

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

PRISCILA GABRIELA DA SILVA DUARTE

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ANÁLISES DE RISCO DE QUEDA DE
ÁRVORES URBANAS: EFICIÊNCIA TÉCNICA, ERGONÔMICA E ECÔNOMICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2018

PRISCILA GABRIELA DA SILVA DUARTE

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ANÁLISES DE RISCO DE QUEDA DE
ÁRVORES URBANAS: EFICIÊNCIA TÉCNICA, ERGONÔMICA E ECÔNOMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientadora: Prof. Dr^a. Flávia Gizele König
Brun

DOIS VIZINHOS

2018

*Dedico a Deus, a meus pais Márcia e Adilson,
meus irmãos Douglas e Maria Tereza e a toda
minha família que me ajudaram nessa
conquista.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom a vida e todo seu amor por nós.

Agradeço a Deus pelos pais incríveis que tenho Marcia Helena da Silva e Adilson Rafael Duarte, meus irmãos Douglas Silva Duarte e Maria Tereza Silva Duarte, em memória a minha avó Tereza Rafael Duarte e toda minha família que contribuíram para a realização da minha graduação em Engenharia Florestal, por todos os conselhos e apoio no decorrer dessa jornada. Agradeço a Deus por ter me proporcionado a oportunidade de cursar minha graduação em uma excelente universidade como a Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos.

Agradeço a Prof. Dr.^a Flávia Gizele König Brun pela orientação durante esses quatro anos e pela oportunidade de fazer parte do grupo de pesquisa em Silvicultura e Ecologia Urbana neste período e por ela ter abraçado a ideia para eu concretizar o meu trabalho de conclusão de curso e por todo ensinamento o qual me proporcionou.

Agradeço aos meu colegas e amigos em especial a Evelyn Naegeler por ter aceitado a participar do meu projeto e por toda ajuda que me ofereceu durante meu trabalho de conclusão de curso.

Agradeço ao grupo PET (programa de educação tutorial) PET- Engenharia Florestal e a minha tutora Michele Potrich, por todo conhecimento e experiência adquirida no período que participei do grupo.

Agradeço a Prof. Dr.^a Veridiana Padoin Weber por participar da banca do Trabalho de Conclusão de Curso I e II e por todo ensinamento o qual ela me proporcionou e ao prof. ° Dr. Edgar de Souza Vismara por aceitar o convite como banca examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso II.

O segredo da vida não está chegar na linha final e ganhar o lugar mais alto do pódio, e sim, tudo aquilo que levamos pra si, mediante a tudo que absorvemos das pessoas e, o que emitimos para elas da nossa essência durante esse percurso.

Agradeço a todos de coração.

Quem chorará?

Mais uma árvore tomba,

Tonta,

Ao sabor da ventania.

Desaba

E se acaba.

Terá sido só a ventania braba?

Uma ventania maldita,

Ou uma outra razão não dita?

Quem irá chorar por ela?

O João?

A Rita?

Outrora foi bela,

Agora jaz.

E o rapaz

Que gostava dela

Não mais a verá

Quando abrir a sua janela.

Márcio J. Rodrigues

RESUMO

DUARTE, S. G. P. **Comparação de Métodos de Análises de Risco de Queda de Árvores Urbanas: Eficiência Técnica, Ergonômica e Econômica.** Trabalho de Conclusão de Curso II (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 90 p. 2018.

A análise de risco de queda de árvores urbanas é uma ferramenta indispensável nas cidades para prevenir a população de acidentes e transtornos causados pela queda de uma árvore. O presente trabalho teve como objetivo avaliar comparativamente os diferentes métodos de análise de risco de queda de árvores por diagnose visual e por tomografia de impulso sônica de tronco, comparando as eficiências técnica, econômica e ergonômica dos diferentes métodos de análise visual de risco de queda de árvores urbanas e tomografia sônica de tronco, o estudo foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos. Para a realização do presente estudo foram selecionados 131 indivíduos arbóreos de cinco espécies, sendo elas Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides*), Ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*), foram selecionadas duas espécies de Ipê Roxo (*Handroanthus heptaphylus*) e (*Handroanthus avellanadae*) e Magnólia-amarela (*Michelia champaca*) todas pertencentes a arborização do Campus, após a coleta dos dados as campo os dados foram compilados em planilha eletrônica Excel Microsoft® e analisados graficamente e por tabelas para comparação de sua eficiência de cada parâmetro. A metodologia de TRAQ-ISA (2013) em termos técnicos se destacou a frente da metodologia comparada, sendo ela a mais eficaz e eficiente para o presente estudo, podendo ser indicada para outros estudos com a mesma finalidade a análise visual de risco de queda. A tomografia de tronco serve como uma excelente ferramenta de apoio para as análises de diagnose visual de risco de queda de árvore urbanas. Ambos métodos de diagnose visual oferecem desgastes ergonômicos, com isso em quesitos ergonômicos o método de STEIZ (2005) foi o que menos apresentou relatos de desconforto considerando todas as partes das árvores analisadas por cada avaliador no período de coleta de dados em campo. , o método de TRAQ-ISA foi o melhor para se utilizar de acordo com a análise econômica, sendo o mais viável economicamente. Com os resultados do presente estudo é possível demonstrar aos órgãos públicos, a determinação de uma técnica eficiente a ser adotado em áreas urbanas. Visando a normatização de procedimentos para análise de risco de queda de árvores urbanas, ausentes em nosso país.

Palavras-chave: Arborização Urbana; Árvore com risco; Metodologias.

ABSTRACT

DUARTE, S. G. P. Comparison of Methods of Risk Analysis for Falling Urban Trees: Technical, Ergonomic and Economic Efficiency. Course Completion Work II (Undergraduate in Forest Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos, 90 p. 2018.

The risk analysis of falling urban trees is an indispensable tool in cities to prevent the population of accidents and disorders caused by the fall of a tree. The objective of this study was to compare the different methods of tree risk analysis by visual diagnosis and by sonographic trunk impulse tomography, comparing the technical, economic and ergonomic efficiencies of the different methods of visual analysis of risk of urban tree fall and sonographic tomography of the trunk, the study was carried out at the Federal Technological University of Paraná campus Dois Vizinhos. In order to carry out the present study, 131 arboreal individuals of five species were selected: Sibipiruna (*Poincianella pluviosa var.peltophoroides*), Ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*), two species of Purple Ipê (*Handroanthus heptaphylus*) and (*Handroanthus avellanadae*) and Yellow Magnolia (*Michelia champaca*) all belonging to the Campus afforestation, after data collection the field data were compiled in Excel spreadsheet Microsoft® and analyzed graphically and by tables to compare their efficiency of each parameter. The TRAQ-ISA methodology (2013) in technical terms highlighted the comparative methodology front, being the most effective and efficient for the present study, and the visual analysis of risk of fall may be indicated for other studies with the same purpose. Trunk tomography serves as an excellent support tool for visual diagnosis analyzes of urban tree fall risk. Both methods of visual diagnosis offer ergonomic wear, with ergonomic requirements, the STEIZ (2005) method was the one that presented the least discomfort reports considering all the parts of the trees analyzed by each evaluator during the data collection period in the field. , the TRAQ-ISA method was the best to use according to the economic analysis, being the most economically feasible. With the results of the present study it is possible to demonstrate to public agencies the determination of an efficient technique to be adopted in urban areas. Aiming to standardize procedures for risk analysis of urban tree fall, absent in our country.

Keywords: Urban tree; Risk tree; Methodologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01-Mapa do Estado do Paraná com localização do município de Dois Vizinhos e área de estudo.	27
Figura 02 - Sibipiruna (<i>Poincianella pluviosa</i> var. <i>peltophoroides</i>).	28
Figura 03 - Ipê-amarelo (<i>Handroanthus chrysotrichus</i>), UTFPR, Dois Vizinhos, 2017.	30
Figura 04 -Ipê Roxo (<i>Handroanthus heptaphylus</i>).	31
Figura 05 -Ipê Roxo (<i>Handroanthus avellanadae</i>).	32
Figura 06 - Magnólia-amarela (<i>Michelia champaca</i>).	33
Figura 07 - falhas estruturais copa, tronco e base do tronco.	34
Figura 08 - Equipamentos para coleta os dados a campo. A) Vertex; B) Tomógrafo; C) Inclinometro Digital; D) Bussola; E) Trena de 50 metros.	36
Figura 09 -Tomografia de impulso no tronco Magnólia-amarela (<i>Michelia champaca</i>).	41
Figura 10 - Instalação dos sensores para Tomografia de impulso no tronco Magnólia-amarela (<i>Michelia champaca</i>) e Ipê-Roxo (<i>Handroanthus avellanadae</i>).	42
Figura 11 - Processamento dos dados no Software ARBOTON, para geração do Gráfico de risco de queda, Dois Vizinhos, 2018.	43
Figura 12 - Tempo de Avaliação da eficiência técnica nos métodos comparados no estudo: A) Metodologia de Seitz (2005); B) ISA-TRAQ (2013).	47
Figura 13 - Distribuição do Tempo de Avaliação nos métodos comparados no estudo: A) Metodologia de Seitz (2005); B) ISA-TRAQ (2013).	48
Figura 14 - Grau de Risco de queda de partes para as árvores avaliadas nos métodos comparados no estudo: A) Metodologia de Seitz (2005); B) ISA-TRAQ (2013).	51
Figura 15 - Risco de queda global (de toda árvore) dos indivíduos avaliados pelas diferentes Metodologias trabalhadas no presente estudo: A) Seitz (2005); B) TRAQ-ISA (2013).	55
Figura 16 - Risco Residual Global, obtido pelo método de análise de risco de queda de árvores urbanas de TRAQ-ISA (2013) no campus da UTFPR Dois Vizinhos, 2018.	56
Figura 17 - Recomendações de manejo para os indivíduos avaliados nas Metodologias empregadas no presente estudo: A) Seitz (2005); B) TRAQ-ISA (2013).	57
Figura 18 - Índice de Risco residual, obtido pelo método de análise de risco de queda de árvores urbanas de TRAQ-ISA (2013) no campus da UTFPR Dois Vizinhos, 2018.	59

- Figura 19 - Necessidade de Tomografia de tronco para os indivíduos avaliados nas Metodologias empregadas no presente estudo: Seitz (2005) e TRAQ-ISA (2013). 60
- Figura 20 - Necessidade de avaliação avançada para os indivíduos avaliados nas Metodologias empregadas no presente estudo: A) Seitz (2005); B) TRAQ-ISA (2013). 61
- Figura 21 - Tomografia da espécie *Handroanthus avellanadae* na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 36) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico. 62
- Figura 22- Tomografia da espécie *Handroanthus avellanadae* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 38) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico. 62
- Figura 23- Tomografia da espécie *Handroanthus avellanadae* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 42) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico. 64
- Figura 24 - Tomografia da espécie *Handroanthus heptaphysus* na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 58) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico. 65
- Figura 25 - Tomografia da espécie *Michelia champaca* na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 47) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico; C. Gráfico de tomografia bifurcação; D Gráfico Mecânico bifurcação. 65
- Figura 26- Tomografia da espécie *Michelia champaca* na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 49) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico. 66
- Figura 27 - Tomografia da espécie *Michelia champaca* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 106) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico. 67
- Figura 28 - Tomografia da espécie *Michelia champaca* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 119) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico. 67
- Figura29 - Desconforto Ergonômico nas Metodologias empregadas no presente estudo: Seitz (2005) e TRAQ-ISA (2013). 70

