível que as espécies apresentem particularidades quanto a presença de problemas e também à sensibilidade à poda, assim, os problemas foram avaliados também por espécie.

#### 4.3.1.1 *Terminalia catappa*

Com a probabilidade de falha de cada parte da árvore foi possível verificar alguns padrões para as espécies. Para a copa de *Terminalia catappa*, as árvores

podadas apresentaram mais problemas associados à probabilidade de falha que as não podadas (FIGURA 29).



Fonte: A autora (2021).

Para *Terminalia catappa* o problema mais frequente nas árvores independente da poda, foi a presença de galhos secos (85,2%), enquanto que a maior distinção entre as árvores com ou sem poda, se deu pela presença brotações epicórmicas (91,7%) (FIGURA 30).

FIGURA 30 – PROBLEMAS ENCONTRADOS NAS COPAS DE *Terminalia catappa* A) GALHOS SECOS; B) BROTAÇÕES EPICÓRMICAS

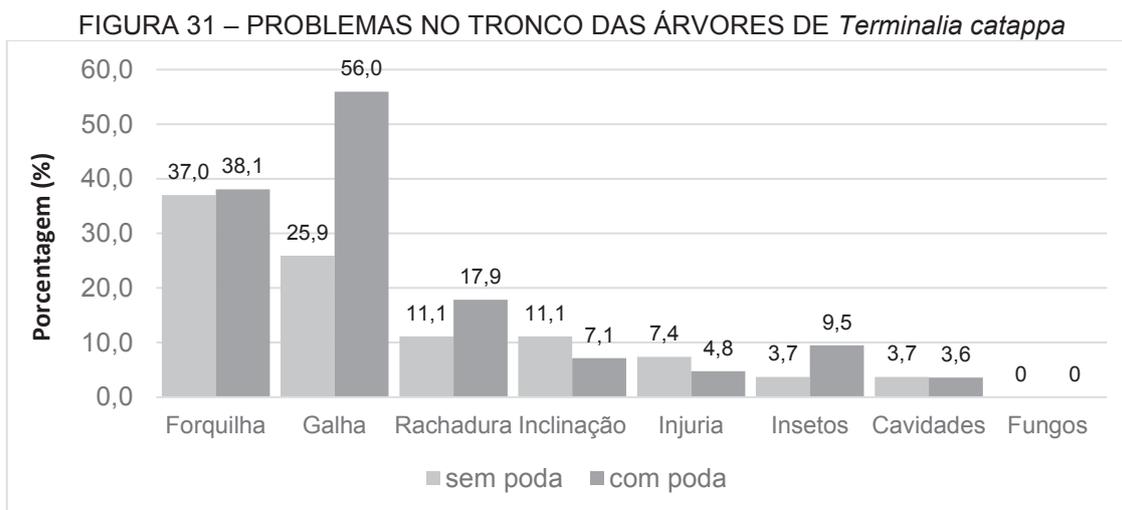


Fonte: A autora (2021).

Todos os problemas da copa tiveram proporções maiores quando a árvore era podada, exceto para a presença de ervas-de-passarinho, que foi maior nas árvores não podadas quando comparada às árvores podadas. Sulevis e Biondi (2014) analisando a presença de ervas-de-passarinho na arborização

urbana de Curitiba, concluíram que estas são mais frequentes em árvores de espécies exóticas, justificando a existência destes nas árvores de *Terminalia catappa* avaliadas nesta pesquisa.

No tronco foi possível observar que o problema mais frequente nas árvores de *Terminalia catappa* foi a presença de galhas e forquilha tanto para as árvores podadas, quanto para as não podadas (FIGURA 31).



Fonte: A autora (2021).

A presença de galhas nas árvores dessa espécie é comum na região da baixada santista. Villaça, Lapo e Magenta (2017) também observaram a alteração morfológica do tronco de *Terminalia catappa* pela presença de galha na cidade de Santos – SP, cerca de 70 km de Itanhaém.

As forquilhas ou bifurcações em “V” (FIGURA 32) geralmente são provenientes de estresse ambiental ou recuperação pós injúrias mecânicas que propiciam a ocorrência de rachaduras e podridões, ocasionando um possível ponto de falha nas árvores e colocando-as em risco (BOBROWSKI, 2010).

FIGURA 32 – FORQUILHAS OU BIFURCAÇÕES EM “V”; A) COM CASCA INCLUSA; B) COM TRONCOS CODOMINANTES



Fonte: A autora (2021).

A presença de forquilhas, bifurcações codominantes ou com casca inclusa, reflete a baixa qualidade das mudas inseridas na arborização, já que mudas destinadas às calçadas, devem apresentar apenas um tronco principal dominante, até pelo menos 2,10 m de altura, sendo que esses problemas deveriam ser evitados com podas de formação ou condução ainda no viveiro.

Analisando os problemas que possibilitam a falha na base do tronco e das raízes, foi possível observar que o problema mais frequente para *Terminalia catappa* foi a raiz superficial, seguida por galhas e lesões (FIGURA 33).

FIGURA 33 – PROBLEMAS NA BASE DO TRONCO E NAS RAÍZES DAS ÁRVORES DE *Terminalia catappa*



Fonte: A autora (2021).

Thomson e Evans (2006) afirmam que as raízes lateralmente superficiais são uma das características das árvores de *Terminalia catappa* e este mecanismo auxilia na fixação da planta em solos arenosos e costeiros como o das árvores avaliadas (FIGURA 34). Assim, embora para outras espécies as raízes superficiais possam indicar problemas de fixação das árvores, este problema não se aplica para a *Terminalia catappa*, por ser um mecanismo natural da planta.

FIGURA 34 – AFLORAMENTO DE RAÍZES DE *Terminalia catappa*



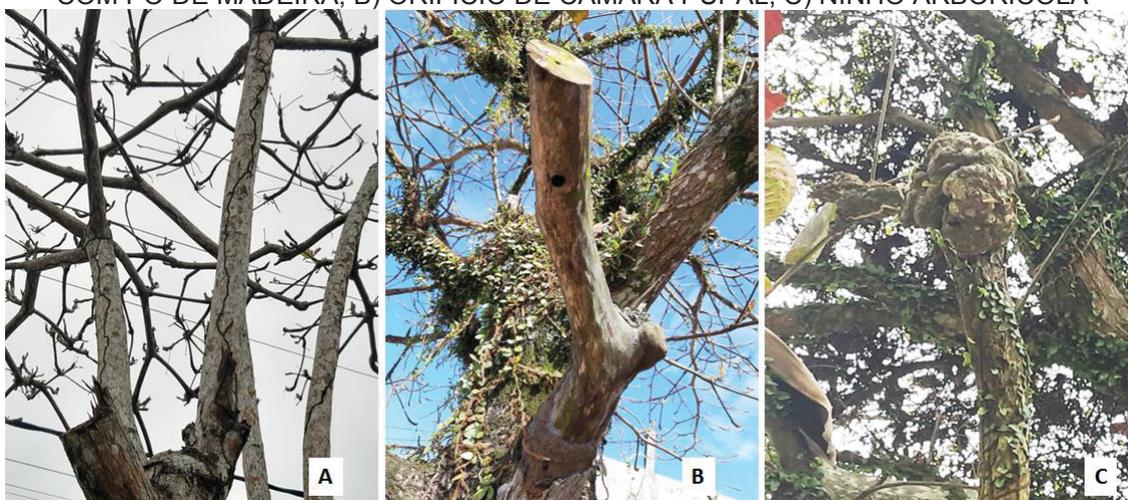
Fonte: A autora (2021).

Embora em maior frequência nas árvores podadas, observou-se que houve um padrão de maior proporção de ataque de insetos na copa, seguido pelo tronco e por último à base ou raízes. Martins, Andrade e De Angelis (2010) afirmaram que é comum o ataque por insetos ser evidenciado na copa e galhos

antes que é notado em outras partes da planta, já que a copa é a parte da planta que mais sofre injúrias, além da exposição do lenho devido às podas.

De modo geral, nas árvores de *Terminalia catappa* foram encontrados os seguintes insetos xilófagos: cupins (36,9%) , abelhas (14,4%) e formigas carpinteiras (3,6%). Entre os vestígios de insetos xilófagos foram observados a presença galerias com pó de madeira, orifícios de câmara pupal e de ninhos arborícola (FIGURA 35).

FIGURA 35 – VESTÍGIOS DE INSETOS XILÓFAGOS EM *Terminalia catappa* A) GALERIAS COM PÓ DE MADEIRA; B) ORIFÍCIO DE CAMARA PUPAL; C) NINHO ARBORÍCOLA



Fonte: A autora (2021).

Mais de 85% dos vestígios de cupins formados por ninhos e tuneis estavam nas copas das árvores, sendo que 12% das árvores com cupins apresentaram ninhos arborícolas. Considerando as características do local e dos vestígios de cupins observados (FIGURA 36), é possível que os cupins observados pertençam ao gênero *Microcerotermes*, descritos por Oliveira et al. (2019).

FIGURA 36 – VESTÍGIOS DE *Microcerotermes* A) TUNÉIS COM PÓ DE MADEIRA; B) INSETOS DENTRO DO TUNEL; C) NINHO ARBORÍCOLA



Fonte: A autora (2021).

É abundante a ocorrência de *Microcerotermes* em áreas naturais e urbanas do Litoral do Estado de São Paulo, no Nordeste e na Amazônia (BANDEIRA; MIRANDA; VASCONCELLOS, 1998; COSTA-LEONARDO, 2002). Este grupo refere-se aos cupins que constroem ninhos nos troncos das árvores ou em locais elevados, e se comunicam com o solo através de galerias superficiais (FONTES; MILANO, 2002; ZANETTI, s/d). A presença de ninhos de cupins do gênero *Microcerotermes* em árvores urbanas de *Terminalia catappa* também foi verificada por Costa (2011) no interior da Paraíba.

Alguns insetos puderam ser observados e identificados quanto ao gênero *in loco* com maior facilidade devido a facilidade de identificação, como as formigas do Gênero *Camponotus* (FIGURA 37).

FIGURA 37 – FORMIGA DO GÊNERO *Camponotus* EM *Terminalia catappa*



Fonte: A autora (2021).

Formigas do gênero *Camponotus*, de atividade diurna, observadas em campo também foram encontradas na arborização urbana da Colômbia, com interação das espécies *C. blatus*, *C. lindigi* com *Terminalia catappa* (AYALA, 2018). Em Três Rios no Estado no Rio de Janeiro, foi constatada presença das espécies *C. crassus* Mayr, *C. fastigatus* Roger e *C. prox. brettessi* Forel em árvores de *Terminalia catappa* em calçadas (CORIOLANO et al., 2014).

Também foi verificado em alguns orifícios pupais nos galhos de *Terminalia catappa*, a presença abelhas carpinteiras do gênero *Xylocopa* sp. (FIGURA 38). Mougá e Warkentin (2016) afirmaram que as árvores de *Terminalia catappa* em Joinville (SC) estavam entre as plantas visitadas por *Xylocopa* sp.

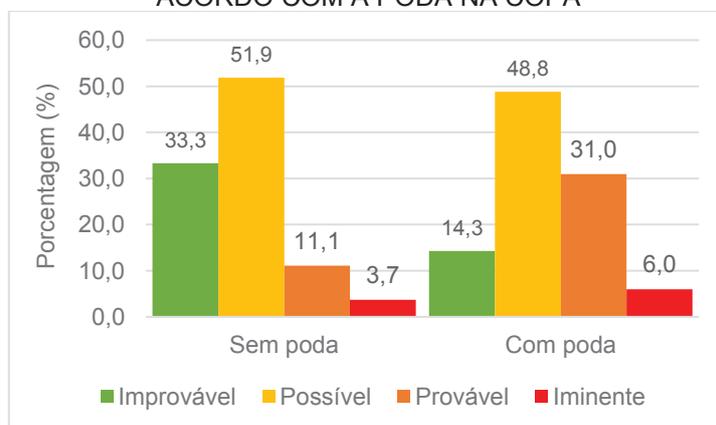
FIGURA 38 – *Xylocopa* sp. EM ÁRVORES DE *Terminalia catappa*



Fonte: A autora (2021).

Após avaliar os principais problemas presentes nas árvores foi possível classificar as árvores quanto à probabilidade de falha (FIGURA 39).

FIGURA 39 – PROBABILIDADE DE FALHA DAS ÁRVORES DE *Terminalia catappa* DE ACORDO COM A PODA NA COPA



Fonte: A autora (2021).

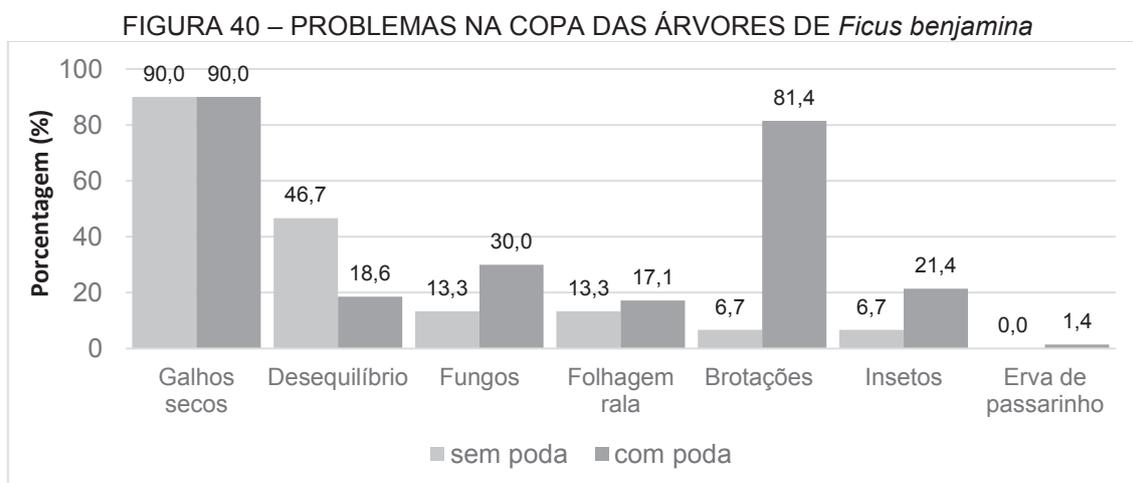
A maioria dos indivíduos de *Terminalia catappa* sem poda (51,9%), foi classificado com “possível” falha da árvore, seguido pela “improvável” falha, enquanto que para as árvores com poda, a classe de “possível” falha também foi a que apresentou maior proporção de indivíduos (48,8 %), porém, a segunda classe mais frequente foi a de “provável” falha.

Os resultados demonstram que a poda possivelmente influenciou o surgimento de problemas que comprometem a estrutura física das árvores, aumentando a probabilidade de falha nos seus indivíduos, contribuindo para o aumento do risco de queda.

Pereira et al. (2011), Mores et al. (2019) e Velasco (2003) afirmam que as podas intensas e ou mal executadas aumentam o risco de queda das árvores por influenciar diretamente na fitossanidade e no apodrecimento do lenho.

#### 4.3.1.2 *Ficus benjamina*

Para as árvores de *Ficus benjamina* o problema mais frequente na copa foi a presença de galhos secos, verificado em 90% das árvores (Figura 40). O problema com maior diferença entre as árvores com e sem poda, foram também as brotações epicórmicas, sendo este o segundo problema mais frequente nas árvores podadas, enquanto que nas árvores sem poda foi o desequilíbrio (FIGURA 41).



Fonte: A autora (2021).

FIGURA 41 – PROBLEMAS FREQUENTES EM *Ficus benjamina*; A) BROTAÇÕES EPICÓRMICAS; B) DESEQUILÍBRIO DA ÁRVORE

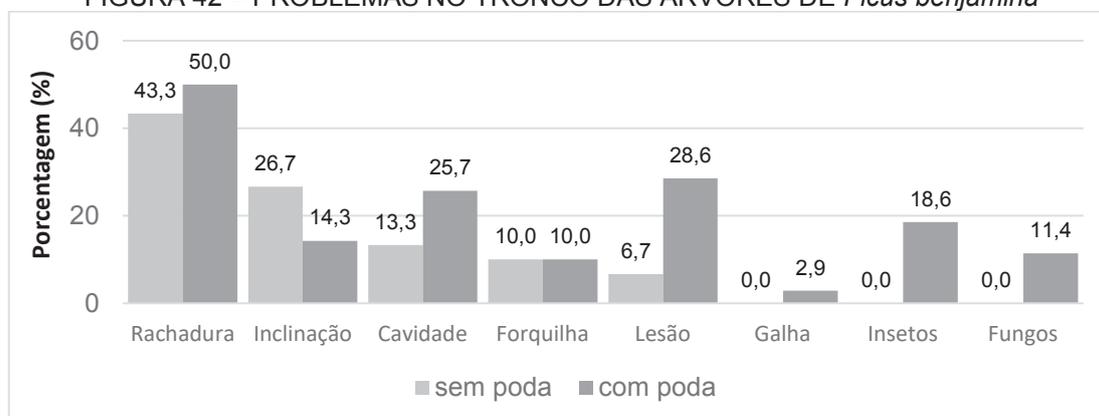


Fonte: A autora (2021).

Guimarães e Cardoso Junior (2019) afirmam que dependendo da situação da copa, a árvore pode apresentar risco iminente de queda por causa do desequilíbrio causado pela poda e uma sobrecarga unilateral brusca. Entretanto, muitas vezes, quando ocorre um desequilíbrio gradativo, ou como consequência da falta de tutoramento das mudas, as próprias árvores conseguem gerar mecanismos de compensação capazes de diminuir a sobrecarga.

O problema mais frequente no tronco foram as rachaduras (FIGURA 42), tanto para as árvores podadas (50%), quanto para as árvores não podadas (43,3%).

FIGURA 42 – PROBLEMAS NO TRONCO DAS ÁRVORES DE *Ficus benjamina*



Foi observado que no ponto de secção das rachaduras, a árvore iniciava a emissão de raízes adventícias (FIGURA 43), porém, não é possível afirmar se as rachaduras são consequências ou causa da emissão das raízes adventícias.