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Valores de aquisição e valores de depreciação dos equipamentos para Comparação de métodos de análises de risco de queda de árvores urbanas: eficiência econômica. Em Dois Vizinhos, Paraná. 74
- Tabela 2- Mão de obra para Comparação de métodos de análises de risco de queda de árvores urbanas: eficiência econômica. Em Dois Vizinhos, Paraná. 74
- Tabela 3 - Custos com deslocamento para Comparação de métodos de análises de risco de queda de árvores urbanas: eficiência econômica. Em Dois Vizinhos, Paraná. 75
- Tabela 4 - Custos totais e valores por laudo individual para Comparação de métodos de análises de risco de queda de árvores urbanas: eficiência econômica. Dois Vizinhos, Paraná. 76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 REVISÃO LITERÁRIA.....	16
3.1 Arborização urbana	16
3.2 Histórico da arborização urbana	16
3.3 Importância e benefícios	18
3.4 Legislação	19
3.5 Risco de queda de arvores urbanas	20
3.6 Danos e problemas causados a sociedade, devido à queda de árvores urbanas	22
3.7 Análise de risco de queda de árvores urbanas	24
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1 Caracterização e descrição da área de estudo.....	26
4.2 Caracterização das espécies	28
4.2.1 Sibipiruna (<i>Poincianella pluviosa</i> var. <i>peltophoroides</i>).....	28
4.2.2 Ipê-amarelo (<i>Handroanthus chrysotrichus</i>)	29
4.2.3 Ipê Roxo (<i>Handroanthus heptaphylus</i>)	30
4.2.4 Ipê Roxo (<i>Handroanthus avellanadae</i>)	31
4.2.5 Magnólia-amarela (<i>Michelia champaca</i>).....	32
4.3 Métodos	33
4.4 Material utilizado	35
4.5 Metodologias empregadas.....	36
4.5.1 Metodologia de Seitz (2005)	36
4.5.2 Tree Risk Assessment Qualification (TRAQ, 2013).....	38
4.5.3 Tomografia De Impulso	41
4.6 Avaliação ergonômica do Métodos	43
4.7 Avaliação econômica dos Métodos.....	44
4.8 Análise dos resultados dos Métodos.....	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
5.1 Eficiência Técnica dos Métodos Avaliados.....	46
5.1.1 Tempo de execução das Avaliações	46
5.1.2 Acurácia dos Índices de Risco de queda gerados nos Métodos	50
5.2 Avaliação Ergonômica dos Métodos	69

5.3 Avaliação econômica dos Métodos.....	72
6 CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS	85
Anexo I - Formulário de análise de risco de queda por análise visual, método de Seitz (2005)	86
Anexo II- Formulário de análise de risco de queda por análise visual, método de TRAQ-ISA (2013).	88

1 INTRODUÇÃO

A arborização urbana no país é uma das grandes ferramentas para a manutenção da qualidade ambiental dentro dos centros urbanos brasileiros, porém a falta de manejo das árvores e interferências equivocadas pela população sobre estas tem provocado inúmeras quedas de árvores em nossas cidades.

Para Bortoleto, Silva Filho e Lima (2006) grande parte das cidades padecem de um planejamento adequado de arborização urbana, onde os projetos geralmente são desprovidos de um conhecimento real do assunto, tendo como efeito uma arborização ineficaz, potencializando o risco de queda de árvores urbanas acarretando em danos materiais e imateriais e a redução dos benefícios que poderia proporcionar à população.

Devido ao mal planejamento o indivíduo arbóreo muitas vezes apresenta falhas estruturais e estado fitossanitário fragilizado, ficando vulneráveis a queda de suas partes estruturais como galhos, ramos, quebra do tronco ou até mesmo a queda de toda árvore.

A análise de risco de queda é uma ferramenta de grande valia para o meio urbano, pois visa identificar as falhas estruturais das árvores para um diagnóstico da qualidade do indivíduo arbóreo, indicando técnicas de manejo adequadas para melhor funcionalidade da árvore e segurança da população (SACRAMENTO, 2013).

Análise de risco de queda é um arranjo de n fatores, no qual são levados em conta no momento da avaliação de um determinado indivíduo arbóreo, por exemplo, são analisados as extensões das necroses (matéria apodrecida) no troco, presença de pragas (cupins e fungos), injúria mecânicas de raízes, copa, idade, espécie, condições climáticas da região entre outros fatores (BIOFESRA, 2015).

A análise de risco de queda de uma árvore é realizada com base em duas técnicas: a não invasiva por meio dos métodos de diagnose visual da árvore, através da identificação de características da árvore que contribuam para a sua fragilidade mecânica. Essa avaliação passa por uma observação visual de sintomas de declínio (copa esparsa, descoloração das folhas), aparência do tronco (inclinação, sinais de apodrecimento), e a invasiva que é uma técnica que se baseia na introdução de sondas no lenho das árvores, como a tomografia de impulso (SEITZ, 2005; ROLLO, 2009; SACRAMENTO, 2013).

Com base neste aspecto, este projeto se apresenta com caráter de pesquisa científica no sentido de contribuir através do planejamento da arborização urbana, pois vem a corroborar na ampliação de ferramentas para o planejamento adequado da arborização no ambiente urbano, através do manejo preventivo de queda de árvores

urbanas e a redução de acidentes pela queda de árvores no meio urbano, e seus impactos negativos sobre a população.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar comparativamente diferentes métodos de análise de risco de queda de árvores por diagnose visual (SEITZ, 2005; TRAQ, 2013) e por tomografia de impulso sônica. Utilizando como parâmetro a eficiência dos diagnósticos de fatores intrínsecos ao risco de queda de árvores urbanas.

2.2 Objetivos específicos

O presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivos específicos:

- Realizar a análise de risco de queda a partir de variáveis significativas das árvores urbanas, levando em consideração, principalmente, a qualidade do fuste, copa, raízes e condições de desenvolvimento das raízes e tronco, por meio de diagnose visual pelos métodos propostos por SEITZ, 2005; TRAQ, 2013; e realizar tomografia sônica, visando selecionar a metodologia mais eficiente.
- Comparar as eficiências (técnica, econômica e ergonômica) dos diferentes métodos (diagnose visual SEITZ, 2005; TRAQ, 2013) na estimativa do risco de queda dos indivíduos arbóreos avaliados.
- Estabelecer, tecnicamente, um método de análise de risco de queda em árvores urbanas mais eficiente. Visando a normatização de procedimentos para análise de risco de queda, ausentes em nosso país.

3 REVISÃO LITERÁRIA

3.1 Arborização urbana

Entende-se por Arborização urbana o conjunto de espaços públicos e privados com vegetação predominantemente arbórea natural ou cultivada presente em meio urbano, considerando em áreas particulares, parques, praças, vias públicas e em outras locais verdes complementares, sendo um dos elementos bióticos mais importantes das cidades (COSTA et.al, 2013; COPEL 2009, SANCHOTENE,1994).

Para Terra et al (2004), arborização é um processo sistemático de organização da paisagem, a partir da introdução metódica de espécies arbóreas atrelados a fatores funcionais, estéticos, ambientais e socioculturais. Sua utilização pode estar delimitada à área urbana, ocupando espaços públicos e pode ocupar reservas florestais dentro do limite urbano.

Dentro deste cenário, a arborização urbana desempenha função essencial para uma boa qualidade de vida, devidas suas variadas funções, a árvore urbana age diretamente sobre o microclima, aumento da qualidade do ar, redução de ruídos, além de fornecer abrigo à fauna remanescente nas cidades (SBAU, 2007).

Planejar à arborização é indispensável para o desenvolvimento urbano e requer, antes de qualquer coisa, o conhecimento da situação existente, através de análises quali-quantitativas, bem como das características das espécies arbóreas que poderão ser utilizadas (COLETTTO et.al, 2008). Realizada de forma planejada, a arborização urbana apresenta-se para melhoria da qualidade ambiental, saúde e de bem-estar social, levando em consideração seus benefícios diretos e indiretos (DETZEL, 1992).

3.2 Histórico da arborização urbana

A necessidade do homem de viver em sociedade originou-se desde à Pré-História, ao lado da evolução dos diversos povos e suas gerações, decorrente a isto, a estima com a vegetação alterou-se com o tempo devida sua importância para população. Alguns povos considerava a presença das plantas algo de grande relevância para a sobrevivência da comunidade, para outros, elas tinham um caráter meramente estético (BONAMETTI, 2003).

O aspecto de área verde urbana está fortemente correlacionado à história. Sabe-se que a técnica de paisagismo, surgiu no Egito e China (LOBODA; ANGELIS, 2005). Espaços verdes já faziam parte do arranjo organizacional das cidades desde a antiguidade, as áreas eram de uso dos imperadores e sacerdotes (RESENDE, 2011).

A história da arborização urbana iniciou seu desenvolvimento e evolução por volta do século XV na Europa, onde tornando-se comum em meados do século XVII. Nesta época foram criados na Europa passeios com muitas flores, conhecidas como “passeio ajardinado” (SEGAWA, 1996).

No Brasil início do século XVII, no período da ocupação holandesa, o estado de Pernambuco foi o primeiro que dispôs de manifestações paisagísticas e de arborização no país, a partir da obra do príncipe Maurício de Nassau (LOBODA; DE ANGELIS, 2005).

No Brasil, praças estão presentes na história desde os primeiros séculos da colonização. Com o passar do tempo, esses ambientes incidiam as precauções dos administradores da época, por se tratar de atrativos onde havia concentração da população com potencial econômico. (REIS FILHO, 1968).

O passeio Público do Rio de Janeiro foi um dos jardins urbanos pioneiros construídos no Brasil, por ordem do vice-rei D. Luís de Vasconcelos. Suas obras tiveram início em 1779 por Valentim da Fonseca e Silva - Mestre Valentim - (SEGAWA, 1996). Mais tarde, outras cidades como São Paulo, Porto Alegre, iniciaram o processo de arborização de vias principais, implantação de parques e praças.

A partir do surgimento das indústrias e aumento da população e estimativa de vida, os espaços verdes deixaram de ter função apenas de lazer, passando a ser uma necessidade urbanística, de higiene, de recreação e de preservação do meio ambiente urbano (RESENDE, 2011).

O processo de urbanização no Brasil é um reflexo das transformações estruturais de ordem política, econômica e social, as quais o país enfrentou principalmente no início das décadas de 60 e 70, quando se iniciou um processo de ordenamento e integração social da nação voltado à política de desenvolvimento econômico-social com base no crescimento das cidades (LIMA NETO et al., 2007).

3.3 Importância e benefícios

A arborização urbana desempenha funções importantes para a sociedade e o meio ambiente, proporcionando benefícios estéticos e funcionais. Tais benefícios estendem-se desde o conforto térmico e bem-estar psicológico aos cidadãos, até a prestação de serviços ambientais indispensáveis à regulação do ecossistema (SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE, 2015).

Mello Filho (1985) relata que áreas verdes urbanas exercem funções essenciais, como melhoria da qualidade do ar da cidade, redução de ilhas de calor, absorção de ruídos, quebra da monotonia da paisagem, melhoria dos recursos, redução da poluição, melhoria da infiltração da água no solo, evitando erosões associadas ao escoamento superficial das águas das chuvas.

Para uma boa qualidade ambiental à população, é fundamental que as cidades apresentem 15 m² de área verde por habitante (SBAU, 2006).

A arborização minimiza os aspectos ambientais adversos, influencia os aspectos ecológico, histórico, cultural, social, estético e paisagístico, aumenta o valor das propriedades, também contribui para proteção dos corpos d'água e do solo, a conservação genética da flora nativa, abrigo à fauna silvestre (CEMIG 2011).

Segundo Barcellos et al. (2012), a arborização contribui esteticamente por meio da diversidade de cores, desenhos, textura de seus elementos. Desta forma, as áreas verdes e as árvores urbanas contribuem para minimizar o efeito agressivo das construções urbana e agrega múltiplos artifícios ao sistema urbano.

Muito mais do que o uso no paisagismo, as árvores garantem sombra, ajudam a controlar a poluição do ar e tornam os imóveis mais atraentes, elas oferecem, generosamente, uma série de serviços ambientais que melhoram a qualidade de vida na sociedade. Um grupo de pesquisadores do Serviço Florestal dos EUA e da Universidade da Califórnia em Davis, realizou uma pesquisa recente onde estimaram que as árvores presentes nas ruas das cidades do estado da Califórnia contribuem com cerca de US\$ 1 bilhão por ano em economia para os cofres (EXAME, 2016).

Árvores bem cuidadas oferecem benefícios preciosos, 100 árvores removem até 53 toneladas de dióxido de carbono e 430 quilos de outros poluentes atmosféricos por ano e coleta aproximadamente 139.000 litros de água da chuva por ano. Bairros com presença de árvores mostram baixos níveis de violência doméstica e são mais seguros e mais

sociável. A presença de indivíduos arbóreos reduz o uso de ar condicionado, economizando até 56 % no gasto anual, bloqueiam os ventos de inverno pode economizar 3 % nos gastos com aquecedores (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2016).

A arborização urbana é essencial para uma boa qualidade de vida no meio urbano devido aos diversos benefícios proporcionados, porém é importante um bom planejamento para melhor desempenho, seguindo as legislações e procedimentos pertinentes a áreas verdes urbanas.

3.4 Legislação

O Estatuto das Cidades, Lei Federal 10.257/2001 é a regulamentação dos artigos 182 e 183 da constituição federal, o qual constitui critérios e diretrizes da política de gestão Urbana no país.

Segundo a LEI FEDERAL 10.257 (2001) a política urbana, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, entre as diretrizes o artigo 2º parágrafo 6 relata que a exposição da população a riscos de desastres, devem ser asseguradas pelo município em seu plano diretor. Condizendo com a lei, mostra-se a importância da análise de risco de queda de arvores urbanas no plano diretor municipal, as quais em situação inadequada expõe a sociedade a situação de risco e desastre.

No Estatuto das Cidades em seu artigo 4º parágrafo 3, está presente o Plano Diretor, que consiste em um instrumento básico para orientar a política de desenvolvimento e de ordenamento de expansão de um município. O capítulo III da lei federal 10.257/2011 fala especificamente do plano diretor, seus objetivos e funções.

O Plano Diretor tem como objetivo conduzir os atos do poder público buscando integrar os interesses coletivos e assegurar as benfeitorias da urbanização, tendo como função, garantir o atendimento das necessidades da cidade buscando melhor qualidade de vida, preservação e restauração dos sistemas ambientais e consolidar os princípios da reforma urbana. (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GONSALO, 2005). No Art. 41. da lei federal 10.257/ 2001, diz que o plano diretor é obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes.

O Plano de Arborização Urbana é um instrumento complementar ao Plano Diretor, que faz parte da lei federal 10.257/2001 conhecida como Estatuto das Cidades, o mesmo deve estar em consonância com a Lei Orgânica do município (WOJCIKIEWICZ, 2012).

Outra legislação voltada ao plano diretor e relacionada ao plano de arborização é a lei orgânica, a qual age como uma Constituição Municipal, sendo considerada a lei maior dos municípios. Através dela que os municípios brasileiros se organizam, e cada câmara municipal pode determinar as suas próprias leis orgânicas, contanto que estas não infrinjam a constituição e as leis federais e estaduais (JUSBASIL, 2015).

Dentro da lei orgânica do município deve conter o plano diretor, nele constando o plano de arborização urbana do município tem como objetivo zelar pelas áreas verdes urbanas, no mesmo deve conter o planejamento arbóreo das cidades, métodos de avaliações fitossanitárias dos indivíduos arbóreos e técnicas de manejo.

3.5 Risco de queda de arvores urbanas

O estado de conservação dos indivíduos arbóreos é de grande estima, pois está diretamente ligado com a segurança dos mesmos em relação à população na área urbana, grande maioria das vezes as injúrias podem ser provocadas por temporais, insetos, aves, patógenos, ações antrópicas entre outros eventos, desestabilizando a estrutura física da árvore.

Define-se como árvore com risco todo indivíduo que apresenta defeitos estruturais que possam ocasionar acidentes por quebra de partes ou de toda árvore, o risco de queda é contraído em todo indivíduo arbóreo que se encontra com falhas estruturais que possam vir à originar acidentes por quebra parcial ou total da árvore, significando que a mesmo pode ser causada por ventania, chuvas intensas, podas inadequadas, raiz instável, problemas fitossanitários, deslizamentos de terra, dentre outros (SAMPAIO et al., 2010).

De acordo com (MAZOLLI 2013), o conhecimento das condições das árvores é uma ferramenta muito útil para que se conheça a diversidade e o estado dos indivíduos arbóreos de uma determinada área, e incide na observação em campo de vários parâmetros indicativos às árvores e ao meio físico, tais como o porte da árvore, fitossanidade, necessidades de manejo, conflitos com as redes aéreas, construções e outras estruturas urbanas, espaço físico disponível para plantio, que são realizadas através das análises de risco de queda de árvores.

As árvores podem causar danos materiais e humanos no meio urbano, devido aos conflitos entre árvores e infra-estruturas humanas, como por exemplo o levantamento dos passeios causado pelo crescimento das raízes, queda de ramos, galhos ou da própria árvore, em situações de vento forte, por vezes associados a níveis de precipitação elevados (RANDRUP et al., 2003).

As ocorrências de queda de árvores ou de suas partes constituintes, são os principais fatores de causas de acidentes com pessoas por vezes até a morte e danos estruturais aos patrimônios durante eventos climáticos extremos (SARAIVA, 1983).

O risco de queda é potencializado pelo objeto que será afetado, sendo que se este for uma pessoa, o grau de risco é maior se comparado com algum bem material, os acidentes com árvores não ocorrem aleatoriamente, eles são resultados de combinações estruturais da árvore com fatores ambientais externos que agravam a situação (BRUN, 2010).

A biomecânica aplica os princípios básicos do estudo das árvores como objetos mecânicos, utilizando técnicas de engenharia e princípios na tentativa de compreender a forma que as propriedades da árvore interagem o ambiente. As propriedades mecânicas do material vegetal não agem como o aço ou concreto e podem não estar em conformidade mecânica. Além disso, os materiais biológicos influenciam na alteração de suas propriedades mecânicas (JAMES, et al., 2014).

As falhas estruturais estão diretamente ligadas a queda de uma árvore pois as mesmas reduzem sua resistência mecânica. A espécie, idade da árvore, características do solo também contribuem para falhas de uma árvore.

Todas as espécies têm um perfil de falha distinto, comumente são observadas as falhas de ramificações, rachaduras, cavidades, casca solta entre outros e devem ser rotineiramente inspecionados quanto há sinais de fraqueza (BARTLETT TREE EXPERTS, 2015).

As principais falhas em árvores urbanas ou possíveis defeitos, ramificações quebradas ou parcialmente ligadas, cavidade aberta no tronco ou galhos, galhos mortos, presença de podridão (INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE, 2011).

Agentes biodegradadores da madeira como fungos, insetos e bactérias, causam danos consideráveis levando a queda de uma árvore. A ocorrência desses patógenos em indivíduos arbóreos altera sua estrutura anatômica resistência, deixando-as mais vulneráveis a quedas. Considerando que a principal via de infecção por patógenos são

devido a injúrias mecânicas ou manejo inadequado um exemplo são as podas (BRAZOLIN, 2009).

Para efetuar uma poda adequada deve-se observar a arquitetura da espécie, pois o intuito da prática é reduzir o volume de folhas e adapta-la ao espaço disponível. A prática de poda de forma inadequada causa danos à árvore, formando de gemas epicórmicas, causando deficiência na absorção de água e nutrientes, conseqüentemente as raízes se enfraquecem e apodrecem com o tempo, ficando propícia a sofrer ataques de patógenos, acarretando em possíveis falhas estruturais (SEITZ, 1996).

Outro aspecto que deve-se conhecer é sua biomecânica sendo ela a forma como as árvores crescem no ambiente, sua sustentação estrutural e função biológica. Como a árvore produz e distribui alimentos, absorver e transportar água e nutrientes, enquanto apoia a copa. As experiências de biomecânica destinam-se a quantificar as forças imposta às árvores e sua capacidade de suportar a carga ou falhar, frequentemente a maioria das falhas de árvore ocorre durante os ventos fortes (MATHENYCLARK, 2009).

Para Quigley (2004) problemas relacionados como impermeabilização e a compactação do solo e alterações na temperatura, precipitação elevação de gases poluentes devido as mudanças, assim como a disputa por espaço com elementos urbanos como construções, fiação elétrica e vandalismo, atenuam a expectativa de vida das árvores nas cidades.

A pouca diversidade de espécies é algo que contribui para vulnerabilidade da floresta urbana à doenças e pragas. Tais elementos podem ser os fatores principais para elevação de queda de árvores urbanas (ROLLO et al., 2013).

3.6 Danos e problemas causados a sociedade, devido à queda de árvores urbanas

Nos últimos anos houve destaque ao registro de fenômenos meteorológicos no Brasil, casos como o furacão no estado de Santa Catarina em 2004, um tornado em Indaiatuba no interior paulista em 2005, assim como mudanças severas no clima predominante das regiões como o aumento da intensidade das secas na região sul. Despertando a atenção de a possibilidade intrínseca de prejuízos materiais e riscos à vida originados por tais fenômenos climáticos (NACARATTI, 2008).

Os episódios de queda de árvores urbanas estão ocorrendo com maior frequência nos últimos anos, trazendo transtorno e prejuízo à sociedade. Devido aos problemas causados à população se sente ameaçada, temendo novas situações de queda de árvores

no meio urbano, com isso muitos desejam a supressão dos indivíduos arbóreos no meio urbano.

A queda de árvores ou de suas partes constituintes como galhos é um grande problema em todas nações.

Oliveira e Lopes (2007) relata que na década de 90, em Lisboa, a queda de árvores era devido a sua idade avançada e outros fatores como aumento da poluição, influenciando nas condições de estabilidade das plantas.

Entre as vulnerabilidades das cidades dentre as mudanças climáticas destaca-se em a relação entre as precipitações e ação do vento, provocando deslizamentos de encostas, queda de árvores e de outras estruturas, ocasionando com grande frequência acidentes perdas de vidas humanas (NACARATTI, 2008). No Brasil, vem sendo comum relatos de inúmeros casos de acidentes onde a queda de árvores provoca perdas humanas ou materiais, geralmente após tempestades ou vendavais (PEREIRA et al., 2011).

Em um curto intervalo de tempo no ano de 2016 entre janeiro e abril quase 1,5 mil árvores caíram na cidade de São Paulo. As quedas sempre estão atreladas aos fortes ventos, em apenas dois dias ocorreu a queda de 189 árvores na capital paulista. O número de árvores caídas varia de ano a ano porque depende da condição climática. Comparando-se os anos de 2015 e 2013, houve um aumento de 72% no total de árvores caídas. Já entre 2015 e 2014, o aumento foi de 41,5% (ESTADÃO, 2016).

Segundo Sampaio et al, 2010 a região Sul e Sudeste do país vem sofrendo devido a episódio eventos climáticos extremos, em específico durante o verão, com ocorrência de tempestades e vendavais, com isso as arvores sofrem danos afetando sua estabilidade, ocasionando a queda de galhos ou da árvore inteira, gerando danos físico, com acidentes muitas vezes fatais e prejuízos matérias.

O principal motivo para a queda das árvores são os ventos fortes, também são comuns o corte de raízes por cidadãos danificando estabilidade das plantas, a contaminação por patógenos e o plantio em pequenos causando uma limitação física para o desenvolvimento da planta.

Para Sampaio et al., (2010) cidades de pequena, as ocorrências de problemas com queda de árvores urbanas podem, já que dificilmente a administração pública tem a presença de profissionais qualificados neste para atuar no segmento, sendo necessário para melhor execução de um bom planejamento de manejo.

3.7 Análise de risco de queda de árvores urbanas

A análise de risco de queda de árvores urbanas é uma ferramenta quali-quantitativa, a qual atualmente está sendo discutida pela Associação brasileira de normas técnicas, a fim de definir técnicas para realização de avaliações de árvores com risco de queda no meio urbano.

A avaliação de risco de queda de uma árvore é extremamente importante em meios urbanos. A análise de risco passa pela identificação de características da árvore que contribuam para a sua fragilidade mecânica. Essa avaliação passa por uma observação visual de sintomas de declínio (SACRAMENTO, 2013).

A análise de risco de queda de uma árvore é realizada com base em duas técnicas: a não invasiva por meio dos métodos de diagnose visual da árvore acontece pela identificação de características da árvore que contribuam para a sua fragilidade mecânica. Essa avaliação passa por uma observação visual de sintomas de declínio (copa esparsa, descoloração das folhas), aparência do tronco (inclinação, sinais de apodrecimento) e a invasiva que é uma técnica que se baseia na introdução de sondas no lenho das árvores, como a tomografia de impulso (SEITZ, 2005; ROLLO, 2009; SACRAMENTO 2013).

A técnica não invasiva consciente em avaliação visual das árvores, para identificação de problemas estruturais, de fitossanidade, injúrias mecânicas entre outros como solo. As técnicas de análise visual devem utilizar parâmetros reconhecidos internacionalmente. Realiza um diagnóstico da parte externa da árvore (copa à base do tronco) ponderando todos os problemas físicos e biológicos apresentados. De acordo com as informações, é apontado o grau de risco de queda da árvore, (BRAZOLIN, 2006)

Entre as metodologias para a estimativa de lesões no tronco, a tomografia caracteriza-se por ser uma técnica invasiva, devido a sua capacidade de indicar informações sobre a parte interna do lenho dos indivíduos arbóreos avaliados (NICOLOTTI et al., 2003).

A inspeção da arborização viária de uma cidade necessita ser efetuada periodicamente, buscando acompanhar o desenvolvimento das árvores existente observando e registrando suas modificações, para realizar um bom planejamento (MANUAL PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2012).