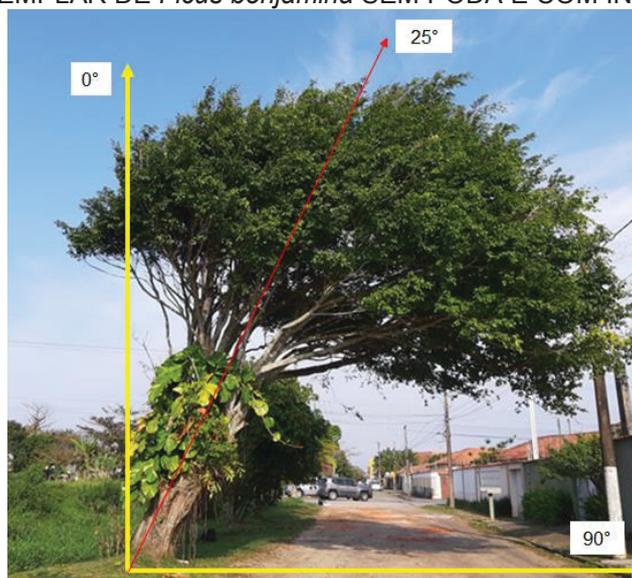
FIGURA 43 – PRESENÇA DE RACHADURAS EM *Ficus benjamina* A) NA BIFURCAÇÃO; B) AO LONGO DO TRONCO



Fonte: A autora (2021).

O segundo problema mais frequente no tronco das árvores de *Ficus benjamina* não podadas foi a inclinação do tronco, ocorrendo em 26,7% das árvores avaliadas, com uma inclinação média de 25°, possivelmente como uma consequência do peso das copas desequilibradas (FIGURA 44).

FIGURA 44 – EXEMPLAR DE *Ficus benjamina* SEM PODA E COM INCLINAÇÃO DE 25°



Fonte: A autora (2021).

Bobrowski et al. (2017) encontraram semelhanças na inclinação da copa na arborização urbana de 3 cidades, onde a maioria das árvores apresentavam maior projeção média da copa no sentido da rua, atribuindo essa característica comum, à menor competição por espaço aéreo nessa região.

Para as árvores de *Ficus benjamina* podadas, o segundo problema mais frequente no tronco das árvores foram as lesões. Apesar da maioria dos casos de lesão no tronco de árvores urbanas estejam associadas às injúrias mecânicas por podas, vandalismo ou acidentes com veículos (SANTOS et al., 2019), as árvores avaliadas em Itanhaém, apresentaram lesão causada pela própria emissão das raízes adventícias, que lesionavam a casca externa (FIGURA 45).

FIGURA 45 – EXEMPLARES DE *Ficus benjamina* COM LESÃO NO TRONCO



Fonte: A autora (2021).

Na avaliação da base das árvores de *Ficus benjamina*, as raízes adventícias foram o problema mais frequente, seguidos pela formação de raízes superficiais (FIGURA 46).

FIGURA 46 – PROBLEMAS NA BASE DO TRONCO E NAS RAÍZES DAS ÁRVORES DE *Ficus benjamina*



Fonte: A autora (2021).

Muitos estudos enfatizam a correlação positiva entre espécies de grande porte e os danos causados às calçadas pelo sistema radicular, justificando a ocorrência destes eventos para as espécies avaliadas (PAIVA, 2009; MARIA, 2017).

Relatos de danos às calçadas ocasionados por *Ficus benjamina* também são frequentes em pesquisas de arborização urbana (STRANGHETTI; SILVA, 2010, ROCHA et al., 2004, SILVA; SILVEIRA; TEIXEIRA, 2008, RODOLFO JÚNIOR et al., 2008, PIRES et al., 2010, ALBERTIN et al., 2010, MARTELLI; BARBOSA JÚNIOR 2010, LUNDGREN et al., 2013). Vargas-Gárzon e Molina-Prieto (2012) citam ainda que os prejuízos causados pelas raízes destas árvores na Colômbia, Brasil e México, vão além de danos às calçadas, podendo prejudicar galerias de água e esgoto.

As raízes adventícias ocorreram na maioria das árvores podadas e não podadas (FIGURA 47). Starr, Starr e Loope (2003) afirmam que a espécie tem como característica a emissão de raízes adventícias penduradas no tronco, capazes de prejudicar superfícies de concreto, sendo esse um fator limitante do uso da espécie em calçadas.

FIGURA 47 – RAÍZES ADVENTÍCIAS DE *Ficus benjamina* A) NOS GALHOS; B) NO TRONCO



Fonte: A autora (2021).

Em todas as partes da árvore, foi possível verificar a incidência de fungos e insetos para as árvores com poda. Segundo Martins, Andrade e De Angelis (2010) as podas expõem o lenho das árvores e quando realizada de forma inadequada favorecem a deterioração por organismos xilófagos.

Entre os insetos frequentes nas árvores de *Ficus benjamina*, destacam-se principalmente os tripses, que atingiram 32% das árvores avaliadas, os cupins, causando danos à 15% das árvores, as abelhas e formigas carpinteiras presentes em 7% e 6% das árvores, respectivamente.

Os tripses (FIGURA 48) são insetos praga da Ordem Thysanoptera, que podem causar declínio da árvore, causando clorose (amarelecimento), encarquilhamento (enrolamento) e até queda das folhas (ZORZENON, 2013).

FIGURA 48 – SINTOMAS DE ENCARQUILHAMENTO E CLOROSE NAS FOLHAS DE *Ficus benjamina* CAUSADOS POR TRIPES



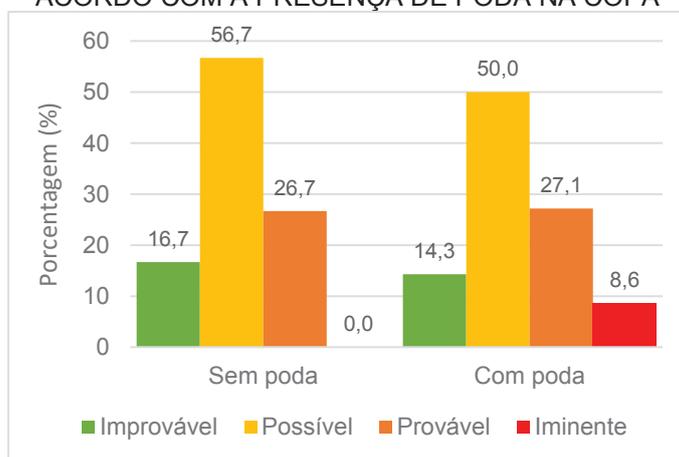
Fonte: A autora (2021).

Foram relatadas infestações de tripses do gênero *Gynaikothrips* sp. em *Ficus benjamina* nas cidades de São João da Boa Vista no Estado de São Paulo (ZORZENON, 2013), de tripses das espécies *Gynaikothrips uzeli* e *Androthrips ramachandrai* em Cuiabá em Mato Grosso (SILVA, 2010) e de *Thrips* sp. em Alagoinhas na Bahia (VAZ; ROCABADO, 2018). Silva (2010) afirma que a infestação de diversas espécies de tripses nas árvores do gênero *Ficus* sp. são frequentes no mundo todo.

O segundo inseto praga mais frequente foi o cupim. Os cupins em *Ficus benjamina* também foram observados em Itapira-SP (MARTELLI; BARBOSA JUNIOR, 2010) e em Santarém-PA (SILVA et al., 2019) sendo este fator determinante de supressão das árvores, demonstrando o impacto negativo dos cupins no risco de queda das árvores.

Após avaliação das árvores de *Ficus benjamina*, foi feita a classificação da probabilidade de falha das árvores de acordo com a presença de poda na copa (FIGURA 49).

FIGURA 49 – PROBABILIDADE DE FALHA DAS ÁRVORES DE *Ficus benjamina* DE ACORDO COM A PRESENÇA DE PODA NA COPA



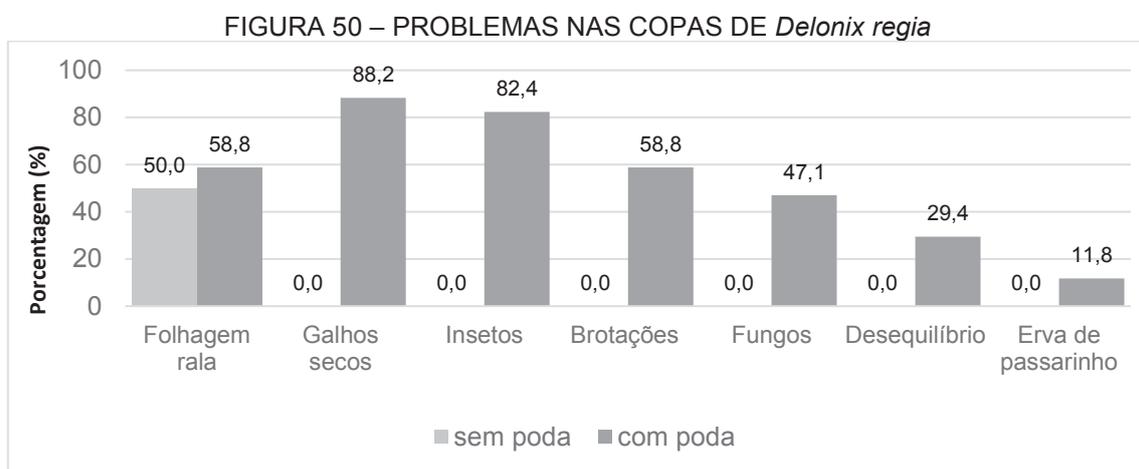
Fonte: A autora (2021).

O padrão da probabilidade de falha foi semelhante entre as árvores com poda e sem poda, foi similar ao encontrado para a *Terminalia catappa* sendo a maioria das árvores classificadas como “possível” falha. Porém, apenas as árvores com poda, tiveram indivíduos com probabilidade “iminente” de queda,

demonstrando que a poda possivelmente contribuiu para o surgimento de problemas na árvore.

#### 4.3.1.3 *Delonix regia*

Com a probabilidade de falha de cada parte da árvore foi possível verificar que na copa das árvores podadas de *Delonix regia* apresentaram a maior proporção de problemas quando comparados às árvores não podadas, sendo a presença de galhos secos e insetos os problemas mais frequentes (FIGURA 50).



Fonte: A autora (2021).

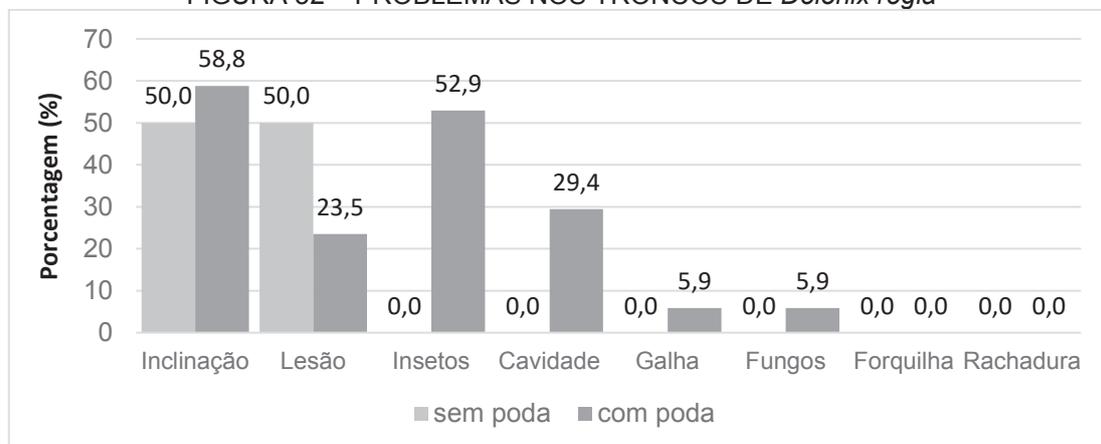
A quantidade de galhos secos e ocos foi também um fator negativo na sanidade das árvores adultas de *Delonix regia* em Patos-PB (LUCENA et al., 2015). Santos et al. (2015) pondera ainda, que podas frequentes, drásticas ou falta de manejo adequado dos galhos secos podem contribuir com a infestação de cupins arborícolas.

O único problema presente na copa das árvores não podadas foi a folhagem rala (FIGURA 51). Pujals et al. (2009) afirma que a folhagem rala indica condição de estresse da árvore, associado a problemas de enraizamento ou distúrbios que alteram a fisiologia da árvore, proporcionando maior risco quando a quantidade de folhas vivas na árvore for menor.

FIGURA 51 – COPA DE *Delonix regia* COM FOLHAGEM RALA

Fonte: A autora (2021).

Na avaliação do tronco, o problema mais frequentes, para as árvores com e sem poda, que contribuiu para a probabilidade de falha das árvores, foi inclinação do tronco (FIGURA 52).

FIGURA 52 – PROBLEMAS NOS TRONCOS DE *Delonix regia*

Fonte: A autora (2021).

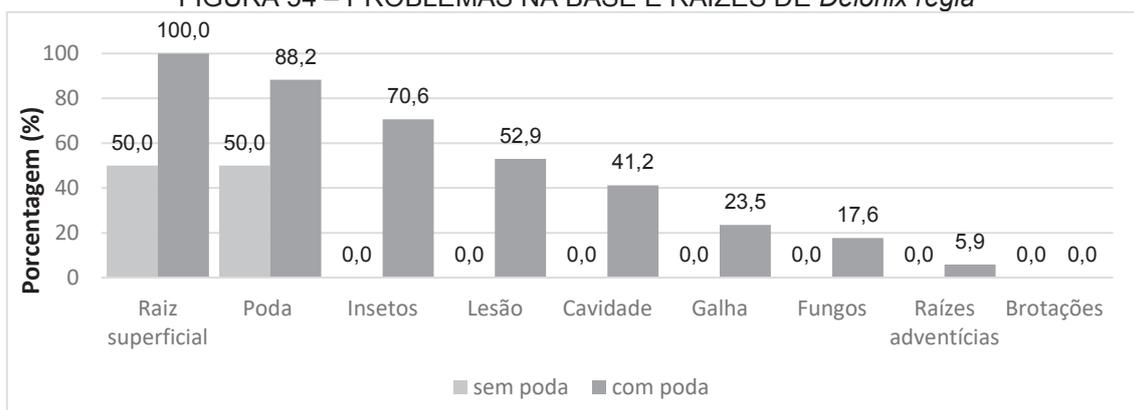
A inclinação do tronco foi o problema mais frequente nas árvores podadas e não podadas, com inclinação média de 18° (FIGURA 53). Araújo (2014) cita que a inclinação do tronco, sobretudo direcionada a conflitos com a circulação de pedestres ou veículos em regiões de alta circulação, é uma das características que levam à supressão de árvores no meio urbano, pois a inclinação abrupta, indica um potencial risco de queda.

FIGURA 53 – ÁRVORES DE *Delonix regia* COM TRONCO INCLINADO

Fonte: A autora (2021).

Quanto às lesões no tronco das árvores, segundo problema mais frequente nas árvores não podadas na copa, Oliveira et al. (2016) supõe que possam ser causadas por veículos que esbarram nas árvores e acabam retirando parte da casca e expondo o tronco à fitopatógenos e, em alguns casos, podendo comprometer a estrutura das árvores.

Para os problemas presentes na base e raiz das árvores, foi possível observar que 100% das árvores com poda na copa e 50% das árvores sem poda na copa, apresentavam raízes superficiais (Figura 54).

FIGURA 54 – PROBLEMAS NA BASE E RAIZES DE *Delonix regia*

Fonte: A autora (2021).

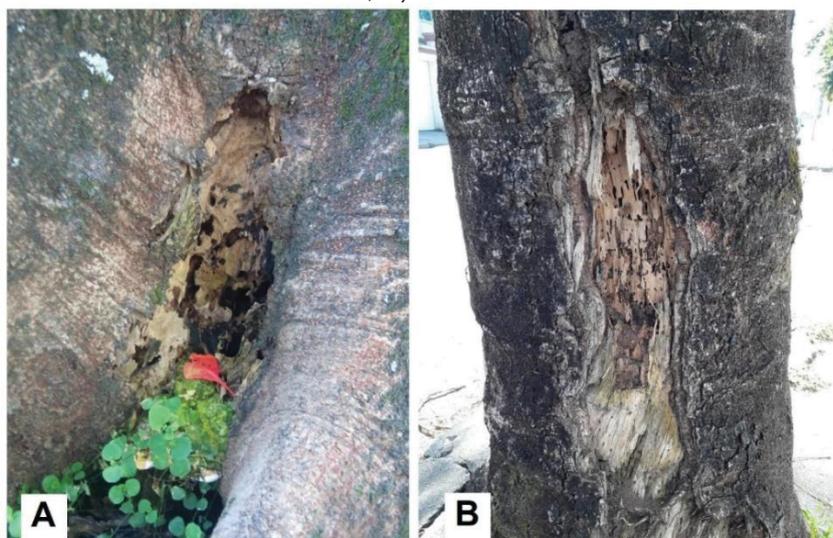
Chaves, Silva e Amador (2013) justificam o uso recorrente de *Delonix regia* na composição paisagística da floresta urbana devido à estética agradável de sua floração intensa e também de suas raízes superficiais, fator este que

limita o seu uso no meio urbano, pois o desenvolvimento das raízes se torna incompatível com a área das calçadas.

Muitas árvores tem suas raízes podadas na intenção de compatibilizar as raízes superficiais com o ambiente limitado das calçadas, comprometendo sua estabilidade e sanidade.

Os insetos encontrados causando danos às árvores de *Delonix regia* foram os cupins (Figura 55). Estes insetos estiveram entre os problemas mais frequentes em todas as partes da planta das árvores com poda na copa, ocorrendo em 82,4% das copas, 52,9% dos troncos, 70,6% na base e raízes. Estes valores foram bastante superiores às outras espécies avaliadas nesta pesquisa, demonstrando um fator importante no comprometimento das árvores.