O risco de queda de uma árvore está intensamente ligado ao alvo que será atingido. Ruas movimentadas, locais públicos ou privados com alto fluxo de circulação apresentam

alto potencial de risco, sendo que os maiores riscos estão associados à possibilidade de perda de vidas humanas. (SAMPAIO et al., 2010).

Segundo Duntemann (2006) os órgãos ambientais necessitam ponderar dois pontos de risco a possível queda de uma árvore, sendo eles a prejuízo financeiro e de dano físico (acidentes com pessoas e estragos materiais). Para Pereira et al. (2011), o a criação de técnicas eficazes para reduzir o índice de risco de queda é algo de grande importância que vem sendo estudado.

Deve-se estimar a necessidade de uma gestão específica para o gerenciar as áreas verdes urbanas, procurando reduzir os riscos de queda de árvores urbanas, e também a criação de política públicas que abordem pontos específicos sobre a arborização urbana, buscando pessoas habilitadas para realizarem estudo da área do plantio escolhendo a espécie adequada de acordo com a região, técnicas de manejo e avaliações de segurança. (DUNTEMANN, 2006).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização e descrição da área de estudo

O presente trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido no campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná no município de Dois Vizinhos, Paraná.

O campus abrange uma área de cerca de 192 ha (UTFPR, 2015) e oferece atualmente os cursos de Educação do Campo, Zootecnia, Engenharia Florestal, Agronomia, Ciências Biológicas, Engenharia de Software e também o curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia.

Segundo Matos (2017) universidade apresenta aproximadamente 1876 alunos de graduação, 33 alunos de mestrado do PPGSIS e 58 no PPGZOO, 61 técnicos admirativos, 31 servidores terceirizados e um corpo docente de 124 professores, totalizando em 2.183 indivíduos os quais são integrantes da comunidade acadêmica e usuários diretos da arborização urbana do Campus.

Segundo classificação de Köppen a região possui clima do tipo Cfa Clima subtropical, caracterizado por temperaturas inferior a 18°C nos meses de inverno e verões quentes com temperatura média acima de 22°C, geadas pouco frequentes e tendência de maior pluviosidade nos meses de verão. Porém não há estação seca definida e as chuvas apresentam boa distribuição ao longo do ano atingindo a média de 2.250 mm/ano (IAPAR, 2017).

O solo predominante da região é o Latossolo Vermelho Distroférrico típico de textura argilosa, com coloração vermelha devido à alta concentração de óxidos de ferro. Apresentando como característica a presença de blocos e poros em sua estrutura, sendo o basalto seu material de origem (EMBRAPA, 2006).

A vegetação da região faz parte do bioma Mata Atlântica, é caracterizada como Floresta Ombrófila Mista, sendo uma mistura de flora de diferentes origens como a presença de Araucária uma espécie de conífera. Sua área de ocorrência é de clima quente e úmido sem período biologicamente seco, com temperaturas médias anuais em torno de 18°C, encontra-se no território brasileiro na região sul, no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná em terrenos acima de 500 a 600 m de altitude (CARVALHO, 2008).



Figura 01-Mapa do Estado do Paraná com localização do município de Dois Vizinhos e área de estudo.
Fonte: Portal Dois Vizinhos (2017) / Google Earth (2017).

Segundo COLOMBO et al., (2011). A arborização do Campus conta com 53 espécies, totalizando 605 indivíduos arbóreos onde 396 árvores são nativas e 209 exóticas. Para a realização do presente estudo foram selecionados 131 indivíduos arbóreos de cinco espécies, sendo elas Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var.*peltophoroides*) dessa espécie foram selecionados 13 indivíduos, 34 árvores de Ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*), foram selecionadas duas espécies de Ipê Roxo (*Handroanthus heptaphylus*) e (*Handroanthus avellanadae*) totalizando em 25 árvores de ambas espécies avaliadas e 56 indivíduos arbóreos de Magnólia-amarela (*Michelia champaca*) todas pertencentes a arborização do Campus.

Para seleção das espécies utilizadas partiu-se do estudo realizado por Colombo et al, 2011, o qual realizou o levantamento do patrimônio arbóreo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Dois Vizinhos, no estudo observou-se que a espécie mais expressiva foi o ipê (*Handroanthus chrysotricha*), com 143 indivíduos (24%) seguido da Aroeira salsa (*Schinus molle*) (17%), com 103, a Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var.*peltophoroides*) conta com 70 árvores 12 % do total, a Magnólia-amarela (*Michelia*) representando 11% sendo 69 árvores da espécie, o Ipê Roxo (*Handroanthus heptaphylus*) tem como sinônimo botânico (*Tabebuia impetiginosa*) a espécie representou apenas 1% do total de todas as árvores analisadas no estudo.

O estudo de Colombo et al, 2011, serviu como embasamento devido aos resultados de ocorrência e representatividade das espécies selecionadas para a realização de análise de risco de queda de árvores pelos métodos presente estudo, que serão, por diagnose visual e tomografia sônica de tronco.

4.2 Caracterização das espécies

4.2.1 Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides*)

De acordo com Carvalho, (2008), a Sibipiruna é caracterizada como uma espécie nativa do Brasil e pertencente à família Fabaceae, caracterizada como uma árvore perenifólia ela pode atingir até 28 metros de altura e 50 cm de diâmetro (Figura 2).

Possui a copa arredondada, vigorosa e ampla, o colorido de suas folhas é verde vistoso, suas folhas são bipinadas, imparipinadas, alternas, apresenta inflorescências arquitetadas para o alto (CARVALHO, 2008).

Sua floração ocorre de setembro a novembro e frutificação de abril a agosto, seu fruto é um legume lenhoso, plano, duro, deiscente, oblíquo, seco liso, coriáceo, bivalvo com as valvas torcidas após a abertura, com deiscência explosiva, medindo de 7,6 cm a 12,0 cm de comprimento. Ocorre naturalmente no Brasil na região leste do país de Pernambuco ao rio de Janeiro, na região do Pantanal mato-grossense, também é encontrada na Floresta Ombrófila Densa e Estacional Semidecidual (SAUERESSIG,2014).



Figura 02 - Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides*).
Fonte: SAUERESSIG (2014).

Devido ao seu grande potencial paisagístico urbano considera-se uma espécie ornamental, principalmente na sua floração, pois apresenta um rápido crescimento e boa

resistências a patógenos e também pelas suas características estéticas, sendo assim uma espécie indicada para arborização urbana (CARVALHO, 2008).

A espécie oferece benefícios ambientais, no ciclo hidrológico urbano apresenta um potencial médio de interceptação de 60,6% de chuvas variando de 0,2 a 30,8 mm, apresentando grande potencial mitigador de enchentes no meio urbano, outro benefício ambiental oferecido pela espécie é a melhoria climática e conforto pois apresenta um potencial de redução da temperatura em vias arborizadas, no período de verão, de até 9,0°C e um aumento na umidade relativa do ar de 15,0%, isso ocorre principalmente devido a densidade e área ocupada pela sua copa)ARBORIZAÇÃO URBANA, 2015).

4.2.2 Ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*)

Espécie nativa do Brasil pertencente a família Bignoneaceae, ocorre do Espírito Santo a Santa Catarina, na floresta pluvial atlântica (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTA,2018; LORENZI, 1992).

Sua altura varia de 4 a 10 metros (Figura 03), seu diâmetro até 40 cm, apresenta uma casca com espessura grossa e fissurada de coloração acinzentada. Suas folhas são opostas, digitadas, os folíolos são obovados, coreáceos e áspero, os frutos possuem forma de cápsula bivalvar, igual a uma vagem, as flores são diclamídeas, apresentam corola amarela, agrupadas em panículas terminais. A floração ocorre de agosto a setembro com a planta desfolhada (SAUERESSIG,2014).

Muito utilizado na arborização urbana, devido sua floração de grande beleza e caráter ornamental, ideal para ruas estreitas e sob fiação elétrica (LORENZI,1992)

Na melhoria do conforto climático urbano em vias públicas relata que a espécie apresenta um potencial para redução de -1,5°C da temperatura (ARBORIZAÇÃO URBANA, 2015).



Figura 03 - Ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*), UTFPR, Dois Vizinhos, 2017.
Fonte: UTFPR-DV Um Lugar Melhor, (2017).

4.2.3 Ipê Roxo (*Handroanthus heptaphylus*)

Espécie nativa do Brasil o *Handroanthus heptaphylus* pode atingir uma altura de 8 a 30 metros, podendo atingir 150 cm de diâmetro. Apresenta uma copa ampla aproximar-se da forma globosa, folhas compostas, opostas digitadas com 5 ou 7 folíolos ovalados, oblongos ou elípticos de coloração verde escuro, com margens serreadas, flores com tonalidade rósea, agrupam-se em panículas terminais multifloros conforme a figura 04, sua floração vai de setembro a outubro, fruto é semelhante a uma vagem, sedo ele seco deiscente, linear ou sinuoso de coloração escura. Ocorre principalmente na floresta pluvial atlântica (LORENZI, 1998; CARVALHO, 2003; SAUERESSIG, 2014).

O Ipê roxo é uma espécie ornamental coloração de rosa e lilás intenso, geralmente utilizado em praças, jardins públicos e na arborização viária, avenidas e alamedas utilizado na arborização urbana, mas devido seu grande porte é indicada para espaços amplos, não é indicado para áreas com fiação elétrica, suas raízes não são agressivas, com potencial no paisagismo urbano pela beleza de suas inflorescências arroxeadas ou rosa escuro. Espécie ornamental de (CARVALHO, 2003; SAUERESSIG, 2014).



Figura 04 -Ipê Roxo (*Handroanthus heptaphysus*).
Fonte: LOPES, (2012).

4.2.4 Ipê Roxo (*Handroanthus avellanadae*)

Espécie nativa do Brasil, da família Bignoniácea, popularmente é conhecida como pau d'arco, ipê-roxo, pau d'arco roxo peúva, peúva roxa, caixeta entre outros. Ocorre nas regiões nordeste, sudeste e centro-oeste, o ipê roxo é encontrado nas florestas tropicais, sendo considerada nativa destas florestas (XAVIER, 2014)

Sua altura é de 20 a 35 e o DAP pode atingir até 80 cm, as folhas são compostas, digitadas de 5 folíolos quase glabros, medindo de 5 a 15 cm de comprimento por 3 a 4 cm de largura, os frutos são verdes, longo como uma vagem de feijão com um comprimento de 20- 40 cm. As flores apresentam uma coloração bastante variável, que podem ser rosadas muito claras, rosadas intensas, até magenta (LORENZI, 1992).

Devido a sua beleza estética é muito utilizado no paisagismo, por possuir florada exuberante. Por ser uma espécie nativa apresenta boa adaptação na maior parte do país. Seu uso em áreas urbanas no paisagismo é indicado para áreas de parques e canteiros centrais de avenidas. (LORENZI, 2008).



Figura 05 -Ipê Roxo (*Handroanthus avellaneda*).
Fonte: LORENZI, (2018).

4.2.5 Magnólia-amarela (*Michelia champaca*)

A espécie pertence à Família Magnoliaceae, exótica originária da Índia e Himalaia, árvore pereniforme de 7 a 10 metros de altura. Folhas simples, alternas, ovolado-lanceoladas ou elíptico-lanceoladas, com coloração verde clara. Flores axilares, solitárias, numerosas de pedúnculo curto, com pétalas e sépalas lanceoladas, de coloração amarela muito aromáticas (figura 06), sua florescência ocorre nos meses de outubro e novembro. O fruto apresenta muitos carpídeos, lenhosos e isolados. (LORENZI et al, 2000).

Utilizada no paisagismo de parques e jardins e muito usada arborização de parques e jardins (LORENZI, 2003).

Árvore muito comum na arborização urbana, principalmente no sul e sudoeste do país, mesmo sendo exótica. Utilizada como planta ornamental no paisagismo, tanto para o plantio em parques, jardins e arborização viária (WIKIAVES,2013).



Figura 06 - Magnólia-amarela (*Michelia champaca*).
Fonte: LORENZI et al (2000).

4.3 Métodos

Para o presente estudo será realizado a avaliação das 131 árvores da área urbanizada do Campus Dois Vizinhos em forma de inventário utilizando o método de amostragem simples, foram avaliadas 131 árvores por diagnose visual por meio da metodologia de Seitz (2005), posteriormente as mesmas foram avaliadas pela metodologia de TRAQ (2013) e 8 árvores avaliadas por tomografia sônica, a os exemplares para tomografia de impulso no tronco foram selecionados, através da realização das análises de risco de queda em árvores utilizando os dois métodos de diagnose visual, assim selecionando as árvores que indicaram a necessidade de tomografia de tronco em ambas metodologias, o total de avaliações realizadas em campo foram de 270 avaliações em 131 indivíduos arbóreos, para proporcionar um resultado eficiente, todas espécies selecionadas são utilizadas na arborização urbana em vias públicas praças e áreas verdes.

Realizou-se avaliação por meio de diagnose visual dos fatores de risco de queda devido a falhas estruturais para copa, tronco e raízes, para avaliar toda a árvore foi analisada cada secção de forma detalhada, as falhas geralmente não ocorrem na árvore como um todo, acontecendo a falha em suas partes como copa, com quedas de galho,

tronco com rachaduras e podridões por patógenos e raiz comprometidas por podas e injúrias mecânicas.

A (Figura 07) apresenta exemplos de falhas estruturais em indivíduos arbóreos dos indivíduos, através das variáveis propostas nas metodologias de Seitz (2005) a qual utiliza a diagnose visual para avaliação das condições gerais das árvores e fatores de risco de queda na copa, no tronco e na base do tronco.

O método de TRAQ (2013) o qual também foi utilizado no presente estudo, consiste em uma avaliação básica e uma inspeção visual detalhada da árvore, com intuito de quantificar os defeitos e circunstâncias que afetam a probabilidade da falha. Após a avaliação prévia de risco por diagnose visual foi realizada a análise de risco de queda com tomografia sônica empregando um tomógrafo sônico para avaliar a qualidade interior do fuste através de ondas mecânicas, identificando cavidades e podridões internas no tronco

Todas as análises visuais foram cronometradas, para cada indivíduo arbóreo avaliado a fim de avaliar a eficiência técnica e custo de cada método.

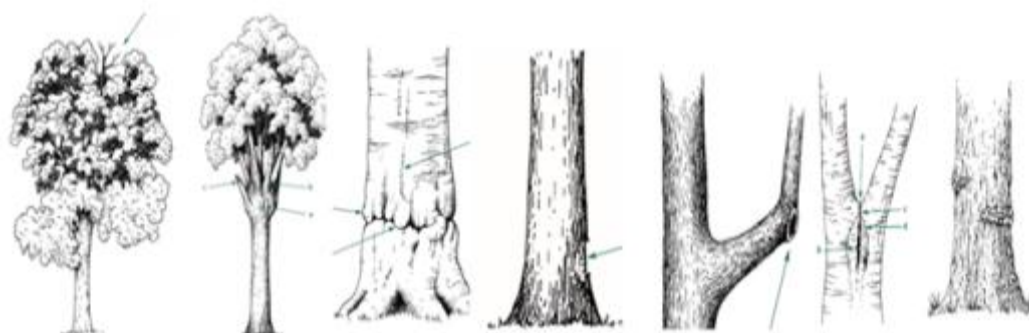


Figura 07 - falhas estruturais copa, tronco e base do tronco.

Fonte: Lonsdale, (2000).

Para a análise da eficiência técnica dos métodos comparados (análise visual por SEITZ, 2005 e TRAQ, 2013) foi avaliada o índice de risco de queda de cada árvore avaliada obtidos nos dois métodos, classificação de tipos de manejo, a direção da provável queda da árvore foi obtido para as 8 árvores nas quais realizaram tomografia de tronco, alvos e áreas a serem atingidas pela queda da árvore (ônus material e humano gerado), eficiência operacional de cada método (número de árvores avaliadas por turno de trabalho) ,a eficiência econômica avaliou os custos com equipamentos, mão de obra, deslocamento, depreciação dos equipamentos, custos totais e custos e valor de cada avaliação individual para as duas metodologias empregadas, por fim a avaliação ergonômica analisou tempo, tempo para realização da análise e desgaste físico do avaliador nos 2 métodos não invasivos que foram comparados.

4.4 Material utilizado

Para realizar as análises de risco de queda das árvores urbanas por diagnose visual e tomografia sonica , foi necessaria a utilização de equipamentos adequados para coleta de dados, com isso a eficacia e eficiencia das análises se potencializaram para a realização do trabalho. O presente trabalho de conclusão de curso utilizou os seguintes equipamentos para mensuração dos parametros avaliados :

- A) Hipsômetro Vertex IV: o hipsômetro foi utilizado para coleta da altura total de cada indivíduo arbóreo avaliado nas 3 metodologias adotadas, o vertex possui uma combinação de sensor de laser, ultrassom e inclinação oferecendo medições precisas e confiáveis de distância, altura e ângulo (Forestry Suppliers, 2018). O aparelho fornece os resultados em metros ou pés, para coleta dos dados com equipamento foi utilizada o transponder como um ponto de referência visível.
- B) Tomógrafo: foi utilizado para realizar as tomografias de tronco, o método é considerado invasivo por inserir pegros sensores no fuste para realizar a avaliação.
- C) Inclinômetro digital: com o aparelho na base do tronco, foi se ajustando o seu nível para adquirir informação sobre a inclinação de cada árvore avaliada pela metodologia de TRAQ (2013) e SEITZ (2005).
- D) Bussola: O equipamento foi utilizado para aferir a direção do vento, o mesmo era colocado ao lado do indivíduo arbóreo avaliado, pelos métodos não invasivos sendo eles o método de STEIZ (2005) e TRAQ (2005)
- E) Trena de 50 metros: foi utilizada para coletar os valores de diâmetro a base do peito, onde o avaliador se posicionava com a fita a 1,30 metros do solo para obter o diâmetro do fuste, este procedimento foi realizado nos 3 métodos utilizados nos 2 métodos não invasivo e no método invasivo sendo ele a tomografia sônica de tronco.

A trena também foi utilizada para medir o diâmetro e diâmetro de copa, onde se media os quatro raios de copa para posteriormente calcular o mesmo no Microsoft Excel, o diâmetro de copa foi utilizado apenas na metodologia de TRAQ (2013).

A figura 08 demonstra todos os equipamentos utilizados para coleta de dados do presente trabalho de conclusão de curso.

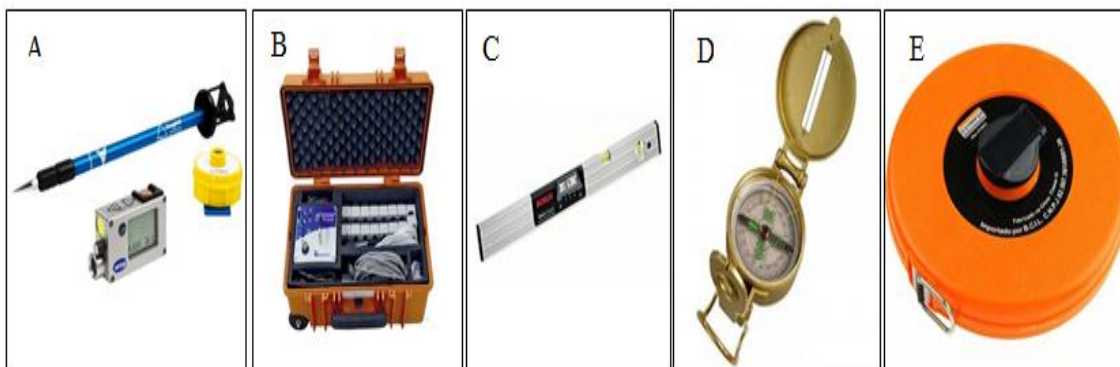


Figura 08 - Equipamentos para coleta os dados a campo. A) Vertex; B) Tomógrafo; C) Inclínômetro Digital; D) Bússola; E) Trena de 50 metros.

Fonte: Forestry Suppliers, 2018; Tecnal (2017); Ferramentas Kennedy, 2018; Aventura e Cia, 2018. Leroy Merlin, 2018.

4.5 Metodologias empregadas

4.5.1 Metodologia de Seitz (2005)

A metodologia proposta por Seitz (2005) usa a diagnose visual das condições gerais das árvores e fatores de risco de queda na copa, no tronco e na base do tronco, o método é definido como não invasivo, onde realizou-se:

- Identificação de árvore e localização (em cada árvore avaliado foi informado o seu nome popular, para localização era descrito o nome da espécie e número que a árvore representava e um ponto de referência no campus próximo ao indivíduo arbóreo, exemplo: Ipê Amarelo 1 B4)
- Dados dendométricos do indivíduo arbóreo: foram coletados os DAP (diâmetro da altura do peito) a 1,30 metros do solo utilizando a fita métrica, o hipsômetro Vertex foi utilizado para mensurar a altura total da árvore;
- Avaliação da copa: esta etapa consistiu em analisar as condições da copa como presença de fiação próximo a copa, presença de galhos secos ou podres, angulados, ocorrência de patógenos, erva de passarinho, e coloração das folhas.
- Avaliação do tronco: as avaliações foram realizadas através de análise visual e utilização de equipamentos simples como o inclinômetro digital para se obter a inclinação do tronco, outras variáveis foram analisadas de forma visual como se há ocorrência de invasão do tronco na pista ou calçada devido sua inclinação, presença de cavidades, patógenos, lesões e presença de insetos;

- Avaliação da base do tronco e prato e raízes: a avaliação de base do tronco e base de raiz é extremamente importante para a avaliação do risco final da árvore, devido a sua importância essencial por oferecer estabilidade da árvore.

Cada parâmetro avaliado na copa, galho e base do tronco recebeu uma nota de 0 a 5 onde 0 considerou-se nenhum risco, 1-2 risco baixo, 3-4 médio e 5 alto risco causado pelo item avaliado;

- Avaliação de alvos: Foi observado o local em que a árvore está inserida e o dano gerado por ela caso ocorra sua queda. A avaliação dos alvos consiste em um sistema de pontuação do alvo de acordo com o grau de risco que a árvore oferece a ele ao atingi-lo caso ocorra sua queda ou queda de suas partes. A pontuação de índice de risco para avaliação dos alvos: foi considerado risco 5 quando as árvores se encontravam em locais com grande frequência de visitação, considerando-se ruas movimentadas.
- Pontuação de índice de risco de efeito colateral: esta avaliação levou em conta principalmente o risco de danos às pessoas. Dessa forma a queda de uma árvore em uma rua movimentada tem maior grau de risco do que a queda de uma árvore em uma área sem residências. Essa avaliação foi chamada de riscos de efeitos colaterais e teve a seguinte determinação: Rua movimentada – risco 5; rua residencial – risco 3; e rua sem casas – risco 1. O presente estudo foi realizado em uma instituição de ensino com presença frequentadores diariamente com isso determinou-se o o grau 5 para o presente estudo.
- Índice de risco: foi indicando o grau de risco de cada indivíduo e periodicidade de avaliação, classificando-se em risco baixo, avaliações em um período de dois anos, médio em um ano, alto a cada seis meses. Através da avaliação das condições gerais de cada árvore e dos riscos para os alvos foi possível determinar um índice para hierarquizar os riscos de queda final. O índice final ficou determinado através da somatória do maior valor de risco encontrado na avaliação das condições gerais por árvores, com a pontuação dos riscos de alvos e efeitos colaterais. O índice final de cada árvore variará, portanto, de 3 pouco risco a 15 risco elevado.
- Em termos gerais considera-se que:
- Índice de 3 até 7 - risco de menor importância;
- Índice de 8 até 11 - risco de média importância;

- Índice de 12 até 15 – risco de elevada importância;

O índice final de risco de queda de árvores urbanas através da análise visual pelo método de Steiz (2005) foi determinado através da somatória do maior valor de risco encontrado na avaliação das condições gerais por árvores, com a pontuação dos riscos de alvos e efeitos colaterais. Ocorre variação para índice final de cada árvore, portanto, o valor de risco mínimo 3 é definido como pouco risco e o máximo 15 risco elevado. Para o estabelecimento do índice de risco utiliza-se o maior grau de risco oferecido para qualquer um dos critérios avaliados da árvore. Embora uma árvore possa ter muitas partes que ofereçam risco, a parte que maior risco oferece é a mais importante.

Posteriormente define-se as técnicas de manejo a serem aplicadas como a poda, supressão ou tomografia sônica. A metodologia será empregada através de um formulário que consta no anexo I (metodologia de Seitz 2005).

4.5.2 Tree Risk Assessment Qualification (TRAQ, 2013)

O método de TRAQ (Tree Risk Assessment Qualification) é uma metodologia não invasiva, desenvolvida pela TRAQ (International Society of Arboriculture) validada internacionalmente como método de avaliação de risco de queda de árvores urbanas.