FIGURA 55 – OCORRÊNCIA DE CUPINS EM *Delonix regia* A) NA BASE DO TRONCO E RAÍZES; B) NO TRONCO



Fonte: A autora (2021).

O ataque de cupins comprometendo a sanidade de árvores de *Delonix regia* também foi observado em São Paulo – capital, onde 41,5% das árvores apresentavam infestação por cupins subterrâneos chamados de *Coptotermes gestroi* (ZORZENON; CAMPOS, 2015).

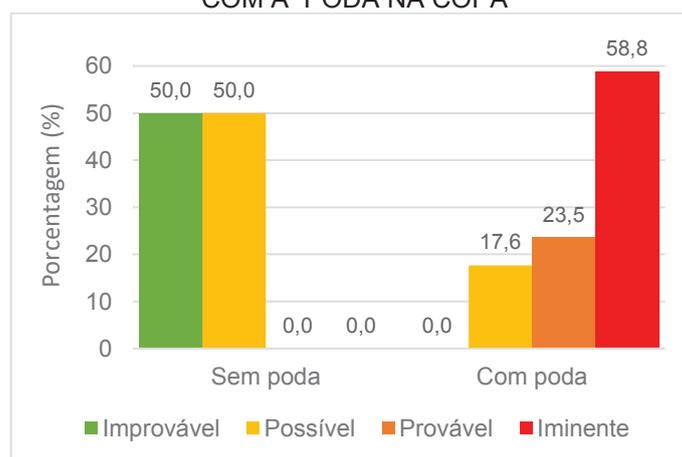
A frequência de fungos também demonstra ser um fator preocupante para a espécie, onde 47,1% das árvores apresentavam corpos de frutificação na copa, 5,9% no tronco e 17,6% na base do tronco ou nas raízes (FIGURA 56).

FIGURA 56 – PRESENÇA DE CORPOS DE FRUTIFICAÇÃO DE FUNGOS EM *Delonix regia*

Fonte: A autora (2021).

Vaz e Rocabado (2018) também encontraram árvores da mesma espécie com fungos que enquadravam as árvores à um declínio irreversível. Ainda nesse sentido, Albertin et al. (2011) cita que a presença dos corpos de frutificação indica alta deterioração do lenho, com difícil recuperação das árvores, sendo recomendada a supressão da parte afetada ou da árvore.

Após avaliação das árvores de *Delonix regia*, foi feita a classificação da probabilidade de falha das árvores de acordo com a presença de poda na copa (FIGURA 57).

FIGURA 57 – PROBABILIDADE DE FALHA DAS ÁRVORES DE *Delonix regia* DE ACORDO COM A PODA NA COPA

Fonte: A autora (2021).

Avaliando a probabilidade de falha das árvores desta espécie foi possível observar que a maioria das árvores sem podas, foi classificada como

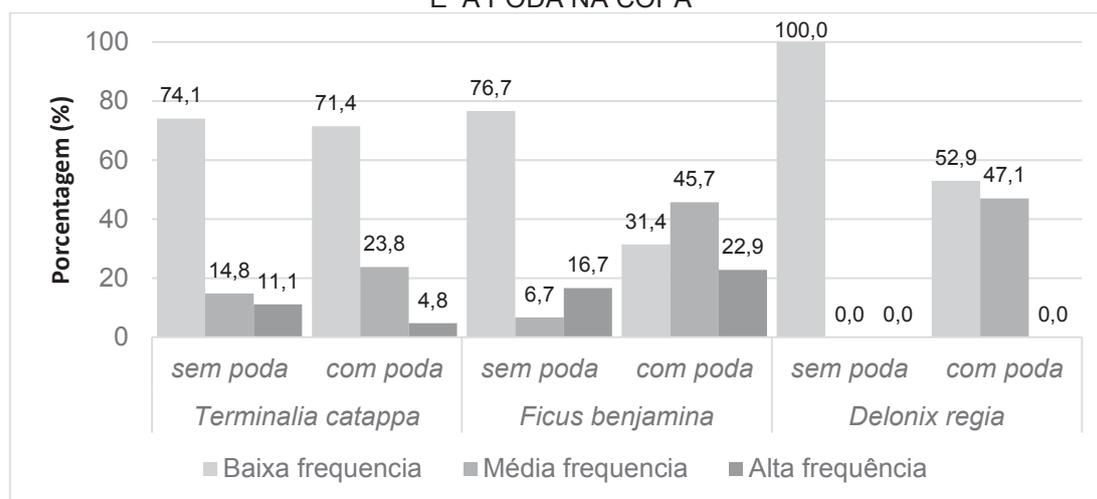
“improvável” e “possível” falha, enquanto que as árvores com poda, tiveram a maioria de seus indivíduos classificados como probabilidade “iminente” de falha.

Esta foi a espécie que apresentou maior percentual de indivíduos podados com probabilidade iminente de falha, demonstrando que a poda nessa espécie pode influenciar o risco.

#### 4.3.2 Alvos

Para todas as espécies avaliadas, a maioria dos indivíduos esteve localizado em região de baixa frequência de veículos e pedestres, demonstrando que a maioria das árvores são implantadas em bairros de menor ocupação (FIGURA 58).

FIGURA 58 – CLASSIFICAÇÃO DOS ALVOS DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A ESPÉCIE E A PODA NA COPA



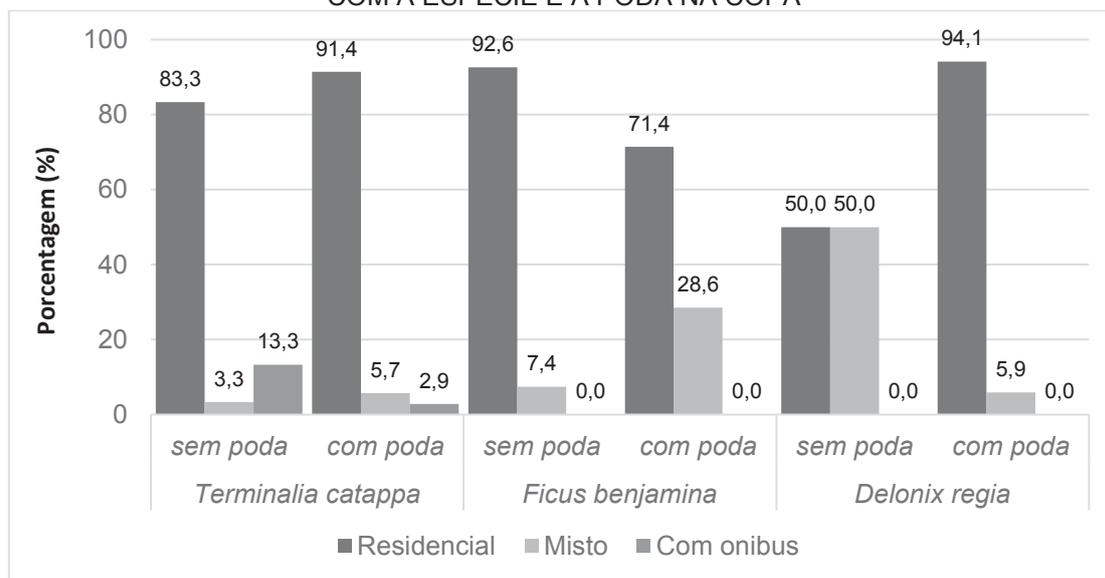
Fonte: A autora (2021).

Grise, Biondi e Araki (2016) encontraram resultados semelhantes em Curitiba – PR, verificaram que a quantidade de floresta urbana é inversamente proporcional à densidade populacional, ou seja, a quantidade de floresta urbana é maior em regiões de baixa taxa populacional. Nesse sentido, em Itanhaém, a presença de vegetação em locais com baixa frequência de veículos e pedestres, pode estar associada também ao poder aquisitivo dos moradores, ocorrendo maior presença de vegetação nas áreas com menor densidade populacional.

### 4.3.3 Efeitos colaterais

Quanto aos efeitos colaterais, foi possível observar que a maioria das árvores estava plantada em regiões residenciais, com menores efeitos colaterais (FIGURA 59) e nenhuma árvore das espécies avaliadas foi encontrada em vias estritamente comerciais.

FIGURA 59 – CLASSIFICAÇÃO DOS EFEITOS COLATERAIS DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A ESPÉCIE E A PODA NA COPA



Fonte: A autora (2021).

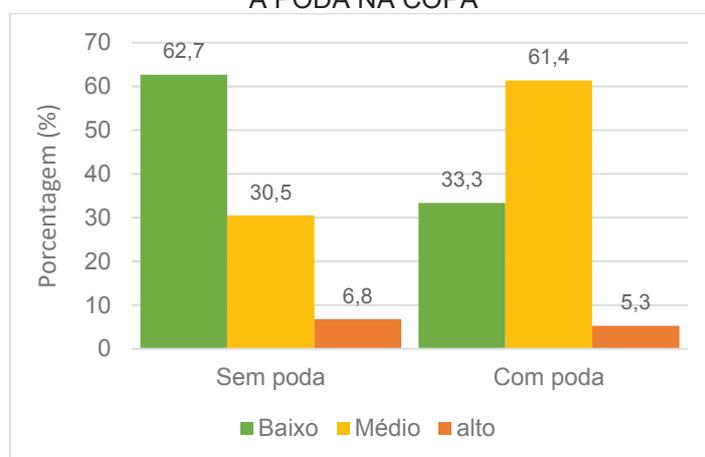
Considerando que as espécies avaliadas não são disponibilizadas e nem plantadas pela prefeitura (MARIA, 2017), é justificável que a quantidade dessas árvores seja maior nos bairros residenciais, já que a arborização é majoritariamente implantada pelos moradores.

Além disto, a menor ocorrência da arborização em áreas com maior atividade das cidades, como as regiões comerciais, é comum no Brasil. Oliveira et al. (2013) encontraram resultados semelhante em Salvador (BA), conferindo a relação entre a cobertura vegetal e o uso do solo, constatou que a quantidade de vegetação foi mais expressiva nas áreas residenciais quando comparada às áreas centrais. Ferreira et al. (2009) atribuem a menor quantidade de árvores em zonas comerciais devido à preocupação dos comerciantes em deixar as fachadas livres para exibição de suas propagandas em letreiros, em detrimento do conforto e dos benefícios proporcionados pela arborização.

#### 4.3.4 Classificação do risco de queda

Com a probabilidade de falha, alvos e efeitos colaterais, pode-se observar que a maioria das árvores sem poda (62,7%) apresentou risco baixo, enquanto que a maioria das árvores com poda (61,4%) apresentou risco médio de queda (FIGURA 60).

FIGURA 60 – CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES DE ACORDO COM A PODA NA COPA



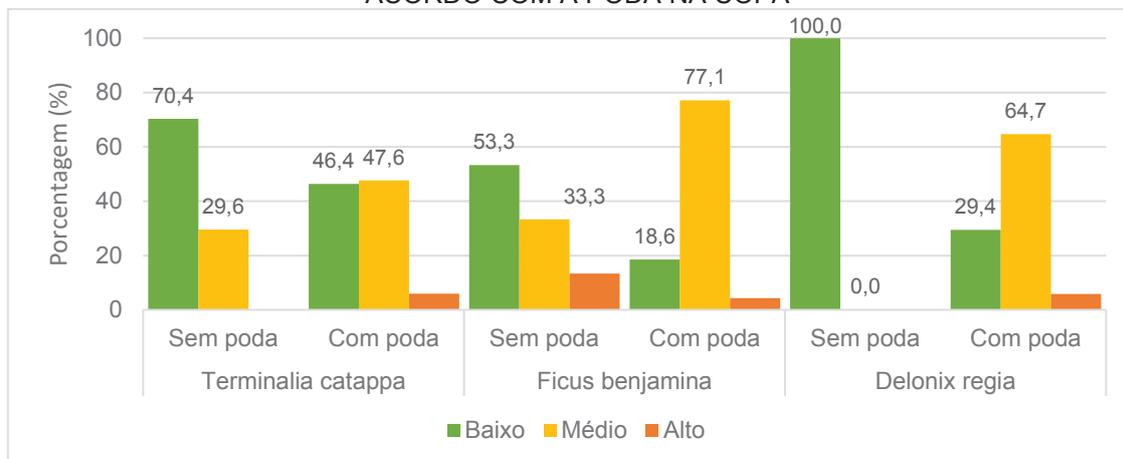
Fonte: A autora (2021).

Considerando que as árvores do meio urbano apresentam maior interação e risco à população no caso de queda, as árvores que apresentam risco alto devem ser constantemente monitoradas, considerando soluções para redução da possível falha da árvore ou até mesmo a supressão, a fim de prevenir incidentes pela queda sob os equipamentos presentes nas cidades ou sob a população.

Embora em diferentes proporções, as árvores com risco baixo e médio ainda representam a maioria dos indivíduos sem poda (93,3%) e das árvores com poda (97,1%). Isto demonstra que os gestores terão menores custos com monitoramento dos indivíduos, e que pequenas práticas de manejo serão necessárias para recuperação da maioria das árvores.

Foi considerada também a avaliação da classificação de risco por espécie a fim de determinar a qualidade e adaptação destas árvores à poda (FIGURA 61).

FIGURA 61 – CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES POR ESPÉCIE DE ACORDO COM A PODA NA COPA



Fonte: A autora (2021).

Na classificação de risco de queda as árvores sem poda de todas as espécies apresentaram maior quantidade de indivíduos na classe de risco baixo, com ausência de exemplares nas classes de risco alto para as árvores de *Terminalia catappa* e *Delonix regia*.

As árvores de *Terminalia catappa* foram, entre as espécies avaliadas, as que apresentaram menor diminuição na proporção entre árvores com e sem poda, na classe de risco baixo, demonstrando que possivelmente esta espécie apresenta uma melhor recuperação pós poda.

As árvores podadas de *Ficus benjamina*, apresentaram uma menor proporção de árvores classificadas com risco baixo, e uma maior proporção de árvores com risco médio, quando comparadas às árvores sem poda.

Contudo, embora a frequência de árvores de *Ficus benjamina* classificadas como risco médio tenha aumentado em árvores com incidência de poda, a frequência de árvores classificadas como risco alto reduziu em quase 80%. Isto indica que para as árvores de *Ficus benjamina* a poda pode ter interferido na redução da probabilidade de falha das árvores classificadas com alto risco, porém, também pode ter interferido no surgimento de novos problemas nas árvores que pertenceriam à classe de risco baixo.

Assim, pode-se inferir que embora as árvores de *Ficus benjamina* podadas, apresentem menos indivíduos com risco alto, houve um aumento de árvores com risco médio, que demandam práticas de manejo constantes para

garantir que não se tornem árvores com alto risco, devendo a iniciativa da poda ser ponderada.

Em estudo realizado em Honk Kong, foi constatado que as árvores do gênero *Ficus* eram as mais frequentes na arborização urbana e a maioria dos seus indivíduos apresentava risco moderado de queda (JIM; ZHANG, 2013).

Nas árvores de *Delonix regia* que sofreram poda, foi observado que além do aumento da frequência de árvores na classe de risco médio, houve o surgimento de árvores classificadas como risco alto, demonstrando que esta espécie, dentre as avaliadas, é a que apresenta maior susceptibilidade à poda.

#### 4.4 ASSOCIAÇÃO DA PODA COM AS VARIÁVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA

Com a aplicação da Associação *Apriori* entre a poda foi possível observar que a maioria das associações ocorreram entre a poda e os problemas presentes na copa das árvores avaliadas (Tabela 7).

TABELA 7 – ASSOCIAÇÃO *APRIORI* ENTRE A PODA E OS PROBLEMAS QUE CONTRIBUEM PARA PROBABILIDADE DE FALHA DAS ÁRVORES

Grupo	Variável-problema	Associação	Confiança	Lift
<b>Todas as espécies</b>	Brotações epicórmicas	Positiva	0,95	1,29
	Galhos secos	Positiva	0,90	1,01
<b><i>Terminalia catappa</i></b>	Brotações epicórmicas	Positiva	0,92	1,25
	Fungos na copa	Negativa	0,95	0,99
<b><i>Ficus benjamina</i></b>	Brotações epicórmicas	Positiva	0,97	1,38
	Erva-de-passarinho	Negativa	0,99	1
<b><i>Delonix regia</i></b>	Brotações epicórmicas	Positiva	1	1,12
	Galhos secos	Positiva	1	1,12
	Cupim na copa	Positiva	1	1,12
	Raiz superficial	Positiva	1	1,06

Fonte: A autora (2021).

O principal problema associado à poda para todas as espécies foi a presença de brotações epicórmicas, classificada como uma associação positiva com mais de 95% de confiança para todas as espécies.

Observou-se também que a poda foi associada negativamente à alguns problemas da copa, tais como: fungos na copa de *Terminalia catappa* e

erva-de-passarinho nas árvores de *Ficus benjamina*. Isto demonstra um aspecto positivo na prática de poda realizada nas árvores.

Com a associação positiva entre a poda e a ocorrência de brotações, galhos secos e insetos nas árvores de *Delonix regia* constatou-se uma maior influência das podas nesta espécie. Além disso, os resultados demonstram que a poda realizada estava relacionada também às raízes superficiais, indicando que as árvores desta espécie podem estar sendo podadas devido ao seu porte incompatível com a estrutura das calçadas.