As avaliações foram realizadas através de um formulário de análise de risco de queda por diagnose visual, que consta no anexo II (método Tree Risk Assessment Qualification), a análise se divide em etapas sendo elas:

- Atribuição e identificação de árvore (descreve as informações básicas para sua avaliação, como espécie, altura, diâmetro na altura do peito, tempo de avaliação e localização);
- Diagnóstico dos alvos (atividades, objetos e locais que as árvores podem atingir, danificar ou interromper devido sua queda acarretada pela falha estrutural);
- Avaliação fatores do ambiente (sítio);
- Condições fitossanitárias da árvore;
- Características da espécie;
- Avaliação dos fatores de carga (peso, tração e alavanca) e defeitos da árvore e;
- Condições que afetam a probabilidade de queda, especificando características da copa, galhos, tronco e raízes e colar das raízes.

Após a análise qualitativa foi definido o risco de categorização e opções de mitigação para cada indivíduo arbóreo. A categorização do risco foi definida da seguinte maneira, observou-se:

Parte de árvore: especificando copa, tronco ou raiz foi a parte de maior preocupação. Por exemplo: pode ser o galho quebrado caiu sobre o telhado, ou pode ser um galho caía sobre a entrada de automóveis.

Tamanho parte: caracterizou a parte da árvore que pode falhar em direção ao alvo.

Distância de queda; distância que a árvore ou parte de árvore pode cair e acertar um alvo.

Proteção do alvo: Observou-se os fatores significativos que poderiam ocorrer ao proteger o alvo, porque isso poderia afetar a probabilidade de impacto e/ou as consequências causados pela queda da árvore ou partes de sua estrutura. Foi determinando 1 para fácil proteção ou retirada do alvo, 2 para a impossibilidade de proteção e retirada do alvo.

Cada parte da árvore (copa, tronco e raiz) recebeu uma classificação de probabilidade de falha usando as seguintes diretrizes para ser categorizadas:

Improvável: a árvore ou alguma de suas partes não é susceptível de falhar durante condições meteorológicas normais e não pode falhar em muitas condições de tempo severo, dentro do prazo especificado.

Possível: falha pode ocorrer, mas é improvável durante condições meteorológicas normais, dentro do prazo especificado.

Provável: a falha pode ser esperada em condições climáticas normais, dentro do prazo especificado.

Iminente: já ocorreu falha ou é mais provável de ocorrer no futuro próximo, mesmo se não há vento significativo ou aumento da carga sobre ela. Esta categoria pode exigir medidas imediatas para proteger as pessoas de acidentes causado por queda total ou parcial de estruturas da árvore.

Outro fator para categorizar o risco global foi a probabilidade de impactar um alvo usando as seguintes diretrizes:

Muito baixo: a chance da falha de árvore ou parte dela ao impactar o alvo de destino é remota. Este é o caso em um onde a árvore avaliada encontra-se parcialmente protegido por árvores ou estruturas.

Baixo: não é provável que a falha de árvore ou galho terá impacto sobre o alvo.

Médio: a falha de árvore ou galho pode ou não pode impactar o alvo.

Alto: a falha de árvore ou galho provavelmente terá impacto sobre o alvo.

Depois de determinar a probabilidade de falha e a probabilidade de impactar do alvo, a probabilidade combinada de falha de impacto sobre o alvo, os dados foram cruzados na matriz 1. Os termos resultantes (pouco provável, pouco provável, provável, muito provável) foram definidos pela sua utilização dentro da tabela e utilizados para representar essa combinação de ocorrência na matriz 2. As Matrizes 1e2 consta no formulário de avaliação no anexo II.

Dentro da seção de consequências, uma categoria foi selecionada (insignificante, menores, significativa, grave). As consequências da queda são estimadas com base na quantidade de danos que será feito a um alvo, dependem do tamanho da parte, distância de queda e quaisquer fatores que podem proteger o alvo. As consequências da falha foram categorizadas usando as seguintes diretrizes:

Insignificante: perturbação que pode ser substituída ou reparado e não envolvem danos pessoais ou danos de propriedade de baixo valor.

Menor: danos à propriedade de baixa a moderada ou pequenas interrupções do tráfego ou um utilitário de comunicação.

Significativos: danos à propriedade de interrupções de moderada a alta-valor, considerável, ou lesões pessoais.

Severa: danos pessoais graves ou morte, danos à propriedade de alto valor, ou interrupção de atividades importantes.

Classificação de risco: a classificação de risco é categorizada usando matriz 2: matriz de avaliação de riscos. Onde os termos de classificação de risco são *baixa*, *médio*, *alta*, e *eminente*.

Em seguida foi realizada a classificação as medidas de mitigação, indicando alternativas de manejo a serem realizadas nos indivíduos que carecerem. A Norma Nacional Norte Americana de operações para o cuidado das árvores (ANSI), relata a existência de três níveis de avaliação de risco de árvores: 1-Visual Limitado; 2-Básico; e 3-Avançado. O presente estudo enquadrou-se no Nível 3-Avançado, considerando uma análise mais detalhada, para obtenção de melhores resultados através das análises de risco de queda de árvore urbanas por diagnose visual.

4.5.3 Tomografia De Impulso

No presente estudo foram realizadas tomografias de impulso no tronco de oito árvores presentes na Universidade tecnológica federal do Paraná campus Dois Vizinhos, com intuito de verificar o estado mecânico do lenho da sua parte interior, afim de verificar o risco de queda que o exemplar oferece.

As árvores para realizar as tomográficas de tronco foram selecionadas através de análise de risco de queda por diagnose visual utilizando os métodos de SEITZ (2005) e TRAQ (2013), em ambas análises visuais as quais são consideradas método não invasivo para a avaliação de risco de queda de árvores urbanas, foi possível indicar técnicas de manejo avançada para realizar nos indivíduos arbóreos os quais foram constatados problemas mais graves e emergenciais, com isso árvores que foram indicadas como manejo a realização de tomografia de tronco em ambas análises foram selecionadas, coincidiram 8 exemplares a solicitação de tomografia de tronco.

A tomografia de impulso, por sua vez, consiste na geração de ondas mecânicas para recomposições de partes do indivíduo arbóreo. O tomógrafo de impulso é composto por sensores que são fixados em seções transversais da árvore. Tais sensores recebem batidas de martelo que produzem ondas mecânicas, cujos tempos de percurso entre os sensores são medidos, e suas velocidades calculadas pelo software do equipamento (PEREIRA, et al 2007).

Gera-se um gráfico de velocidade das ondas mecânicas, também chamado de imagem tomográfica. A intensidade causada pelo impulso está altamente correlacionada com a densidade do material o que possibilita a comparação entre valores dessas variáveis, e construção do laudo de análise de risco de queda e manejo a ser executado na árvore avaliada (TECNAL, 2017).



Figura 09 -Tomografia de impulso no tronco Magnólia-amarela (*Michelia champaca*).
Fonte: Do Autor (2018).

Para a elaboração das imagens tomográficas foi utilizado o tomógrafo modelo ARBOTOM da marca RINNTCH (Figura 09). O equipamento possui 12 sensores do tipo acelerômetro, uma bateria e um transmissor de dados e um computador.

As tomografias foram realizadas na seção transversal do caule em alturas diversas definidas conforme a estrutura morfológica de cada árvore avaliada, levado em consideração os locais com maior fragilidade e falha biomecânica.



Figura 10 -Instalação dos sensores para Tomografia de impulso no tronco Magnólia-amarela (*Michelia champaca*) e Ipê-Roxo (*Handroanthus avellanedae*).
Fonte: Do Autor (2018).

Ao definir a altura da seção foram inseridos os pinos no alburno da árvore com auxílio do martelo para alocação dos sensores (Figura 10), o primeiro sensor sempre posicionado na direção norte em todas análises por tomografia, os demais foram dispostos no sentido horário para reproduzir as principais deformações da seção do perímetro

circular da árvore, os sensores foram conectados entre si para via cabos de conexão, o equipamento ARBOTON também foi conectado ao computador com o programa Arboton via cabo.

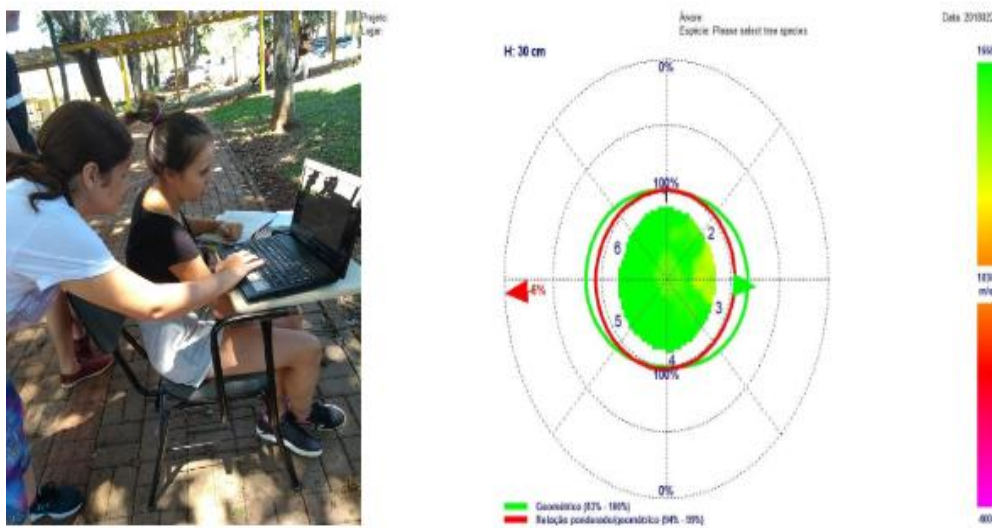


Figura 11 - Processamento dos dados no Software ARBOTON, para geração do Gráfico de risco de queda, Dois Vizinhos, 2018.

Fonte: Do Autor (2018), Arborton (2018).

Ao ligar o aparelho foram realizadas em médias 8 batidas com o martelo nos sensores, produzindo ondas mecânicas pelo tecido da seção transversal, o software Arborton instalado no computador gerou gráficos da tomográfica para realizar a interpretação dos mesmos (Figura, 11).

4.6 Avaliação ergonômica do Métodos

A ergonomia define-se como o estudo da relação homem, trabalho, equipamento e ambiente, e particularmente a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução de problemas surgidos desse relacionamento (ERGONOMICS RESEARCH SOCIETY, 1949).

Na avaliação de risco de queda de árvores urbanas, se fez necessário avaliações ergonômicas em atividades em campo devido ao desgaste físico dos avaliadores. Para o presente trabalho foi solicitado aos avaliadores para apontar os principais desgastes físicos e incômodos causados na jornada de trabalho no próprio questionário sendo estruturado aberto, respondendo no campo observação.

Para análise de ergonomia do trabalho foram considerados, o tempo deslocamento do avaliador nos três métodos, o qual foi determinado cronometrando o tempo de saída e chegada até o local das avaliações, considerou a distância percorrida em quilômetros, tempo para realização da análise, foi levado em conta o tempo médio utilizado para cada avaliação e desgaste físico do avaliador em ambos, métodos que serão comparados.

Para realização das análises através da metodologia de SEITZ (2005), contou-se com a colaboração de 8 avaliadores, com faixa etária de idade entre 20 e 35 anos, as avaliações das 131 árvores foram realizadas em um período de 4 dias em turnos matutino e vespertino.

A metodologia de TRAQ (2013), contou-se com a colaboração de 5 avaliadores, com faixa etária de idade entre 20 e 35 anos, as avaliações das 131 árvores foram realizadas em um período de 7 dias em turnos matutino e vespertino.

A avaliação ergonômica análise de risco de queda de árvores urbanas por meio de diagnose visual e tomografia sônica, buscou auxiliar na tomada de decisão qual o melhor método a se utilizar no meio urbano, para esta variável foi considerada a mais eficaz a que apresentou menor número de apontamento de desconforto ao avaliar copa, tronco e raiz.

4.7 Avaliação econômica dos Métodos

Na questão de avaliação econômica foram realizadas avaliações dos custos envolvidos para elaboração das avaliações de risco de queda para cada método utilizado. Custos relacionados ao deslocamento, equipamentos, custo de mão-de-obra, depreciação dos equipamentos, custo total da avaliação e custo individual do laudo técnico por árvore. Os dados foram tabulados e calculados em planilha eletrônica Excel Microsoft® e demonstrados e analisados através de tabelas para comparação de sua eficiência de cada parâmetro levando em consideração o tempo de avaliação de cada indivíduo arbóreo. A avaliação relacionada aos custos de cada metodologia indicara qual metodologia é a mais viável economicamente, juntamente com a eficiência técnica e ergonômica da análise de risco de queda de árvores urbanas através de diagnose visual e tomografia sônica de tronco, irá determinar o método mais eficaz e eficiente.

4.8 Análise dos resultados dos Métodos

Os dados de eficiência técnica, ergonômica e econômica obtidos em cada método foram compilados em planilha eletrônica Excel Microsoft® e analisados graficamente e por tabelas para comparação de sua eficiência de cada parâmetro levando em consideração o tempo, grau de risco de queda e técnicas de manejo a serem realizadas, em cada avaliação realizada no indivíduo arbóreo.

Para determinar o método mais eficaz levou-se em consideração a metodologia que obteve melhor acurácia entre os parâmetros observados, sendo eles eficiência técnica, econômica e ergonômica.

Para realizar as comparações e comprovações foram feitas representações gráficas de cada método de análise de risco de queda, pois o objetivo do gráfico é passar para o leitor uma visão clara do comportamento do fenômeno em estudo, uma vez que os gráficos transmitem informação mais imediata, a representação gráfica de um fenômeno deve obedecer a certos requisitos fundamentais como simplicidade, clareza pois o gráfico deve ser de fácil interpretação.

As análises dos resultados foram interpretadas através imagens de tomográficas originadas de gráficos gerados através do software ARBOTON 1.73, nos gráficos produzidos pelo software o “H” representa a altura a qual os sensores do aparelho foram inseridos no tronco, os mesmos variaram para cada exemplar avaliado, devido ao maior ponto de fragilidade mecânica que o indivíduo poderia apresentar.

A escala de cores gerada para interpretação do gráfico de tomografia de tronco representa a classe de velocidade do máximo ao mínimo, os valores máximos apresentam lenhos de boa qualidade intactos, já os valores mínimos apresentam degradação, cavidade no lenho.

Nos gráficos mecânicos é possível observar linhas de cores verde e vermelha, a linha de cor verde representa a perda de resistência biomecânica devido a forma geométrica da seção avaliada e indica o sentido de maior fragilidade para queda, a linha vermelha indica a proporção da perda de resistência, deterioração e outras fragilidades do lenho. O gráfico mecânico considera somente forças de tensão e compressão, não leva em consideração aqueles provenientes de torção (GARUTTI, 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Eficiência Técnica dos Métodos Avaliados

5.1.1 Tempo de execução das Avaliações

O estado de conservação dos indivíduos arbóreos é de grande importância, pois está diretamente ligado com a segurança dos mesmos em relação à população na área urbana, grande maioria das vezes as injúrias podem ser provocadas por temporais, insetos, animais, patógenos, ações antrópicas entre outros eventos, desestabilizando a estrutura física da árvore (SACRAMENTO, 2013).

O estabelecimento e aperfeiçoamento de avaliações visuais adequadas podem aumentar a eficiência técnica das análises e a redução dos custos, tornando as análises de risco de queda por diagnoses visuais mais eficientes e eficazes.

Os resultados da eficiência técnica do presente trabalho mostraram que o tempo de avaliação do risco de queda de árvores urbanas por diagnose para metodologia SEITZ, (2005).

O tempo mínimo foi de 4 minutos utilizando o método de SEITZ (2005) onde avaliou-se um indivíduo de Ipê Amarelo, sendo o mesmo uma árvore de 8,9 metros e DAP de 19,10 cm, devido ao seu pequeno porte e bom vigor necessitou pouco tempo para avaliação, o tempo máximo foi de 43 minutos utilizando o método de SEITZ (2005)

Ao avaliar um exemplar de Ipê Roxo, o gasto de tempo foi devido ao treinamento dos avaliadores e a média de 9 minutos conforme mostra a figura 9, foram avaliados 131 indivíduos arbóreos para se determinar o tempo médio de avaliação, os exemplares selecionados foram escolhidos devido estarem localizados em uma área de grande circulação no campus da UTFPR Dois Vizinhos, sendo que a avaliação por meio de diagnose visual para análise de risco de queda de árvores urbanas pelo método de Steiz (2005), mostrou um tempo bom e hábil ao executar as avaliações, figura 12.

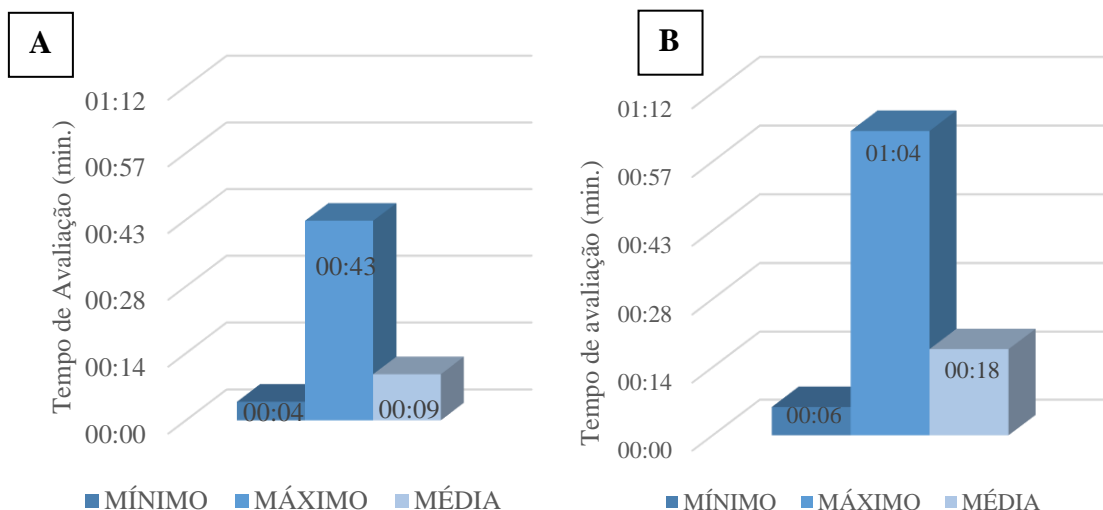


Figura 12 - Tempo de Avaliação da eficiência técnica nos métodos comparados no estudo: A) Metodologia de Seitz (2005); B) ISA-TRAQ (2013).

Fonte: O autor, (2018).

Podemos observar a diferença entre o mínimo e o máximo, isso se dá, devido ao treinamento da equipe para realizar as análises, pois os operadores não tinham conhecimento logo de início para realizar em menos tempo as avaliações sendo um ponto crítico no trabalho, foi observado que após 2 avaliações em conjunto os avaliadores já haviam entendido sobre as variáveis usadas no método de SEITZ (2005), com isso as avaliações se tornaram algo mais rápido e prático aumentando a produtividade dos avaliadores, sendo assim o tempo médio de avaliação se estabilizou em 9 minutos.

Segundo Carneiro (2001), a produtividade é avaliada por diversos parâmetros, sendo eles, definição de metas e objetivos, estabelecimento de padrões de medidas, monitoramento dos níveis de desempenho por meio das informações, localização dos pontos críticos que estão causando baixo desempenho, tais parâmetros servem para assegurar um bom desempenho operacional.

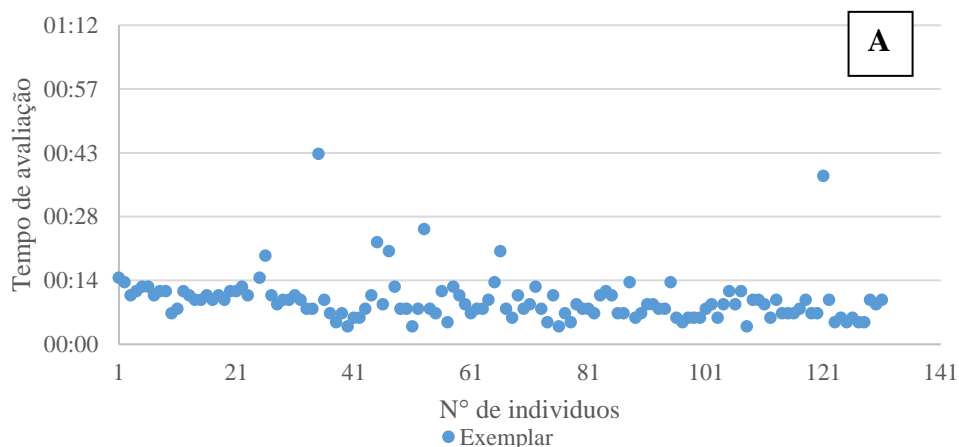
As avaliações com maior tempo ocorreram devido ao período de treinamento dos avaliadores para realizar a Metodologia SEITZ (2005), sendo o máximo de tempo de quarenta e três minutos, esse tempo foi do treinamento de toda a equipe a qual era composta por 8 avaliadores.

Para a determinação da eficiência técnica em função do tempo na metodologia TRAQ (2013) de análise de risco de queda de árvores urbanas por diagnose visual estabelecida pela ISA, 2013, os resultados obtidos estão de mostrados figura 12-B.

Conforme podemos observar na figura 12-B os períodos de tempo de avaliação para metodologia de TRAQ (2013), o tempo mínimo foi de 6 minutos na metodologia de

TRAQ (2013) esse tempo foi utilizado para avaliar um exemplar de Ipê Roxo o mesmo apresentava um alto vigor sem presença de pragas e fatores abióticos, a média foi de 18 minutos e o tempo máximo de 1 hora e 4 minutos, o valor máximo ocorre devido ao detalhamento da avaliação sendo uma avaliação visual mais detalhada com isso o tempo de treinamento foi maior devido ao detalhamento, sendo treinamento um evento atípico nas avaliações, porém o tempo mínimo não se diferenciou em altos valores com a metodologia de SEITZ (2005), porém o tempo médio foi o dobro, mas devesse-se levar em consideração o detalhamento de cada avaliação, para chegar no resultado esperado com a análise por diagnose visual

Para demonstrar a dinâmica do tempo de avaliação a figura 13-A demonstra a distribuição do tempo das avaliações, onde é possível observar que a maior parte ficou entre 7 e 14 minutos o tempo de avaliação totalizando em 95 árvores avaliadas com tempo de avaliação maior que sete minutos e menor que quatorze minutos, correspondendo a 72% dos total de 131 árvores avaliadas pela Metodologia SEITZ (2005), nota-se 1 exemplar avaliado em 43 minutos, o mesmo foi avaliado com todo o grupo, explicando cada variável utilizada no método de SEITZ (2005) e 5 árvores ficaram próxima aos 21 minutos de tempo de avaliação, com isso mostrou a redução de tempo após a explicação do método.



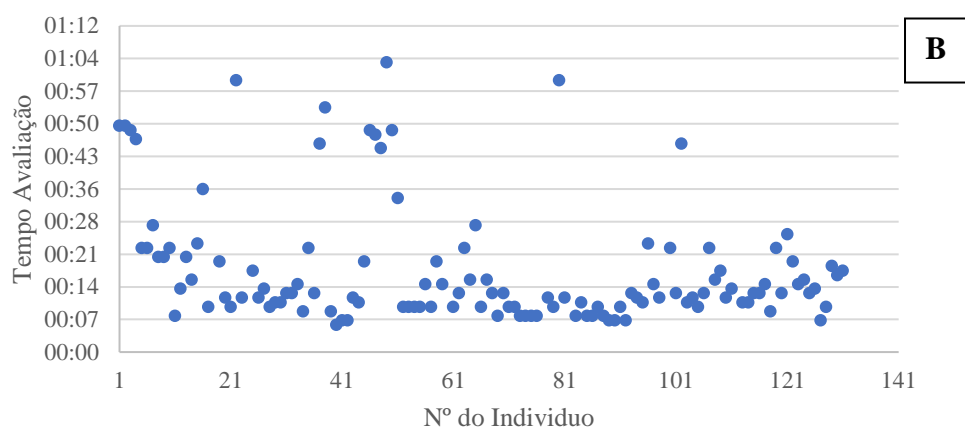


Figura 13 - Distribuição do Tempo de Avaliação nos métodos comparados no estudo: A) Metodologia de Seitz (2005); B) ISA-TRAQ (2013).
Fonte: O autor, (2018).

A figura 13-B mostra a distribuição do tempo da análise de risco de queda de árvores urbanas utilizando a metodologia estabelecida por TRAQ-ISA (2013), com o gráfico é possível observar a distribuição do tempo das avaliações dos 131 indivíduos arbóreos avaliados.