#### 4.5 MODELOS DE PREDIÇÃO DO RISCO DE QUEDA

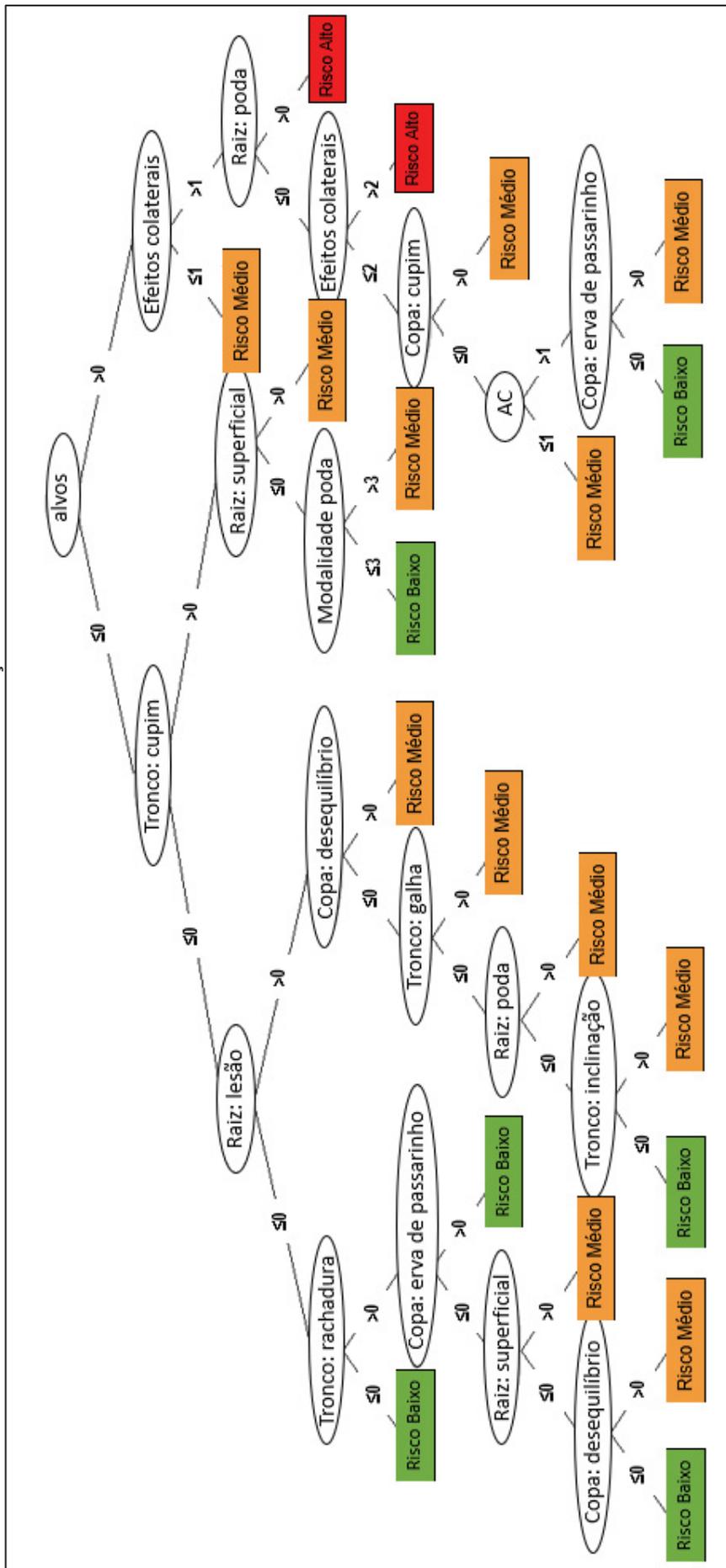
##### 4.5.1 Árvore de Decisão

Os modelos de predição da árvore de decisão, puderam demonstrar de forma gráfica as variáveis que influenciaram na classificação do risco de queda da população e das espécies avaliadas.

##### 4.5.1.1 Toda a amostra

A análise das variáveis para predição do risco por meio do método de árvore de decisão foi capaz de classificar o risco por meio do uso dos seguintes atributos: alvos, efeitos colaterais, modalidade de poda na copa, erva de passarinho, desequilíbrio de copa, copa ou tronco com cupim, galha no tronco, tronco inclinado, lesão no tronco, lesão na raiz, poda de raiz, raiz superficial e área de canteiro (FIGURA 62).

FIGURA 62 – MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES



Fonte: A autora (2021).

A partir da árvore de decisão foi possível observar que a poda de raiz é fator determinante para classificação de árvores com risco alto, quando as mesmas tem como alvos as vias de média e alta frequência, e como efeito colaterais, as ruas residenciais, mistas, com ônibus ou comerciais.

Além disso, pode-se observar que apenas a presença de poda não foi fator determinante na classificação do risco, mas sim a modalidade de poda, demonstrando uma separação de impacto entre as podas de limpeza e elevação, das podas unilaterais e de redução. As podas de redução e unilateral, são caracterizadas como podas muito intensas e podem prejudicar a fitossanidade e estrutura das árvores.

O método árvore de decisão classificou as árvores de risco com 75,65% de acertos de acordo com a Matriz de confusão (TABELA 8).

TABELA 8 – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES POR MEIO DA ÁRVORE DE DECISÃO

Risco protocolo/ classificação J48	Baixo	Médio	Alto
Baixo	72	24	1
Médio	23	93	4
Alto	1	3	9
<b>Taxa de acerto</b>	<b>75,65%</b>		

Fonte: A autora (2021).

A matriz de confusão demonstrou que o método da árvore de decisão acertou 72% das árvores classificadas como risco baixo, porém confundiu 46% das árvores de risco alto, com as demais classes. A confusão de árvores de risco alto, com as classes de risco baixo ou médio, é preocupante, pois esta classificação acaba negligenciando árvores que necessitariam de acompanhamento e manejo emergenciais.

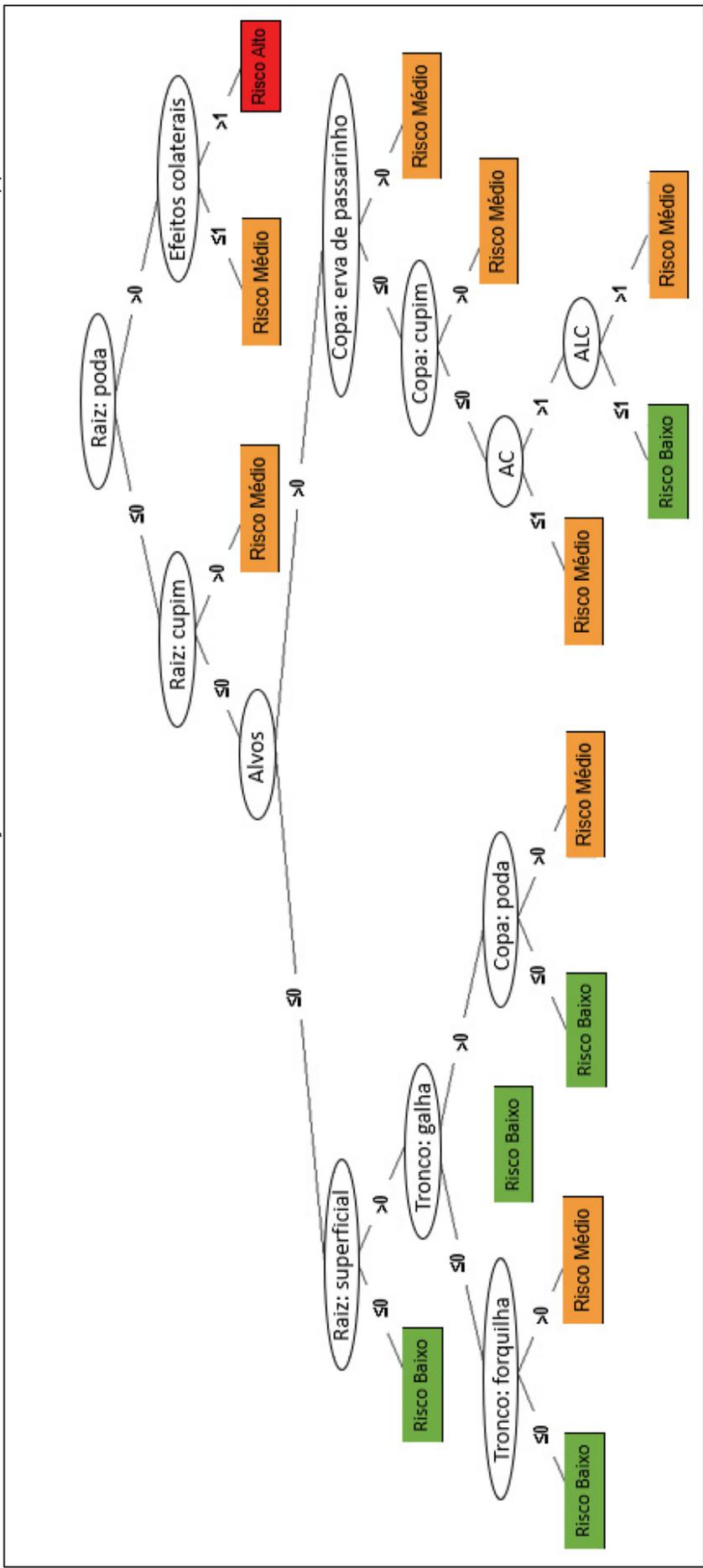
A confusão da classificação dos riscos nas classes baixa e média, oferecem menores preocupações, pois ambas as classes demandam um acompanhamento a médio e a longo prazo. Porém, a confusão na classificação de árvores de risco alto com as demais classes diminuiu a eficiência e credibilidade do modelo de árvore de decisão para estas espécies pois negligenciam a manutenção emergencial dessas árvores. Uma forma de melhorar a classificação do modelo, seria aumentando a quantidade de árvores/amostras avaliadas, garantindo melhor resultado na classificação.

Quando as árvores foram analisadas pelo método árvore de decisão com a classificação de risco das espécies separadamente, os atributos responsáveis pela classificação foram alterados.

#### 4.5.1.2 *Terminalia catappa*

O método árvore de decisão usado para a classificação de risco de queda das árvores de *Terminalia catappa* demonstrou que a avaliação de doze atributos: poda de raiz, efeitos colaterais, cupim na raiz ou copa, alvos, copa com erva de passarinho, copa com poda, tronco com galha ou forquilha, raiz superficial, área de copa e área livre do canteiro, seriam suficientes para determinar o risco de queda (FIGURA 63).

FIGURA 63 – ÁRVORE DE DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES DE *Terminalia catappa*



Fonte: A autora (2021).

O método árvore de decisão para análise do risco de queda de árvores de *Terminalia catappa* demonstrou que a poda de raiz é o principal elemento classificador do risco dessas árvores. A poda de raiz realizada nas árvores localizadas em zonas mistas ou vias com ônibus faz com que as árvores apresentem risco alto, enquanto que o mesmo problema em zonas residenciais não é suficiente para que a árvore apresente risco alto, sendo classificada como árvore de risco baixo.

A presença de cupim nas raízes foi um fator isolado apresentado na árvore de decisão, capaz de classificar a árvore com risco médio. Outras classificações de risco médio dependem de combinações de problemas, como por exemplo: alvos de vias de baixa frequência, raízes superficiais e forquilhas, ou ainda alvos de baixa frequência, tronco com galha e copa podada.

A classificação do risco de queda das árvores de *Terminalia catappa* pelo método árvore de decisão, apresentou uma taxa de acerto de 69,4%, com a matriz de confusão apresentada na TABELA 9.

TABELA 9 – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Terminalia catappa* PELO MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO

Risco protocolo/ classificação J48	Baixo	Médio	Alto
Baixo	41	17	0
Médio	14	34	0
Alto	1	2	2
Taxa de acerto	69,4%		

Fonte: A autora (2021).

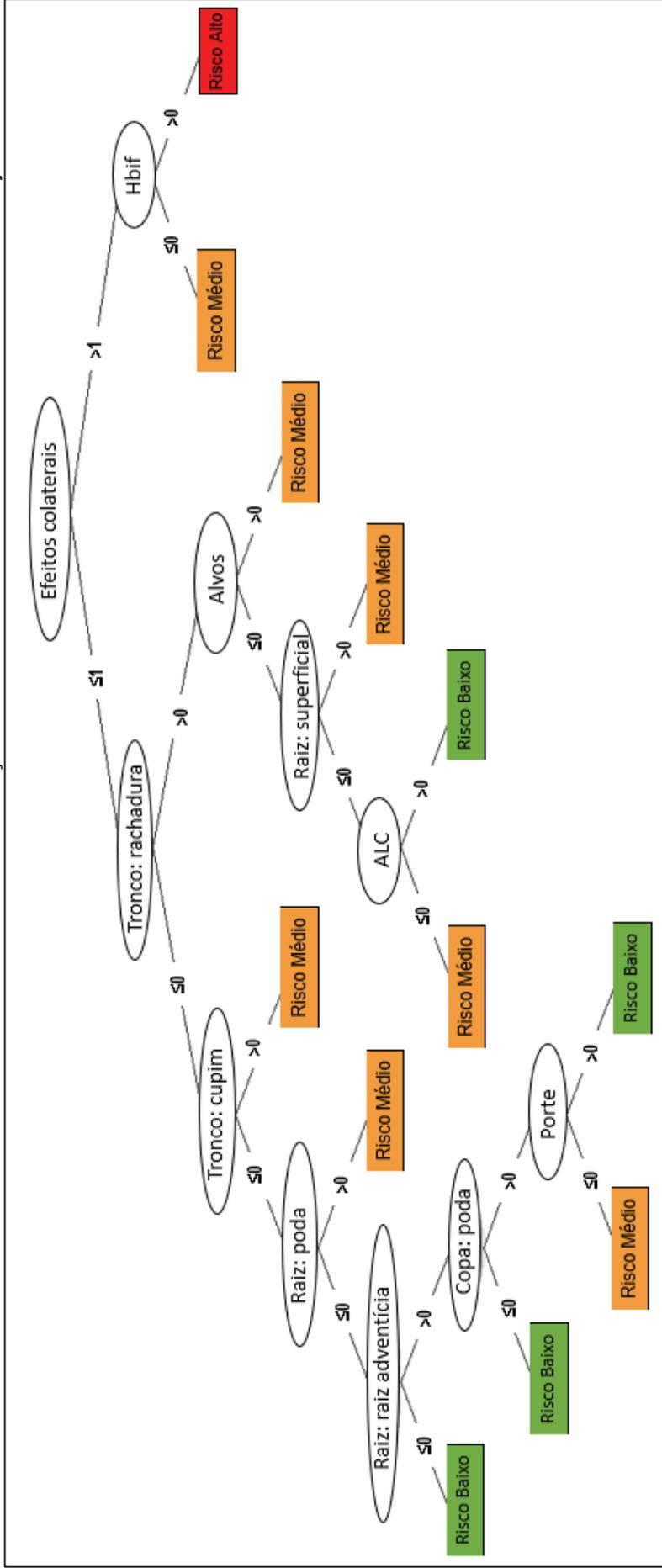
O método apresentou maior porcentagem de falhas na classificação das árvores de risco médio, com tendência a classificá-las como risco baixo, e falha na classificação de risco alto, com tendência a classifica-las com risco médio, subestimando as árvores com risco médio e alto.

Os atributos associados à poda de *Terminalia catappa* pela Associação *Apriori* (brotações e fungos na copa) também não foram determinados como chaves para classificação das árvores de risco.

#### 4.5.1.3 *Ficus benjamina*

Dos 28 atributos avaliados, onze foram responsáveis pela classificação das árvores de risco de *Ficus benjamina* pelo método árvore de decisão: efeitos colaterais, altura de bifurcação, alvos, tronco com rachadura, raízes superficiais, cupim no tronco, poda na copa, área do canteiro, porte da árvore, poda de raiz e raízes adventícias (FIGURA 64).

FIGURA 64 – MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES DE *Ficus benjamina*



Fonte: A autora (2021).

Com a ilustração gráfica da classificação de risco para *Ficus benjamina* é possível observar a altura de bifurcação abaixo de 2,10 foi determinante para classificar as árvores com risco alto, quando essas apresentam como efeitos colaterais ruas residenciais, mistas, com ônibus e comerciais. Está presente também como fator determinante do risco a poda de raiz e a modalidade de poda realizada, reduzindo a classificação para podas de limpeza e de elevação.

De acordo com o apresentado, o modelo de árvore de decisão classificou corretamente 77% das árvores avaliadas (TABELA 10).

TABELA 10 – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Ficus benjamina* PELO MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO

Risco	Baixo	Médio	Alto
Baixo	25	7	0
Médio	8	49	4
Alto	0	5	2
Taxa de acerto	77%		

Fonte: A autora (2021).

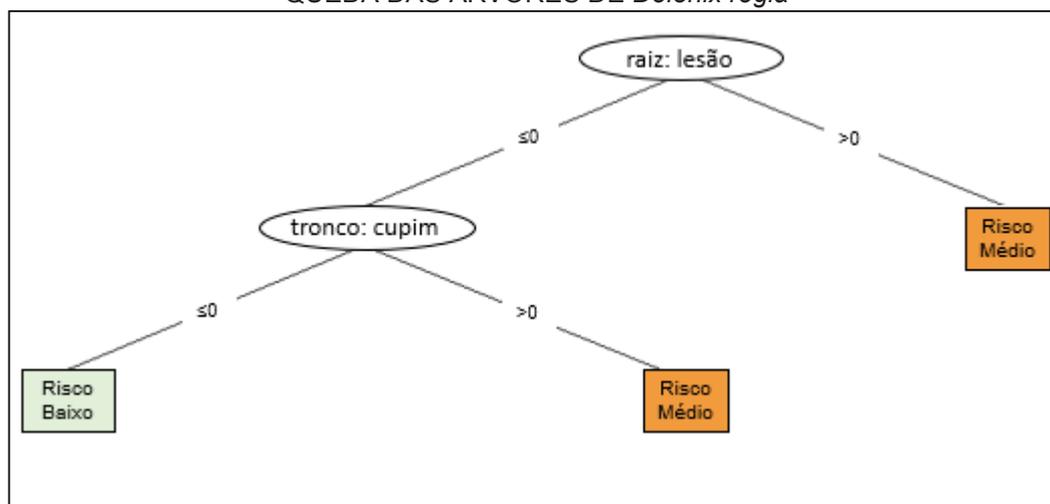
A maior tendência ao erro foi encontrada na classificação das árvores de risco alto, que em alguns momentos pode ser classificada como risco médio, subestimando o risco das árvores que precisam de manejo com urgência.

Os atributos de brotações epicórmicas na copa e erva-de-passarinho associados à poda de *Ficus benjamina* pelo método de Associação *Apriori* também não foram determinados como chaves para classificação das árvores, demonstrando que a poda não tem influência na classificação do risco.

#### 4.5.1.4 *Delonix regia*

Para as árvores de *Delonix regia* a quantidade de atributos para classificar o risco de queda de acordo com o método árvore de decisão foi menor, foram considerados apenas a lesão na raiz e cupim no tronco (FIGURA 65).

FIGURA 65 – MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES DE *Delonix regia*



Fonte: A autora (2021).

O método árvore de decisão para a classificação de risco de *Delonix regia* foi graficamente mais compacto que as outras espécies avaliadas. Porém, assim como nas demais, houve uma falha na classificação das árvores de risco alto, sem nenhum padrão identificado pelo método, comprometendo o uso deste método na classificação de *Delonix regia*.

A classificação das espécies separadamente permitiu uma melhor identificação dos principais fatores que interferem o risco de queda das árvores. Embora a classificação das árvores de *Delonix regia* foi a que avaliou menor número de instâncias, foi a que apresentou maior taxa de acerto, isso é consequência de uma maior homogeneidade dos problemas que caracterizam o risco devido à baixa quantidade de árvores amostradas (TABELA 11).

TABELA 11 – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Delonix regia* PELO MÉTODO ÁRVORE DE DECISÃO

Risco	Baixo	Médio	Alto
Baixo	5	2	0
Médio	1	10	0
Alto	1	0	0
Taxa de acerto	78,9%		

Fonte: A autora (2021).

Para *Delonix regia* os principais erros de classificação também estão para a classe de risco alto de queda, o que dificulta a identificação das árvores que necessitam de manejo e interferência emergenciais.

## 4.5.2 Análise Discriminante

### 4.5.2.1 Toda amostra

Os autovalores resultantes para classificação demonstram que a função 1 apresenta um percentual de variância de 78,7%, ou seja, esta é a função que mais contribui para demonstrar as diferenças entre os grupos (QUADRO 4).

QUADRO 4 - AUTOVALORES PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	2,158 <sup>a</sup>	78,7	78,7	0,827
2	,584 <sup>a</sup>	21,3	100,0	0,607

Legenda: a= funções discriminantes canônicas usadas na análise.

Fonte: A autora (2021).

O teste de hipótese de lambda de Wilks demonstra que as duas funções tem um bom poder de discriminação, já que os seus valores se aproximam de 0, aceitando-se a hipótese nula, indicando que a média dos grupos são iguais (QUADRO 5).

QUADRO 5 - TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	Df	Sig.
1 até 2	0,200	354,962	28	0,000
2	0,631	101,366	13	0,000

Legenda: df=graus de liberdade; Sig.= probabilidade de significância.

Fonte: A autora (2021).

A avaliação da classificação pela análise de discriminante resultou em duas funções discriminantes, em que quatorze atributos são responsáveis pela classificação e cujos coeficientes estão descritos no QUADRO 6.

QUADRO 6 - COEFICIENTES DE FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS PADRONIZADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES

Variável	Sigla	Função	
		1	2
copa: poda	Cpo	0,251	0,301
copa: cupim	Ccu	0,279	0,184
copa: desequilíbrio	Cde	0,080	0,289
tronco: forquilha	Tfo	0,346	0,170
tronco: inclinação	Tin	0,229	-0,103
tronco: cavidade	Tca	0,303	-0,049
tronco: rachadura	Tra	0,559	0,337
tronco: galha	Tga	0,432	-0,075
raiz: lesão raiz	Rle	0,413	0,403
raiz: raiz adventícia	Rad	0,548	-0,118
raiz: raiz superficial	Rsu	0,377	0,084
raiz: poda raiz	Rpo	0,278	-0,372
alvos	A	0,674	0,403
efeitos colaterais	EC	0,623	-0,819

Fonte: A autora (2021).

Assim, podemos descrever as funções das seguintes formas:

$$F1 = (0,251 * Cpo) + (0,279 * Ccu) + (0,80 * Cde) + (0,346 * Tfo) + (0,229 * Tin) \\ + (0,303 * Tca) + (0,559 * Tra) + (0,432 * Tga) + (0,413 * Rle) \\ + (0,548 * Rad) + (0,377 * Rsu) + (0,278 * Rpo) + (0,674 * A) + (0,623 \\ * EC)$$

$$F2 = (0,301 * Cpo) + (0,184 * Ccu) + (0,289 * Cde) + (0,170 * Tfo) + (-0,103 * Tin) \\ + (-0,049 * Tca) + (0,337 * Tra) + (-0,075 * Tga) + (0,403 * Rle) \\ + (-0,118 * Rad) + (0,084 * Rsu) + (-0,372 * Rpo) + (0,403 * A) \\ + (-0,819 * EC)$$

Podemos observar, pelos valores dos coeficientes das variáveis, que os alvos e efeitos colaterais são, isoladamente, as variáveis de maior influência no risco de queda. Porém, quando somada todas as variáveis responsáveis pela falha da árvore, essa influência diminui, corroborando a necessidade de uma melhor distribuição no peso entre a probabilidade de falha da árvore, os alvos e efeitos colaterais.

Em modelo de classificação do risco de queda de *Acer negundo* em Curitiba-PR, Silva (2018) também encontrou a variável de quebra de calçada, sinônimo de raízes superficiais, como variável que compunha as função discriminante do risco de queda.

A partir dos coeficientes das funções discriminantes foi possível definir o centroide de cada grupo de classificação conforme visualizado no QUADRO 7.

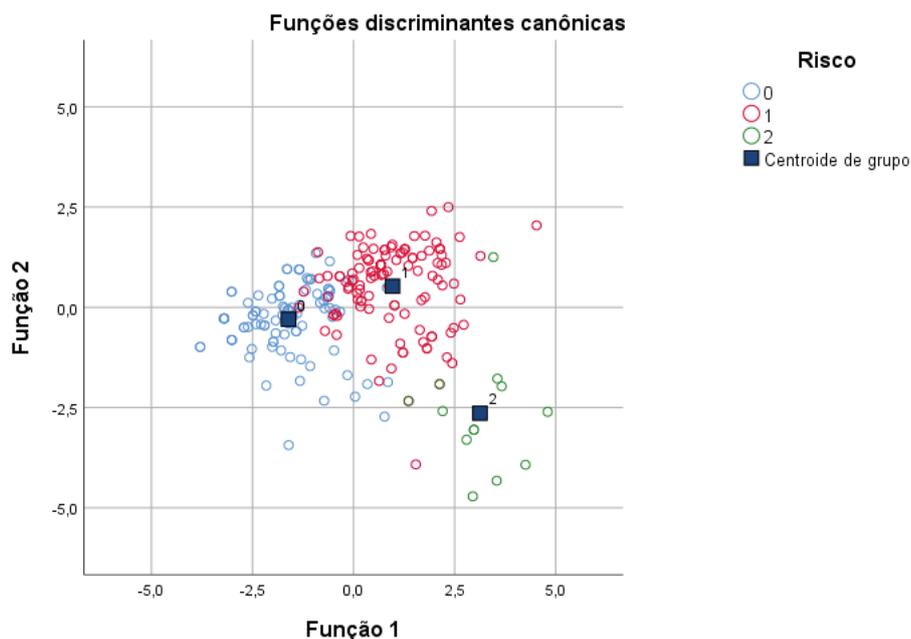
QUADRO 7 - FUNÇÕES EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES

Risco	Função	
	1	2
0	-1,610	-0,298
1	0,963	0,527
2	3,128	-2,640

Fonte: A autora (2021).

A posição do centroide (FIGURA 66) é o parâmetro que irá determinar onde e como uma nova árvore será alocada e classificada de acordo com os valores obtidos pelas funções discriminantes.

FIGURA 66 – DIAGRAMA DE DISPERÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES



Fonte: A autora (2021).

O sucesso da classificação das árvores de risco realizada pelas funções discriminantes demonstrou que em média 90,0% das árvores foram classificadas corretamente como pode ser observado no Quadro 8.

QUADRO 8 – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DAS ÁRVORES PELA ANÁLISE DISCRIMINANTE

Risco	Associação ao grupo prevista			Total	
	0	1	2		
Contagem	0	90	6	1	97
	1	12	105	3	120
	2	0	1	12	13
%	0	92,8	6,2	1,0	100,0
	1	10,0	87,5	2,5	100,0
	2	,0	7,7	92,3	100,0

Fonte: A autora (2021).

A taxa de acerto de classificação de toda população avaliada pelo método da análise discriminante foi maior que o método de árvore de decisão, que apresentou 75,65% de taxa de acerto.

#### 4.5.2.2 *Terminalia catappa*

Os autovalores resultantes para classificação demonstram que a função 1 apresenta um percentual de covariância de 75,7%, ou seja, esta é a função que mais contribui para demonstrar as diferenças entre os grupos (QUADRO 9)

QUADRO 9 - AUTOVALORES PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Terminalia catappa*

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	1,893 <sup>a</sup>	75,7	75,7	,809
2	,608 <sup>a</sup>	24,3	100,0	,615

Legenda: a. Funções discriminantes canônicas usadas na análise.

Fonte: A autora (2021).

O teste de hipótese de lambda de Wilks demonstra que as duas funções tem um bom poder de discriminação, já que os seus valores se aproximam de 0, aceitando-se a hipótese nula, indicando que a média dos grupos são iguais (QUADRO 10).

QUADRO 10 - TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Terminalia catappa*

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	Sig.
1 até 2	0,215	158,314	22	,000
2	0,622	48,907	10	,000

Fonte: A autora (2021).

A avaliação da classificação pela análise de discriminante resultou em duas funções, em que onze atributos são responsáveis pela classificação e cujos coeficientes estão descritos no QUADRO 11.

QUADRO 11 - COEFICIENTES DE FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS PADRONIZADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Terminalia catappa*

	Sigla	Função	
		1	2
copa: cupim	Ccu	0,345	0,316
copa: desequilíbrio	Cde	0,161	0,513
tronco: forquilha	Tfo	0,340	0,230
tronco: inclinação	Tin	0,397	-0,265
tronco: rachadura	Tra	0,369	0,384
tronco: galha	Tga	0,500	-0,128
raiz: lesão raiz	Rle	0,594	0,642
raiz: raiz superficial	Rsu	0,431	0,053
raiz: poda de raiz	Rpo	0,323	-0,787
alvos	A	0,481	0,539
efeitos colaterais	EC	0,614	-0,378

Fonte: A autora (2021).

Considerando os coeficientes expostos tem-se as seguintes funções:

$$F1 = (0,345 * Ccu) + (0,161 * Cde) + (0,340 * Tfo) + (0,397 * Tin) + (0,369 * Tra) \\ + (0,500 * Tga) + (0,594 * Rle) + (0,431 * Rsu) + (0,323 * Rpo) \\ + (0,481 * A) + (0,614 * EC)$$

$$F2 = (0,316 * Ccu) + (0,513 * Cde) + (0,230 * Tfo) + (-0,265 * Tin) + (0,384 * Tra) \\ + (-0,128 * Tga) + (0,642 * Rle) + (0,053 * Rsu) + (-0,787 * Rpo) \\ + (0,539 * A) + (-0,378 * EC)$$

A distribuição dos coeficientes de cada variável nas funções, nos permite observar que as variáveis de maior influência no risco de queda de *Terminalia catappa* são o efeito colateral, lesão na raiz e galha no tronco das árvores.

Silva (2018) também observou que a inclinação do tronco foi determinante na classificação do risco de queda de *Tipuana tipu*, na arborização viária de Curitiba-PR, em que enfatizou que essa inclinação pode prejudicar a estabilidade da árvore no meio urbano, e por isso contribuir para o risco de queda.

A galha, presente no tronco das árvores de *Terminalia catappa* no município, apresentam grande influência no risco de queda das árvores. Considerando que a ocorrência de galhas em *Terminalia catappa* é frequente na arborização de diversas cidades brasileiras, vale ressaltar a importância de incentivar estudos exploratórios, quanto à ação da galha nas árvores, identificando as alterações, fisiológicas e estruturais no lenho.

Considerando a hipótese desta pesquisa, podemos ver que a classificação do risco pela análise discriminante também considerou a poda de raiz como variável de influência para o risco de queda, porém desconsiderou a poda na copa dessas árvores.

A partir dos coeficientes das funções discriminantes foi possível definir o centroide de cada grupo de classificação conforme visualizado no QUADRO 12.

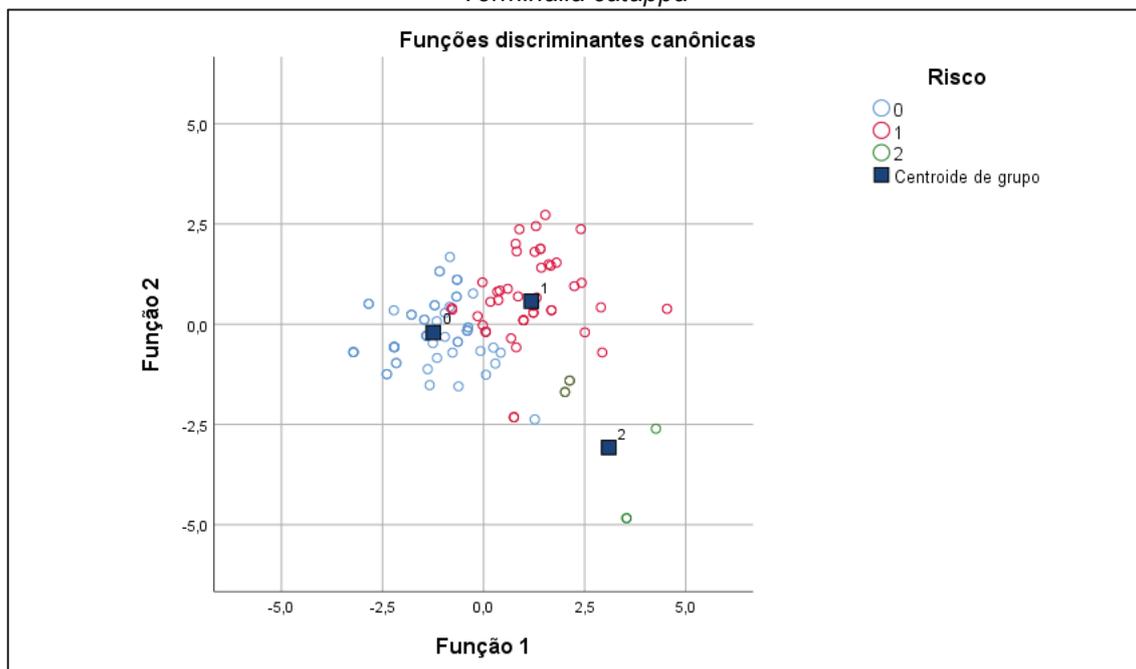
QUADRO 12 - FUNÇÕES EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Terminalia catappa*

risco	Função	
	1	2
0	-1,243	-0,210
1	1,180	0,574
2	3,096	-3,075

Fonte: A autora (2021).

A posição dos centroides de cada grupo classificado de acordo com os valores obtidos pelas funções discriminantes está ilustrada na FIGURA 67.

FIGURA 67 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Terminalia catappa*



Fonte: A autora (2021).

A classificação do risco de queda de *Terminalia catappa* pela análise discriminante apontou que 89,2% dos casos foram classificados corretamente (QUADRO 13).

QUADRO 13 – CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Terminalia catappa* PELA ANÁLISE DISCRIMINANTE

Risco	Associação ao grupo prevista			Total
	0	1	2	
Contagem				
0	56	1	1	58
1	8	40	0	48
2	0	2	3	5
%				
0	96,6	1,7	1,7	100,0
1	16,7	83,3	,0	100,0
2	,0	40,0	60,0	100,0

Fonte: A autora (2021).

A taxa de acerto para a Análise discriminante foi maior do que o Método árvores de decisão que apresentou 72,1% de acerto, demonstrando que entre os dois métodos, o método mais eficaz para predição do risco de queda de *Terminalia catappa* é a análise discriminante.

#### 4.5.2.3 *Ficus benjamina*

Os autovalores resultantes para classificação demonstram que a função 1 apresenta um percentual de covariância de 70,6%, ou seja, esta é a função que mais contribuiu para demonstrar as diferenças entre os grupos (QUADRO 14).

QUADRO 14 - AUTOVALORES PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Ficus benjamina*

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	3,864 <sup>a</sup>	70,6	70,6	,891
2	1,612 <sup>a</sup>	29,4	100,0	,786

Legenda: a. Funções discriminantes canônicas usadas na análise.

Fonte: A autora (2021).

O teste de hipótese de lambda de Wilks indica que as duas funções tem um bom poder de discriminação, já que os seus valores se aproximam de 0, aceitando-se a hipótese nula (média dos grupos são iguais) (QUADRO 15).

QUADRO 15 - TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Ficus benjamina*

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	Sig.
1 até 2	,079	235,141	20	,000
2	,383	88,821	9	,000

Fonte: A autora (2021).

A classificação pela análise de discriminante resultou em duas funções, em que dez atributos são responsáveis pela classificação, cujos coeficientes estão descritos no QUADRO 16.

QUADRO 16 - COEFICIENTES DE FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS PADRONIZADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Ficus benjamina*

	Sigla	Função	
		1	2
Copa: poda	Cpo	0,169	0,481
Copa: desequilíbrio	Cde	0,290	0,482
Copa: erva-de-passarinho	Cep	0,743	-0,452
Tronco: rachadura	Tra	0,288	0,689
Tronco: cupim	Tcu	0,078	0,341
Raiz: fungo	Rfu	-0,263	0,221
Raiz: raiz adventícia	Rad	0,491	0,499
Raiz: poda	Rpo	0,473	0,276
Alvos	A	0,391	0,599
Efeitos colaterais	EC	1,234	-0,261

Fonte: A autora (2021).

Diante dos coeficientes expostos, têm-se as seguintes funções:

$$F1 = (0,169 * Cpo) + (0,290 * Cde) + (0,743 * Cep) + (0,288 * Tra) \\ + (0,078 * Tcu) + (-0,263 * Rfu) + (0,491 * Rad) + (0,473 * Rpo) \\ + (0,391 * A) + (1,234 * EC)$$

$$F2 = (0,481 * Cpo) + (0,482 * Cde) + (-0,452 * Cep) + (0,689 * Tra) \\ + (0,341 * Tcu) + (0,221 * Rfu) + (0,499 * Rad) + (0,276 * Rpo) \\ + (0,599 * A) + (-0,261 * EC)$$

Assim como observado na classificação pelo método de árvore de decisão, a variável de maior influência na classificação do risco de queda da espécie pela análise discriminante, foi o efeito colateral. A poda, na copa e na raiz, também apresentou influência na classificação do risco de queda das árvores de *Ficus benjamina*.

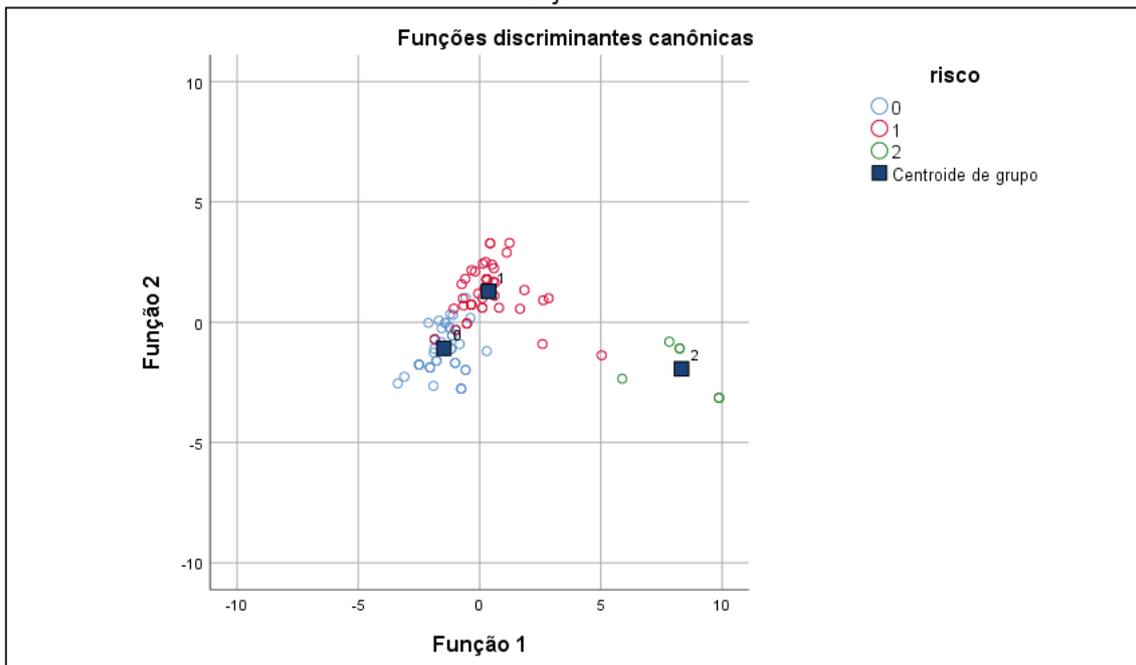
A partir dos coeficientes das funções discriminantes foi possível definir o centroide de cada grupo de classificação conforme visualizado no QUADRO 17 e FIGURA 68.

QUADRO 17 - FUNÇÕES EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Ficus benjamina*

Risco	Função	
	1	2
0	-1,475	-1,088
1	,373	1,286
2	8,323	-1,939

Fonte: A autora (2021).

FIGURA 68 – DIAGRAMA DE DISPERÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Ficus benjamina*



Fonte: A autora (2021).

A classificação de risco de queda de *Ficus benjamina* pela análise discriminante (QUADRO 18) apresentou melhores resultados quando comparados ao Método árvore de decisão, sendo a taxa de acerto de 93% para análise discriminante e 77% para árvore de decisão.

QUADRO 18 – CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Ficus benjamina* PELA ANÁLISE DISCRIMINANTE

	Risco	Associação ao grupo prevista			Total
		0	1	2	
Contagem	0	28	4	0	32
	1	2	58	1	61
	2	0	0	7	7
%	0	87,5	12,5	,0	100,0
	1	3,3	95,1	1,6	100,0
	2	,0	,0	100,0	100,0

Fonte: A autora (2021).

#### 4.5.2.4 *Delonix regia*

Os autovalores resultantes para classificação apontam que a função 1 apresenta um percentual de covariância de 78,1%, ou seja, esta é a função que mais contribuiu para demonstrar as diferenças entre os grupos (QUADRO 19).

QUADRO 19 - AUTOVALORES PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Delonix regia*

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	4,055 <sup>a</sup>	78,1	78,1	,896
2	1,138 <sup>a</sup>	21,9	100,0	,730

Legenda: a= Funções discriminantes canônicas foram usadas na análise.

Fonte: A autora (2021).

O teste de hipótese de lambda de Wilks demonstra que as duas funções tem um bom poder de discriminação já que os seus valores se aproximam de 0, aceitando-se a hipótese nula (média dos grupos são iguais) (QUADRO 20).

QUADRO 20 - TESTE DE LÂMBDA DE WILKS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Delonix regia*

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	Sig.
1 até 2	0,093	35,703	6	,000
2	0,468	11,397	2	,003

Fonte: A autora (2021).

A análise discriminante resultou em duas funções, elaboradas com base em três atributos que são responsáveis pela classificação, cujos coeficientes estão descritos no QUADRO 21.

QUADRO 21 - COEFICIENTES DE FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS PADRONIZADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Delonix regia*

	Sigla	Função	
		1	2
tronco: cupim	Tcu	,729	,472
raiz: lesão raiz	Rle	,888	-,032
efeitos colaterais	EC	-,230	,876

Fonte: A autora (2021).

Tendo os coeficientes calculados, as funções discriminantes são descritas da seguinte forma:

$$F1 = (0,729 * Tcu) + (0,888 * Rle) + (-0,230 * EC)$$

$$F2 = (0,472 * Tcu) + (-0,032 * Rle) + (0,876 * EC)$$

Podemos observar uma confirmação ao modelo descrito para classificação do risco de queda de *Delonix regia* pela árvore de decisão, quanto à influência da presença de cupins no tronco e da lesão nas raízes, sendo que o modelo da análise discriminante incrementou a variável efeitos colaterais, o que pode ter contribuído com a taxa de acerto deste modelo.

Embora a poda não esteja descrita como variável que classifica o risco de queda de *Delonix regia*, vale ressaltar que a variável cupim, apresentou correlação positiva com a poda, estando assim indiretamente envolvida na classificação do risco.

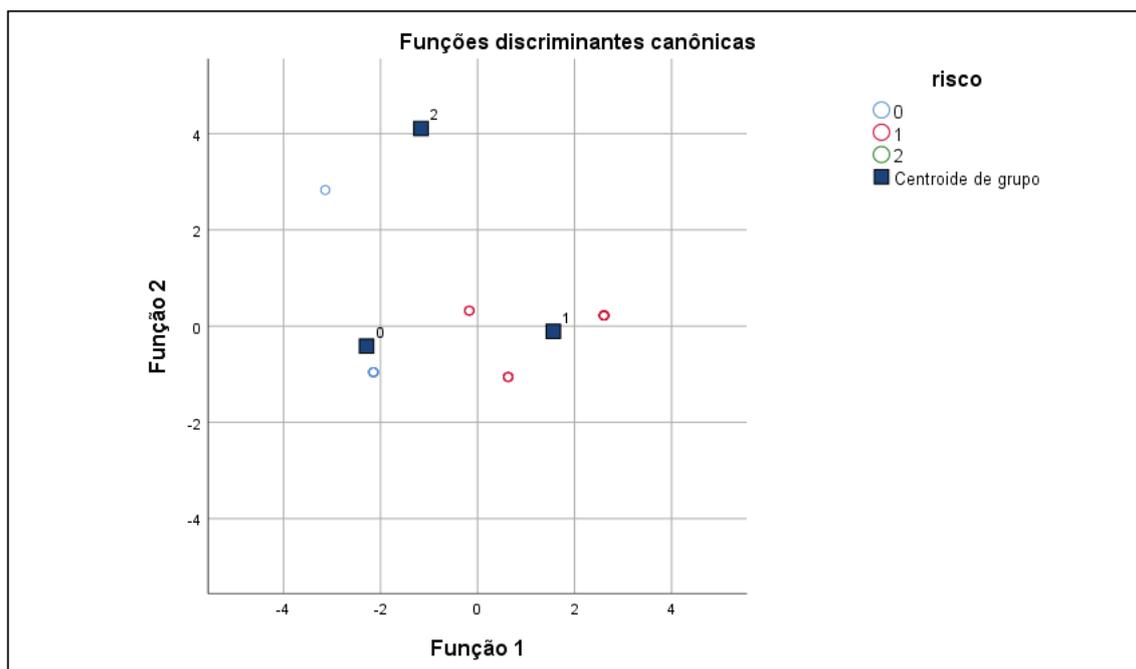
A partir das funções discriminantes foi possível identificar o centroide de cada grupo de classificação, conforme visualizado no QUADRO 22 e Figura 69.

QUADRO 22 - FUNÇÕES EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Delonix regia*

risco	Função	
	1	2
0	-2,289	-0,416
1	1,562	-0,109
2	-1,165	4,107

Fonte: A autora (2021).

FIGURA 69 – DIAGRAMA DE DISPERÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS EM CENTROIDES DE GRUPO PARA CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Delonix regia*



Fonte: A autora (2021).

A classificação de risco de queda de *Delonix regia* pela análise discriminantes (QUADRO 23) foi excelente, com 94,7% dos casos originais classificados corretamente.

QUADRO 23 – CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE *Delonix regia* PELA ANÁLISE DISCRIMINANTE

	Risco	Associação ao grupo prevista			Total
		0	1	2	
Contagem	0	6	0	1	7
	1	0	11	0	11
	2	0	0	1	1
%	0	85,7	,0	14,3	100,0
	1	,0	100,0	,0	100,0
	2	,0	,0	100,0	100,0

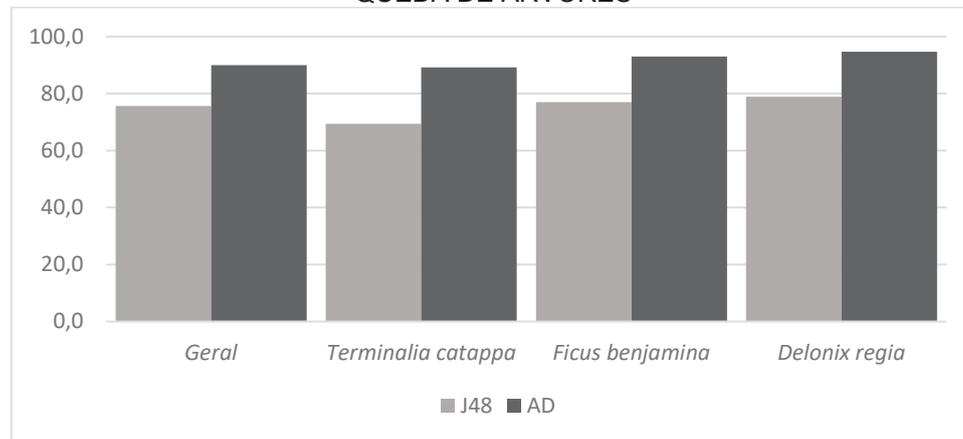
Fonte: A autora (2021).

#### 4.5.3 Seleção do melhor método de predição

Entre os parâmetros de seleção do melhor modelo está o percentual de observações corretas, considerado satisfatório com taxa de acerto superior a 65% (SELAU; RIBEIRO, 2009). Sendo assim, os dois métodos de predição de

risco de queda apresentaram resultados satisfatórios de classificação tanto para espécie quanto para a população total (FIGURA 70).

FIGURA 70 – PORCENTAGEM DE ACERTO DOS MÉTODOS DE PREDIÇÃO DO RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES



Fonte: A autora (2021).

A análise discriminante (AD) apresentou maior taxa de acerto para todas as avaliações. A classificação correta do risco de queda de árvores das espécies avaliadas pela análise discriminante (89,1%) foi superior ao encontrado por Silva (2019) que classificou corretamente o risco de queda de 86,7% de *Acer negundo* e 88,3% de *Tipuana tipu*, o que corrobora a eficiência dos modelos.

## 5 CONCLUSÃO

Na avaliação das árvores de *Delonix regia*, *Terminalia catappa* e *Ficus benjamina* constatou-se que em média 78,5% das árvores apresentaram indícios de poda.

Os problemas estruturais mais frequentes nas árvores podadas foram: galhos secos e brotações epicórmicas na copa, rachaduras e galhas no tronco e raízes superficiais e raízes adventícias. Enquanto nas árvores não podadas, os problemas mais comuns foram: galho secos e desequilíbrio de copa, rachaduras e forquilhas no tronco e raízes superficiais e raízes adventícias.

Para todas as espécies, a maioria das árvores podadas estava inserida em calçadas com largura recomendável (entre 2,20 e 5,0 m) e com áreas de canteiro menor que 1,0 m<sup>2</sup>.

Os insetos mais frequentes nas árvores avaliadas foram os cupins, sendo este a praga mais frequente em *Terminalia catappa* e *Delonix regia* enquanto que para *Ficus benjamina* a praga de maior ocorrência foi o tripes.

Alguns problemas apresentaram associação positiva com a poda, como as brotações epicórmicas, galhos secos, insetos na copa e raízes superficiais. Outros problemas tiveram associação negativa, ou seja, quando a poda estava presente, estes problemas estavam ausentes, como fungos na copa e erva de passarinho.

Os métodos de árvore de decisão (J48) e Análise discriminantes (AD) utilizados para predição da classificação do risco de queda apresentaram resultados satisfatórios. Porém, a árvore de decisão apresentou maiores falhas principalmente na classificação das árvores de risco alto. Portanto, conclui-se que a análise discriminante apresentou porcentagem de acerto quando comparada ao Método de Árvore de decisão, demonstrando que esta metodologia apresenta maior eficácia na classificação do risco.

Ao observar a avaliação geral, que considerou a classificação de risco das três espécies estudadas, a análise discriminante apontou que as variáveis que influenciam o risco de queda foram a poda na copa, cupins na copa, desequilíbrio de copa, tronco com bifurcação tipo forquilha/codominantes, com cavidade,

rachadura e galha, lesão na raiz, raízes adventícias, raízes superficiais e poda de raiz, além de alvos e efeitos colaterais.

Com a análise discriminante, os principais atributos responsáveis pelo risco de queda de *Terminalia catappa* foram: copa com cupins, desequilíbrio de copa, troncos com forquilha, inclinação, rachadura e galhas, lesão na raiz, raízes superficiais, poda de raiz, alvos e efeitos colaterais.

Na classificação de *Ficus benjamina* pelo método de análise discriminante, os principais atributos responsáveis foram: poda na copa, erva-de-passarinho, desequilíbrio de copa, tronco com rachaduras ou cupins, raízes adventícias, raízes com fungos, poda de raiz, alvos e efeitos colaterais.

Na classificação do risco de queda de *Delonix regia* os atributos de maior importância na classificação do risco de queda, segundo a análise discriminante, foram: cupim no tronco, lesão na raiz ou base do tronco e efeitos colaterais.

Diante dos resultados encontrados conclui-se que as hipóteses do trabalho foram aceitas. A primeira hipótese que considerou que a poda contribui para o risco de queda das árvores no município de Itanhaém foi aceita já que a poda foi uma das variáveis de classificação do risco de queda pelos modelos de predição de risco. A segunda hipótese considerou que um protocolo reduzido, com menor quantidade de variáveis e com avaliação de presença ou ausência de problemas, é suficiente para classificar corretamente o risco de queda, comprovando a eficiência dos modelos da árvore de decisão e da análise discriminante.

Entre os desafios encontrados na realização da presente pesquisa, vale ressaltar como principais dificuldades a supressão de grande parte dos indivíduos do inventário realizado em 2017 e também a baixa ocorrência de árvores no meio urbano que não sofreram poda, limitando o número de árvores avaliadas nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ABENDROTH, S.; KOWARIK, I.; MULLER, N.; LIPPE, M. The green colonial heritage: Woody plants in parks of Bandung, Indonesia. **Landscape and Urban Planning**, Michigan, v. 106, n. 1, p. 12-22, Mai 2012.
- AGUIAR, B. A. S.; SOARES, E. S. S.; MASRUA, M. L. A.; OLIVEIRA, M. C. P.; LOPES, A. V. F.; SOUSA, G. M. Biologia floral e reprodutiva de *Cenostigma macrophyllum* Tul. (Fabaceae) Floral and reproductive biology of *Cenostigma Macrophyllum* Tul. (Fabaceae). **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 01, n. 01, P. 84-95, 2016.
- AKPINAR, A. How is quality of urban green spaces associated with physical activity and health? **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 16, p.78-83, 2016.
- ALBERTIN, R. M.; DE ANGELIS, R.; DE ANGELIS NETO, G.; DE ANGELIS, B. L. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária de Nova Esperança, Paraná, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n.3, p. 128-148, 2011.
- ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711–728, 2014.
- ALVES, G. R.; PERUCHI, A.; AGOSTINI, K. Polinização em área urbana: o estudo de caso de Jacaranda mimosifolia D. Don (Bignoniaceae). **Bioikos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 31-41, jan./jun., 2010.
- AMARAL, R. D. A. M. **Diagnóstico da ocorrência de cupins xilófagos em árvores urbanas no bairro de Higienópolis, na cidade de São Paulo**. 2002. 71p. Dissertação (mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- AMORIM, M. J. V.; BARONE, D.; MANSUR, A. U. Técnicas de Aprendizado de Máquina Aplicadas na Previsão de Evasão Acadêmica. In: XIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. **Anais...XIX Fortaleza: SBIE 2008**.
- ARAUJO, L. A. **Inventário quali-quantitativo da arborização no bairro Coração Eucarístico em Belo Horizonte - MG**. 2014. 66f. Monografia (Especialização em Gestão Floresta), Universidade Federal do Paraná, 2014.
- ARZAI, A. H.; ALIYU, B. S. THE RELATIONSHIP BETWEEN CANOPY WIDTH, HEIGHT AND TRUNK SIZE IN SOME TREE SPECIES GROWING IN THE SAVANA ZONE OF NIGERIA. **Bayero Journal of Pure and Applied Sciences**, Kano, v. 3, n.1, p. 260-263, 2010.
- AYALA, A. D. V. **Hormigas carpinteras del género Camponotus (Hymenoptera: Formicidae) em el bosque seco tropical urbano de Santa Marta (Magdalena, Colombia)**. 2018. 74f. Monografia (Graduação em Biologia) - Facultad de Ciencias Básicas, Universidade del Magdalena, Santa Marta, 2018.

- BANDEIRA, A.G.; MIRANDA, C. S.; VASCONCELLOS, A. (1998) Danos causados por cupins em João Pessoa, Paraíba - Brasil. In.: FONTES, L. R. & BERTI FILHO, E. (Eds.). **Cupins: O desafio do conhecimento**. Piracicaba: FEALQ, p. 75-85.
- BAUR, J.W.R.; TYNON, J.F.; RIES, P.; ROSENBERGER, R.S. Public attitudes about urban forest ecosystem services management: A case study in Oregon cities. **Urban Forest & Urban Greening**, Amsterdam, v.17, p.42-53, jun. 2016.
- BENATTI, D. P.; TONELLO, K. C.; ADRIANO JÚNIOR, F. C.; SILVA, J. M. S.; OLIVEIRA, I. R.; ROLIM, E. N.; FERRAZ, D. L. Inventário arbóreo urbano do município de Salto de Pirapora, SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.5, p.887-894, 2012.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005.
- BLOOD, A.; STARR, G.; ESCOBEDO, F. J.; WISEMAN, P. E.; SIVAKUMAR, R.; STAUDHAMMER, C. R. Resolving uncertainties in predictive equations for urban tree crown characteristics of the southeastern United States: Local and general equations for common and widespread species. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 20, p. 282-294, 2016.
- BLUM, C. T.; BORGIO, M.; SAMPAIO, A. C. F. ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS NA ARBORIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS DE MARINGÁ-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.3, n.2, p.78-97, 2008.
- BOBROWSKI, R. **Gestão da arborização de ruas: ferramentas para o planejamento técnico e participativo**. 178f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- 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**, Viçosa, v.36, n.4, p.625-635, 2012.
- BOBROWSKI, R.; ZAMPRONI, K.; MARIA, T. R. B. C.; BIONDI, D. Variability and balance of crown projection of trees planted on sidewalks of three brazilian cities. **Cerne**, Lavras, v. 23, n.3, jul-set 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**. 2002. 265p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- BRAZOLIN, S.; TOMAZELLO FILHO, M.; AMARAL, R. D. A.; OLIVEIRA NETO, M. A. O. Associação entre fungos apodrecedores e cupins subterrâneos no processo de biodeterioração do lenho de árvores de Tipuana tipu (Benth.) O.

Kuntze da cidade de São Paulo, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 215 - 224, 2010.

BRAZOLIN, S.; TOMAZELLO FILHO, M.; YOJO, T.; OLIVEIRA NETO, M. A.; ALBUQUERQUE, A. R.; SETTE JUNIOR, C. R. Propriedades físico-mecânicas do lenho deteriorado por fungos apodrecedores de árvores de Tipuana tipu. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 183-190, abr./jun. 2014.

BRITO, L. D. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. Tese (Doutorado) - Programa de pós graduação em Engenharia de Estruturas - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

BRUN, F. G. K.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; FREITAG, A. S.; SCHUMACHER, M. V. Comportamento fenológico e efeito da poda em algumas espécies empregadas na arborização do bairro Camobi – Santa Maria, RS. **Revista da Sociedade Brasileira de arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n.1, p. 44-63, 2007.

CALDART, V. M.; IOP, S.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Diversidade de formigas (Hymenoptera, Formicidae) do perímetro urbano do município de Chapecó, Santa Catarina, Brasil. **Revista brasileira de Zoociências**, Juiz de fora, v. 14, n. 1,2,3, p. 81-94, 2012.

CALIXTO JUNIOR, J.T.; SANTANA, G.M.; LIRA FILHO, J.A. Análise quantitativa da arborização urbana de Lavras da Mangabeira, CE, nordeste do Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.4, n.3, p.99-109, 2009.

CAMPOS, A. E. C.; ZORZENON, F. J. Formigas. In: ALEXANDRE, M. A. V.; DUARTE, L. M. L.; CAMPOS, A. E. C. **Plantas ornamentais doenças e pragas**. São Paulo: Instituto Biológico, 2017, p. 540-573.

CASTRO, M. M.; FERNANDES, E. F.; SANTOS-PREZOTO, H. H.; PREZOTO, F. Formigas em ambientes urbanos: importância e risco à saúde pública. **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 28, n.1, p. 103-117, jan./dez. 2014

CHAVES, A. M. S.; SILVA, A. S.; AMADOR, M. B. M. Ausência de sincronia entre planejamento e a arborização urbana: um estudo de caso na avenida Rui Barbosa em garanhuns – PE. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Tupã, v. 1, n. 3, p. 54-71, 2013.

CHENG-JUNG, L.; HUANG, Y. HUANG, G.; WU, M. Detection of decay damage in iron-wood living trees by nondestructive techniques. **Journal of wood science**, Kyoto, v. 62, n.1, p. 42-51, 2016.

CONSTANTINO, R. **On-line térmitas database**. Disponível em: <<http://www.unb.br/ib/zoo/docent/constant/catal/catnew.html>>. Acesso em: 31 out. 2008

CORCOVIA, L. O.; ALVES, R. S. Aprendizagem de máquina e mineração de dados: avaliação de métodos de aprendizagem. **Interface tecnológica**, Taquaritinga, v. 16, n. 1, 2019.

CORIOLANO, R. E.; ESTRADA, M. A.; SANTOS, N. T.; CAIXEIRO, L. R.; VARGAS, A. B.; ALMEIDA, F. S. Mirmecofauna associada à arborização urbana no município de Três Rios, RJ, Brasil. **Revista brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 12, n.4, p.210-214, 2014.

COSTA, B. G. **Levantamento do ataque de cupins junto ao arboreto dos municípios de Pocinhos e Fagundes, Estado da Paraíba: uma análise comparativa**. 2011. 47f. Monografia (Licenciatura plena e Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual da Paraíba, Campina grande, 2011.

COSTA-LEONARDO, A. M. **Cupins-praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro: Divisa, 2002. 128 p.

CRISPIM, A. A.; MARQUES, I. F. F.; MENDES, T. B. **A utilização das espécies *Terminalia catappa* e *Bauhinia* spp. na arborização do bairro Paulo de Frontin, Volta Redonda/RJ**. Simpósio, [S.l.], n. 1, ago. 2018. ISSN 2317-5974. Disponível em: <<http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/simposio/article/view/909>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

DIAS, M. F. R.; PASCUTI, P. G.; SILVA, M. L. Aprendizado de máquina e suas aplicações em bioinformática. **Revista Semioses**, Miyazaki, v 10, n. 1, 2016

DUARTE, F. G.; SANTOS, G. A.; ROSADO, F. R.; DELARIVA, R. L.; SAMPAIO, A. C. F. Cupins (Insecta: Isoptera) na arborização urbana da zona 1 de Maringá-PR. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 1, n. 1, p. 87-99, 2008.

ELEOTÉRIO, E.S.R.; BERTI FILHO, E. Levantamento e identificação de cupins (Insecta: Isoptera) em área urbana de Piracicaba – SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.1, p.125-139, 2000.

ESTRADA, M. A.; CORIOLANO, R. E.; SANTOS, N. T.; CAIXEIRO, L. R.; VARGAS, A. B.; ALMEIDA, F. S. Influência de Áreas Verdes Urbanas sobre a Mirmecofauna. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 162-169, abr./jun. 2014.

FABER TAYLOR, A; KUO, F. Children With Attention Deficits Concentrate Better After Walk in the Park. **Journal of Attention Disorders**, Salt Lake City v. 12, n.5, p.402-409, 2009.

FERRAZ, M.V. **Estudos taxonômicos e aspectos da biologia de *Coptotermes Wasmann, 1896* (Isoptera: Rhinotermitidae) nas Américas**. 2000. 213p. Tese (Doutorado em Zoologia) Universidade de São Paulo, 2000.

FERREIRA, F. C.; FERREIRA, M. E. G.; CITELI, A. F. T.; MONGE, C. R.; KONRAD, M. Características da arborização urbana de regiões comerciais e

residenciais no município de Adamantina, SP. **Revista Omnia Exatas**, Adamantina, v. 2, n. 2, 39-46, Julho/Dezembro de 2009.

FLORES, E. M. **Terminalia catappa L.** Disponível em: <[http://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Fruitiers/FICHES\\_ARBRES/badamier/Terminalia%20catappa%20L.pdf](http://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Fruitiers/FICHES_ARBRES/badamier/Terminalia%20catappa%20L.pdf)> Acesso em 12 de dezembro de 2019.

FLORIAN, A. Principais agentes deterioradores de madeiras. **Revista da madeira**, Caxias do sul, v. 134, 2013.

FOELKEL E. **A madeira dos Pinus e sua susceptibilidade ao ataque por cupins-de-madeira-seca e por cupins subterrâneos.** Ed. n. 5, maio 2008. Acessado em 02 de dezembro de 2017. Disponível em: <[http://www.celso-foelkel.com.br/pinus\\_05](http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_05)>

GIBBONS, K.H.; RYAN, C.M. Characterizing comprehensiveness of urban forest management plans in Washington State. **Urban Forestry and Urban Greening**. Amsterdam, v.14, p. 612-624, 2015.

GILMAN, E. F. **An illustrated guide to pruning.** Nova Iorque: Delmar, 2012, 476 p.

GOES, G. S.; OLIVEIRA, M. Z. A. Arborização de ruas e praças em Salvador, Bahia. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.6, n.2, p.22-43, 2011.

GONÇALVES, R. B., J. M. SOUZA; C. M. L. NEVES. 2015. Abelhas (Hymenoptera) da Reserva Biológica de Pedra Talhada. In: Studer, A., L. Nusbaumer & R. Spichiger (Eds.). **Biodiversidade da Reserva Biológica de Pedra Talhada** (Alagoas, Pernambuco - Brasil). Editora Boissiera, p. 291-298.

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, 2007.

GRISE, M. M.; BIONDI, S.; ARAKI, H. A floresta urbana da cidade de Curitiba, PR. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 46, n. 4, p. 425 - 438, 2016.

GUEVARA-ESCOBAR, A.; GONZALEZ-SOSA, E.; VELIZ-CHAVEZ, C.; VENTURA-RAMOS, E.; RAMOS-SALINAS, M. Rainfall interception and distribution patterns of gross precipitation around an isolated *Ficus benjamina* tree in an urban área. **Journal of Hidrology**, Amsterdam, v.333, p. 532-541, 2007.

GUIMARAES, M. G.; CARDOSO JUNIOR, R. A. F. Diagnóstico e análise dos conflitos da arborização urbana: estudo de caso do bairro do Grajaú (Rio de Janeiro). **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 09, n. 01, p. 92 - 104, jan-abr 2019 .

GUZMAN-MORALES, J.; HERNANDEZ-ALVAREZ, E.; GARCIA-ARREOLA, M. E. Assessment of Atmospheric Metal Pollution in the Urban Area of Mexico City,

Using *Ficus benjamina* as Biomonitor. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Amsterdam. v. 86, p. 495-500, 2011.

HAMADA, S.; OHTA, T. Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 9, p. 15-24, 2010

HARRIS, W. V. Termites and forestry. **Empire forestry Review**, Columbia, v.34, p. 160-166, 1955.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. PREFEITURA MUNICIPAL DE ITANHAÉM – PMI. **Atlas Ambiental do município de Itanhaém – 2012**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2012, 92p.

INSTITUTO FLORESTAL – IF. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo: Regiões Administrativas de São José dos Campos (Litoral), Baixada Santista e Registro**. São Paulo: SMA/Imprensa Oficial, 2007. 140p.

ISA (a) – INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. **Pruning Mature Trees**. ISA, 2011.

ISA (b) – INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. **Why Topping Hurts Trees**. ISA, 2011.

ITACARAMBI, D. R.; LISBOA, G. S.; MARQUES, G. M.; STEPKA, T. F.; FRANÇA, L. C. J.; RODOLFO JUNIOR, F.; PESCK, V. A.; CERQUEIRA, C. L. **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**, Campina grande, v. 1, n. 2, p. 8-21, 2018

JIM, C. Y.; CHEN, W. Y. Habitat effect on vegetation ecology and occurrence on urban masonry walls. **Urban Forestry & Urban Greening**. Amsterdam, v. 9, p. 169-178, 2010.

JIM, C. Y.; ZHANG, H. Defect-disorder and risk assessment of heritage trees in urban Hong Kong. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 12, p. 585-596, 2013.

LEAL, L.; BIOND, D.; BATISTA, A. C. Influência das florestas urbanas na variação termo-higrométrica da área intraurbana de Curitiba – PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 807-820, 2014

LIMA, J. P. C.; LEO, J. R. A. Dinâmica de Crescimento e Distribuição Diamétrica de Fragmentos de Florestas Nativas e Plantadas na Amazônia Sul Ocidental. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n.1, p.70-79, 2013.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V.; BACHER, L.B. **Árvores exóticas no Brasil**. Nova Odessa – SP, Instituto Plantarum, 2003, 368p.

LUCENA, J. N.; SOUTO, P. C.; CAMAÑO, J. D. Z.; SOUTO, J. S.; SOUTO, L. S. Arborização em canteiros centrais na cidade de Patos, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 4, p. 20-26, 2015.

LUNDGREN, W.J.C.; SILVA, L.F.; ALMEIDA, A.Q. Influência das espécies exóticas arbóreas urbanas na área de cobertura da cidade de Serra Talhada – PE. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.8, n.3, p.96-107, 2013.

MAGALHÃES, L.M.S. Arborização e florestas urbanas – terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. **Floresta e ambiente**. Série técnica, p.23-26, 2006. Disponível em <<http://www.floram.org/files/v00n00/STv0n0a3.pdf>>. Acesso em 19/04/2016.

MARCHI, P.; ALVES-DOS-SANTOS, I. As abelhas do gênero *Xylocopa* Latreille (*Xylocopini*, *Apidae*) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotrópica**, Campinas, v.13, n.2, p. 249-269, 2013.

MARER, P. **Residential industrial pestcontrol**. [online]. Oakland: University Californial, Agriculture and Natural Resources, Publication 3334. Acessado em 02 de dezembro de 2018. Disponível em: <<http://ipm.ucanr.edu/PMG/PESTNOTES/>>

MARIA, T. R. B. C.; BIONDI, D.; BOBROWSKI, R. Inventário florístico quali-quantitativo das vias públicas de Itanhaém –SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.11, n.4, p.79-97, 2016.

MARIA, T.R.B.C. **Inventário quali-quantitativo de arborização viária do município de Itanhaém – SP**. 110 f. Dissertação (Mestrado) Engenharia Floresta, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

MARIA, T.R.B.C.; ZAMPRONI, K.; BIONDI, D. Avaliação quali-quantitativa de *Ficus benjamina* Linn. na arborização viária de Itanhaém – SP. **Acta biológica catarinense**, Joinville, v. 7, n.1, p. 82-91, 2020.

MARIA, T.R.B.C.; BIONDI, D.; BEHLING, A.; SOUSA, N.J. Influência da poda nos defeitos estruturais de *Ficus benjamina* na floresta urbana de Itanhaém – São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Curitiba, v.16, n.2, p.01-19, 2021.

MARTELLI, A.; BARBOSA JUNIOR, J. Análise da incidência de supressão arbórea e suas principais causas no perímetro urbano do município de Itapira-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.5, n.4, p.96-109, 2010.

MARTELLI, A.; BARBOSA JUNIOR, J. Incidência e fatores causais das supressões da arborização urbana no município de Itapira, Estado de São Paulo. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 215-222, 2011.

MARTINI, A. **Análise quantitativa das variáveis meteorológicas em diferentes tipologias de Floresta Urbana de Curitiba – PR**. 132f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MARTINS, L. F. V.; ANDRADE, H. H. B.; DE ANGELIS, B. L. D. Relação entre podas e aspectos fitossanitários em árvores urbanas na cidade de Luiziana, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.5, n.4, p.141-155, 2010.

MARTINS, S. F. M. F. **Estruturas de madeira - Inspeção e diagnóstico. Aplicação em Caso de Estudo**. 2009. Dissertação (Mestrado) Engenharia Civil - Área de Especialização Materiais, Reabilitação e Sustentabilidade da Construção - Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Portugal.

MCPHERSON, E. G.; XIAO, Q.; VAN DOORN, N. S.; GOEDE, J.; BJORKMAN, J.; HOLLANDER, A.; BONYNTON, R.M.; QUINN, J.F.; THORNE, J.H. The structure, function and value of urban forests in California communities. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v.28, p. 43-53, 2017.

MELO, G. A. R.; AGUIAR, A. P.; GARCETE-BARRETR, B. R. Hymenoptera. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2012, p. 553-612.

MELO, R. R.; LIRA FILHO, J. A.; RODOLFO JUNIR, F. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro bivar olinto, Patos, Paraíba. **Revista da sociedade brasileira de arborização urbana**, Piracicaba, v. 2, n.1, p. 64-80, 2007.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF/DPq.-LPF, 1998, 58p.

MILANO, S.; FONTES, L.R. **Cupins e cidade, implicações ecológicas e controle**. 142 p. 2002

MORAES, L. A.; MACHADO, R. R. B. A arborização urbana do município de Timon/MA: inventário, diversidade e diagnóstico quali-quantitativo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.9, n.4, p 80-98, 2014.

MORES, G. J.; STEFFEN, D. D. S.; IVASKO JUNIOR, S.; SANSON, D.; DA MATA, J. B.; BOBROWSKI, R. Vigor como medida quantitativa da qualidade de árvores urbanas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 121, p. 150-156, 2019.

MOUGA, D. M. D. S.; Bee community and associated flora in lowland rain forest and mangrove in southern Brazil, **Revue d'Ecologie** (Terre et Vie), Chicago , v. 71, n. 4, p. 385-396, 2016

MOURA, T. A.; GIMENES, G. C. S.; PIRES, M. M. Y. Levantamento da arborização das avenidas Brasil e São Paulo do município de Itaúna do Sul-PR. **Revista Terra e Cultura**, Londrina, v. 29, n. 57, 2013.

NAGENDRA, H.; GOPAL, D. Tree diversity, distribution, history and change in urban parks: studies in Bangalore, India. **Urban Ecosystems**, Duluth, v. 14, p. 211-223, 2011.

NEVES, F. S.; BRAGA, R. F.; ESPIRITO-SANTO, M. M.; DELABIE, J. H. C.; FERNANDES, G. W.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Diversity of Arboreal Ants In a Brazilian Tropical Dry Forest: Effects Of Seasonality and Successional Stage. **Sociobiology**, v. 56, n. 1, p. 1-18, 2010

NOWAK, D.J.; CRANE, D.E.; STEVENS J.C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, V. 4, p.115-123, 2006.

OLIVEIRA, A. C. C.; SOUZA, T. S.; LIMA, M. O.; GAZAL, V. S. Termitofauna associated to tree species located in the botanical garden of the Federal Rural University of Rio de Janeiro. **Scientific electronic archives**, Rondonópolis, v. 12, n. 1, p. 15-32, 2019.

OLIVEIRA, A. F. Arborização viária conflituosa com a rede elétrica na região oeste de Belo Horizonte – MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.11, n.2, p. 27-44, 2016

OLIVEIRA, A. F.; PEREIRA, J. A. A.; PEREIRA, G. A.; COELHO, S. J. NEVES, C. L. P.; REZENDE, S. W.; GARCIA, F. H. S. Modalidades de poda avaliadas na arborização viária sob rede elétrica no Estado de Minas Gerais. **Revista da sociedade brasileira de arborização urbana**, Piracicaba, v. 10, n.2, p. 1-13, 2015.

OLIVEIRA, A. G.; SILVA, G. B.; SILVA H. R. F.; SANTOS, M. G.; LIMA, U. D. S. Mapeamento de índices de cobertura vegetal dos bairros de Salvador-BA com uso de imagens do sensor RapidEye para o ano de 2009. In.**Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

OLIVEIRA, J. T.; TOMASELLO, M.; SILVA, J. D. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.993- 998, 2005.

OLIVEIRA, R. J.; SILVA, A.L.A.; SILVA, E. O.; SANT'ANNA, G. L.; FRANÇA, L. C. J. Gestão e avaliação da arborização de áreas públicas no município de Bom Jesus-Piauí. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v.6, n.1., p.9-14, 2016.

PAIVA, A. V. Aspectos da arborização urbana do centro de Cosmópolis –SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.4, n.4, p.17-31, 2009

PAIVA, A. V.; LIMA, A. B. M.; CARVALHO, A.; JUNIOR, A.; GOMES, A.; MELO, C. S.; FARIAS, C. O.; REIS, C.; BEZERRA, C.; JUNIOR, E. A. S.; MACEDO, E.; LIMA, E. S.; SOBRINHO, F.; SILVA, F. M.; BONFIM, J. C.; JUNIOR, L. S.; CORREA, M.; DUMONT, M. L.; JUNIOR, M. A. I.; PANTOJA, N. V.; DAVILA, R. M.; GABRIEL, R.; SILVA, R. A.; CUNHA, R. M.; OLIVEIRA, R. S.; DIAS R.; NICHELI, S. P.; COSTA, S.; SOUZA, T. C.; PEREIRA, T. F.; CASTELO, Z.; FERRARI, Z. S. Inventário e diagnóstico da arborização urbana viária de Rio Branco, AC. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 1, p. 144 - 159, 2010.

PEREIRA, P. H.; TOPANOTTI, L. R.; DALLACORT, S.; MOTA, C. J.; BRUN, F. G. K.; 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**, Pato Branco, v. 6, n. 1, 2011.

PHULWARIA M.; RAM, K.; HARISH; GUPTA, A. K.; SHEKHAWAT, N. S. Micropropagation of mature *Terminalia catappa* (Indian Almond), a medicinally important forest tree. **Journal of Forest Research**, Georgia, v. 17, n. 2, p. 202-207, 2012.

PINTO-COELHO, R. M. o significado ambiental da *Terminalia catappa* (castanheira) na arborização da orla litorânea de Vila Velha (ES). **Acta Biologica Brasiliensia**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, 2021.

PIRES, E. P.; POMPEU, D. C.; SOUZA-SILVA, M. Nidificação de vespas e abelhas solitárias (Hymenoptera: Aculeata) na reserva biológica Boqueirão, Ingaí, Minas Gerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 302-311, 2012

PIRES, N.A.M.T.; MELO, M.S.; OLIVEIRA, D.E.; XAVIER-SANTOS, S. A. Arborização urbana do município de Goiandira/GO - caracterização quali-quantitativa e propostas de manejo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.5, n.3, p.185-205, 2010.

PIRES, O. V.; ARAÚJO, N. M.; SILVA, J. R. P.; BONFIM, M. C. S.; SOUSA, S. F.; MAESTRI, M. P.. Composição florística e fitossanidade das praças Barão e Liberdade, Santarém, Pará. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Sergipe, v.10, n.3, p.228-237, 2019.

PUJALS, A.; SAMPAIO, A. C. F.; SILVA NETO, O. T.; MORESCHI J. Seleção de matrizes de *Tabebuia roseoalba* (RIDL) Sandwith com uso de método de pontuação de variáveis na arborização urbana de Maringá-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 4, n. 1, p. 107-132, 2009.

RIBAS, C. R. **Cartilha para avaliação de impactos ambientais e reabilitação de áreas degradadas baseada em comunidade de formigas e suas interações com plantas**. Lavras: Ed. UFLA, 2018, 42p.

RICHARDSON, E.A.; MITCHELL, R. Gender differences in relationships between urban green space and health in the United Kingdom. **Social Science & Medicine**, Amsterdam, V. 71, p. 568-575, 2010.

ROCHA, R.T.; LELES, P.S.S.; OLIVEIRA NETO, S.N. Arborização de vias públicas em Nova Iguaçu, RJ: o caso dos bairros Rancho Novo e Centro. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.4, p.599-607, 2004.

RODOLFO JUNIOR, F.; MELO, R. R.; CUNHA, T. A.; STANGERLIN, D. M. Análise da arborização urbana em bairros da cidade de Pombal no estado da Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.3, n.4, p.3-19, 2008.

SAMPAIO, A.C.F.; DE ANGELIS, B.L.D. Inventário e análise da arborização de vias públicas de Maringá-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 3, n.1, p. 37-57, 2008.

SANTOS, C. T. F.; OLIVEIRA, I. M. M.; FIALHO JUNIOR, L. L.; VERLY, O. M.; ROSA, P. R.; FRANCO, F. M.; CHAVES, A. G. F. Silvicultura Urbana: Levantamento e caracterização da arborização em uma área central na cidade de Cáceres-MT. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**, Porto Alegre, v.6, n.1, p: 47-64, 2019

SANTOS, C. Z. A.; FERREIRA, R. A.; SANTOS, L. R.; SANTOS, L. I.; GOMES, S. H.; GRAÇA, D. A. S. Análise qualitativa da arborização urbana de 25 vias públicas da cidade de Aracaju-SE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 751-763, 2015.

SANTOS, P.L.F.; MATEUS, C.M.D.; CASTILHO, R.M.; PAGLIARINI, M.K.; ZABOTTO, A.R.; FERREIRA, M.L. Implicações técnicas e ecossistêmicas do manejo inadequado da arborização urbana: o caso das podas drásticas em oitis na cidade de Ilha Solteira – SP. **Journal of urban technology and sustainability**, São Paulo, v.2, n.1, p. 26-36, 2019.

SEITZ, R. **Avaliação visual de árvores de risco**. Curitiba: FUPEF/SBAU, 2005, 26 p.

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

SELMI, W.; WEBER, C.; RIVIERI, E.; BLOND, N.; MEHDI, L. NOWAK, D. Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, V.17, p. 192-201, 2016.

SILVA, E. G. **Entomofauna associada à Ficus benjamina L. (moraceae) no município de Cuiabá, Estado de Mato Grosso**. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá, 2012.

SILVA, J. B. S.; LIMA, P. S.; PIRES, E. C.; BAUMANN, S. S. R. T.; BRÍGIDA, C. A. S.; RABELO, L. K. L.; MAESTRI, M. P.; AQUINO, M. G. C.. Implicações da utilização do Ficus spp. na arborização do município de Santarém, Pará. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v.10, n.3, p.325-334, 2019.

SILVA, M.; RAMALHO, M.; AGUIAR, C. M. L.; SILVA, M. D. Apifauna (Hymenoptera, Apoidea) em uma área de restinga arbórea-mata atlântica na costa atlântica do Nordeste do Brasil. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 27, n.1, p. 110-121,. 2015.

SILVA, M.D.M.; SILVEIRA, R.P.; TEIXEIRA, M.I.J.G. Avaliação da arborização de vias públicas de uma área da região oeste da cidade de Franca/SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p.19-35, 2008.

SKÄRBÄCK, E. Urban forests as compensation measures for infrastructure development. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, v. 6, n. 4, 15 p. 279-285, 2007.

SMILEY, E.T.; MATHENY, N.; LILLY, S. Qualitative tree risk assessment. **Arborist News**, v. 21, n.1, p. 12-18, 2012.

SONG, C.; IKEI, H.; KOBAYASHI, M.; MIURA, T.; LI, Q.; KAGAWA, T.; KUMEDA, S.; IMAI, M.; MYIAZAKI, M. Effects of viewing forest landscape on middle-aged hypertensive men. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, V. 21, p.247-252, 2017.

SOUZA, M. M.; BITTENCOUR, A. R. MARTINI. A. Diagnóstico sobre a queda de árvores urbanas em Belo Horizonte-MG. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v.7, n.1, p.867-875, 2020.

SOUZA, C. S.; DODONOV, P.; CORTEZ, R. B. Diversidade, fitossanidade e adequação da arborização ao ambiente urbano em um bairro na cidade de Ourinhos, SP, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 7, n.4, p. 77-89, 2012.

SREETHERAN, M.; ADNAN, M.; AZUAR, A. K. K. Street Tree Inventory and Tree Risk Assessment of Selected Major Roads in Kuala Lumpur, Malasya. **Arboriculture & Urban Forestry**, Atlanta, v. 37, n. 5, p. 226–235, 2011.

STARR, F.; STARR, K.; LOOPE, L. **Ficus benjamina**. Pesquisas Geológicas dos Estados Unidos – Divisão de pesquisas biológicas. Disponível em: <[http://hear.its.hawaii.edu/Pier/pdf/pohreports/ficus\\_benjamina.pdf](http://hear.its.hawaii.edu/Pier/pdf/pohreports/ficus_benjamina.pdf)> acessado em: 31 de janeiro de 2019.

STIENEN, T.; SCHMIDT, O.; HUCKFELDT, T. Wood decay by indoor basidiomycetes at different moisture and temperature. **Holzforschung**, v.14, n.1, p.9-15, 2014.

STRANGHETTI, V.; SILVA, Z.A.V. Diagnóstico da arborização das vias públicas do município de Uchôa – SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.5, n.2, p. 124-138, 2010.

STREILING, S.; MATZARAKIS, A. Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 29, n. 6, p. 309-316, 2003

SULEVIS, C. ; BIONDI, D. . Análise morfológica de espécies da arborização de ruas de Curitiba-PR e a infestação por erva-de-passarinho. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, p. 1, 2014.

TAYLOR, M.S.; WHEELER, W.B.; WHITE, M.P.; ECONOMOU, T.; OSBORNE, N. Research note: Urban street tree density and antidepressant prescription rates—A cross-sectional study in London, UK. **Landscape & Urban Planning**, Amsterdam, v. 136, p. 174-179, 2015.

THOMSON, L.A.J.; EVANS, B. Terminalia catappa (tropical almond). In: ELEVITCH, C.R. (Ed.). **Species profiles for pacific Island agroforestry**:

permanent agriculture resources (PAR), 2006. Disponível em:  
<<http://www.traditionaltree.org>> acessado em: 23 de novembro de 2019.

TOPANOTTI, L. R.; PEREIRA, P. H.; DALLACORT, S.; MOTA, C. J.; BRUN, F. G. K.; BRUN, E. J. ESTUDO DE CASO: COMPARAÇÃO DA ÁREA DE SOMBREAMENTO PRÉ E PÓSPODA DAS ÁRVORES URBANAS EM UMA VIA PÚBLICA DA CIDADE DE DOIS VIZINHOS-PR. In: 15º Congresso Brasileiro de Arborização Urbana – 15º CBAU e o 1º Congresso Ibero-americano de Arborização Urbana – 1º CIAU. **Anais...** XXV CBAU, Recife, 2011.

USDA – UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation**. Minnessota, USDA Forest Service, 1992, 204 p.

VAILSHERY, L.S.; JAGANMOHAN, M.; NAGENDRA, H. Effect of street trees on microclimate and air pollution in a tropical city. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, V. 12, p. 408-415, 2013.

VARGAS-GÁRZON, B.; MOLINA-PRIETO, L. F.; Ficus benjamina L. in the cities: high number of individuals, severe damages to infrastructure and expensive economic losses. **Revista Nodo**, v. 7, n. 13, p. 93-101, 2012.

VAZ, G. A. S.; ROCABADO, J. M. A. Arborização urbana em Praças de Alagoinhas, BA, Brasil. **Ambiência**, Guarapuava, v. 14, n. 3, p. 496-512, 2018.

VELASCO, G.D.N. **Arborização viária X Sistemas de distribuição de energia elétrica: avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos**. 117f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VELOSO, M. D. M.; BRAGA, L. L.; RODRIGUES, P. M. S.; SANTOS, M. R.; MIRANDA, W. O.; BRANDÃO, D. O.; NUNES, Y. R. F. Caracterização da arborização urbana em três ambientes na cidade de Montes Claros, MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.9, n.2, p.118-133, 2014.

VERMA, M.; SHARMA, S.; PRASAD, R. Biological alternatives for termite control: A review. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Amsterdam, v.63, n.8, 2009.

VILLAÇA, I. M.; LAPO, C. A.; MAGENTE, M. A. G. Infestação massiva em árvores e arbustos do Estado de São Paulo. **UNISANTA Bioscience**, Santos, v. 6, n. 4, p. 336-344, 2017.

VOLPE-FILIK, A.; SILVA, L. F.; LIMA, A. M. L. P. Avaliação da arborização de ruas do bairro São Dimas na cidade de Piracicaba/SP através de parâmetros qualitativos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, 2007.

WANG, Y.; ZHUOBIAO, N.; SHAOQING, C.; BEICHENG, X. Microclimate regulation and energy saving potential from different urban green infrastructures

in a subtropical city. **Journal of Cleaner Production**, Brno v. 226, p. 913-927, 2019.

YANG, J.; MCBRIDE, J.; ZHOU, J.; SUN, Z. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, V. 3, p. 65-78, 2005.

ZAMPRONI, K.; BIONDI, D. ; MARIA, T. R. B. C. ; LOUVEIRA, F. A. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária de Bonito, Mato Grosso do Sul. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 2, p. 235, 2018.

ZANETTI, R.; CARVALHO, G. A.; SOUZA-SILVA, A.; SANTOS, A.; GODOY, M. S. **Manejo Integrado de cupins**. Disponível em: [http://www.den.ufla.br/attachments/article/73/Aula5\\_MIP\\_CUPINS.pdf](http://www.den.ufla.br/attachments/article/73/Aula5_MIP_CUPINS.pdf)  
Acessado em: 05 de novembro de 2018.

ZORZENON, F. J. **Levantamento, dimensionamento de danos e manejo de cupins subterrâneos e formigas carpinteiras em arborização urbana**. 2009. 133p. Dissertação (Mestrado) Instituto Biológico (São Paulo), São Paulo.2009

ZORZENON, F. J. Principais Pragas das Palmeiras. In: ALEXANDE, M. A. V.; DUARTE, L. M. L.; CAMPOS, A. E. C. **Plantas ornamentais: doenças e pragas**. São Paulo, Editora Devir 2017, p. 427-491.

ZORZENON, F. J.; CAMPOS, A. E. C. Cupins pragas na arborização urbana: diversidade, frequência e correlação de danos. In: XXIII Congresso Brasileiro de Entomologia. **Anais...** Natal: CBE 2010.

ZORZENON, F. J.; CAMPOS, A. E. C. Subterranean Termites in Urban Forestry: Tree Preference and Management. **Neotropical Entomology**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 180-185, 2015.

ZORZENON, F. J.; POTENZA, M. R. (Coords.). **Cupins: Pragas em Áreas Urbanas**. Instituto Biológico, Boletim Téc. n.18, São Paulo, 66 p. 2006.

ZORZENON, F.J.; JUSTI JUNIOR, J. **Manual Ilustrado de Pragas Urbanas e Outros Animais Sinatrópicos**. Instituto Biológico: São Paulo, 151p., 2006.