As avaliações realizadas de a 7 e 21 minutos, 86 exemplares representando 66% do total das avaliações ficaram entre esse período de tempo, entre 7 e 14 minutos por avaliação foram avaliadas 49%, totalizando 64 árvores, sendo um fator positivo ao comparar com o método de SEITZ (2005) utilizado para realizar avaliações de árvores de risco de queda.

Por ser uma metodologia de análise de risco de queda de árvores urbanas bem detalhada e considerada um método avançado a metodologia de TRAQ-ISA ofereceu ótimos resultados de tempo médio de avaliação, pois oferece acurácia para os resultados esperados ao realizar análises visual de risco de queda de árvores urbanas.

A redução do tempo é um fator primordial para potencializar a eficiência produtiva, pois a redução do tempo acarreta na minimização de custos, porem a mesma precisa continuar sendo eficaz para não interferir na qualidade da avaliação, a execução do trabalho no decorrer do dia foram se reduzindo o tempo, devido a pratica dos operadores após obter maior proximidade com os métodos de análise visual de risco de queda de árvores urbanas.

Com as análises dos resultados do variável tempo para as duas avaliações visuais, a metodologia de SEITZ (2002) se mostrou mais eficaz apresentando um tempo médio

de avaliação de nove minutos, isso ocorre devido ao seu menor detalhamento e a menor quantidade de variáveis a serem avaliadas por diagnose visual do risco de queda dos indivíduos arbóreos avaliados, porém sua acurácia não é tão precisa quanto o método de TRAQ-ISA (2013).

5.1.2 Acurácia dos Índices de Risco de queda gerados nos Métodos

As avaliações de risco de queda por diagnose visual usando o método de SITEZ (2005) nos períodos de 7 e 14 minutos de tempo de avaliação totalizando em 95 árvores avaliadas com o método de SEITZ (2005) com o método de TRAQ-ISA (2013) foram avaliadas 64 árvores, com isso optar pelo método de TRAQ-ISA (2013) é a opção mais viável quanto a eficiência técnica em função do tempo de avaliação, a qual será comprovada sua acurácia mostrando o resultados obtidos com as avaliações de análise visual de risco de queda de árvores urbanas.

A eficiência técnica, para avaliação dos fatores de risco de queda do indivíduo arbóreo, para (MAZOLLI 2013), o conhecimento das condições das árvores é uma ferramenta muito útil para que se conheça a diversidade e o estado dos indivíduos arbóreos de uma determinada área, e incide na observação em campo de vários parâmetros indicativos às árvores e ao meio físico, tais como o porte da árvore, fitossanidade, necessidades de manejo, conflitos com as redes aéreas, construções e outras estruturas urbanas, espaço físico disponível para plantio, que são realizadas através das análises de risco de queda de árvores, para o presente estudo o método de TRAQ-ISA (2013) apresentou os melhores resultados para se obter tais variáveis citadas, isso ocorreu devido ao seu nível de detalhamento da avaliação.

O conhecimento do estado fitossanitário da árvore é de suma importância, para o presente estudo foi diagnosticado as condições do vigor da copa, tronco e raiz através do método de SEITZ (2005) para isso foi determinado um grau de risco para cada parâmetro avaliado, determinado o maior grau de risco de queda para cada indivíduo arbóreo, o qual é atribuído pela maior pontuação de todos os parâmetros avaliada. Essas pontuações foram feitas considerando uma variação de 0 a 5, sendo 0 para nenhum risco aparente, 1 para riscos pequenos, 2 e 3 para riscos considerados intermediários e 4 e 5 para riscos elevados (figura 14).

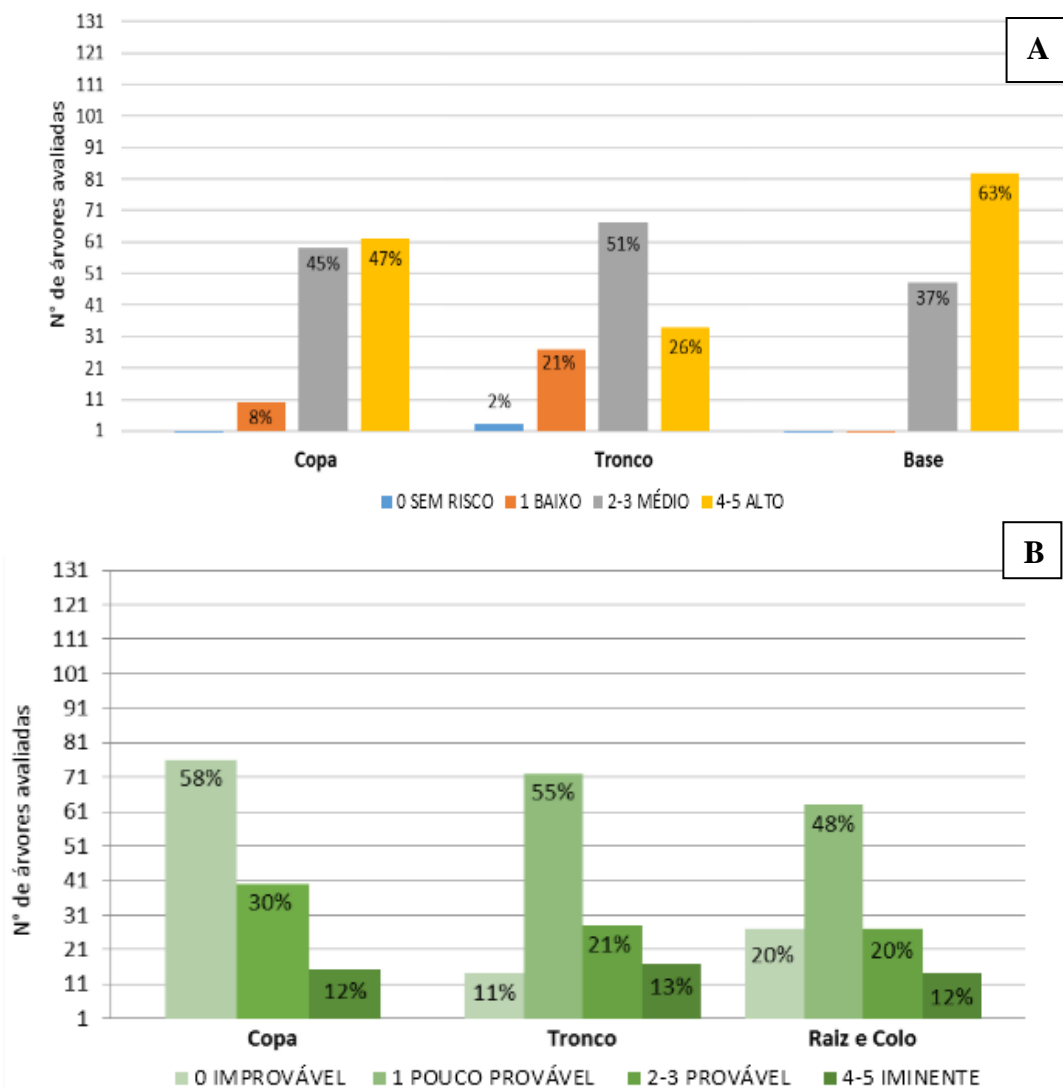


Figura 14 - Grau de Risco de queda de partes para as árvores avaliadas nos métodos comparados no estudo: A) Metodologia de Seitz (2005); B) ISA-TRAQ (2013).
Fonte - Do autor, (2018).

Na Metodologia de Seitz (2005) não houve indivíduos sem risco de queda na copa, o mesmo ocorreu na Metodologia TRAQ-ISA (2013) não houve nenhum exemplar classificado, sem risco queda para copa, isso ocorre devido as falhas estruturais que podem ocorrer na copa por haver muitos galhos, os mesmo podem estar conectados por ligações fracas, apresentar casca inclusa, galhos com madeira de reação, as folhas podem estar densa para os galhos, por ser uma parte que conta com várias outras estruturas tende a ter maior probabilidade de falhar principalmente seus galhos (Figura 14 A-B).

Em termos globais do risco de queda de copa ou partes destas para copa denotou-se que na Metodologia Seitz (2005) obteve-se que 92% das árvores classificadas com risco de médio a alto, sendo que na metodologia TRAQ-ISA (2013) 88% dos indivíduos classificados com risco pouco provável a provável (Figura 14-A), os valores mostraram-

se bem próximos em ambos os métodos ao analisar a copa sendo que o método de Steiz (2005) apresentou 4% a mais que TRAQ-ISA(2013).

Conforme a (Figura 14 B), para a categoria pouco provável classificou 58 % dos indivíduos avaliados, onde 46 dos 76 são da espécie Magnólia Amarela, o problema que destacou na espécie na copa foi casca inclusa, ligação franca e galhos codominantes, 17 indivíduos de Magnólia amarela apresentaram esses 3 problemas. Apenas 8% dos exemplares se classificaram em riscos de baixo de acordo com o método Seitz (2005).

Para Clark (2009), ao realizar avaliações de risco de queda árvore urbanas, a presença de galhos codominantes e ramos que estão dispostos e ligados ao caule são devem ser considerados. Pesquisas recentes sobre a força desses itens forneceram informações úteis para avaliações de risco, vários estudos concluíram que o tamanho relativo da copa ao tronco é mais importante para a força (Lilly e Sydnor 1995; Gilman 2003; Kane e Farrell 2008). A força dos galhos de ramificação é reduzida quando há presença de casca inclusa no mesmo. (SMILEY 2003; FARRELL 2003).

Os graus de riscos foram determinados de acordo com a ameaça de acidente e do volume da parte que oferece risco, portanto o método de TRAQ-ISA (2013) se destacou ao avaliar a copa, pois com avaliação de copa das parte possíveis a falhar foi possível identificar exemplares que precisam de urgência a realização de manejo em sua copa.

Para o tronco quanto ao número de árvores sem risco esta parte observou-se que 11% destas foram classificadas como sem risco de queda pela Metodologia TRAQ-ISA (2013), enquanto que na Metodologia SEITZ (2005) observou que apenas 2% dos indivíduos avaliados estariam classificados como sem risco de queda pela falha (quebra) do tronco (Figura 14 A-B), 21 % das árvores avaliadas se enquadraram-se no grau médio utilizando o método de Steiz(2005), para a categoria pouco provável e provável utilizando o método de TRAQ-ISA (2013), foram indicados 51% dos indivíduos, a espécie Magnolia foi a que mais ocorreu na categoria provável, a espécie possui em muitos indivíduos bifurcações sendo possível identificar as mesmas em campo, pois das 56 árvores de Magnolia Amarela analisadas 30 apresentaram bifurcação.

Na Metodologia de Seitz (2005) 26% dos indivíduos apresentaram risco de queda alto para o tronco, os fatores mais prejudiciais e que apresentaram maior ocorrência nos indivíduos foram cavidade, danos batidas e lesões, orifícios de insetos, na Metodologia TRAQ-ISA (2013) 13% dos exemplares foram classificados, risco queda iminente para o tronco devido as falhas localizadas com a diagnose visual de risco de queda de árvores

urbanas, para o categoria de risco iminente de falha do tronco 17 árvores se encaixaram no risco, onde 12 delas foi atribuída à realização de supressão das mesmas.

Em um estudo de risco de queda realizado por SAMPAIO et. al 2010, em Nova Olímpia, Paraná, onde avaliou-se um total de 2.230 árvores adultas através da metodologia de SEITZ, A região do tronco foi a que apresentou maior ocorrência de notas com indicação de condições gerais com alta probabilidade de falha (aumento do risco de queda e de impacto), sendo a região onde se verificou a maior frequência de problemas mais preocupantes.

Na Metodologia de Seitz (2005) não houve indivíduos sem risco de queda na base e raiz, o mesmo ocorreu na Metodologia TRAQ-ISA (2013) não houve nenhum exemplar classificado, sem risco queda para raiz e colo (Figura 13 A-B),

A probabilidade de falha de raiz e base na Metodologia Seitz (2005),32% das árvores classificadas com risco de médio, sendo que na metodologia TRAQ-ISA (2013) 68% dos indivíduos classificados com risco pouco provável a provável (Figura 13A-B), os valores mostraram-se bem distantes.

O alto risco de queda por falha de raiz e base, pelo método de Seitz (2005) apresentou 68%, o risco iminente de falha utilizando o método de TRAQ-ISA(2013) classificou 12 % dos exemplares nessa categoria. A Alta representação de alto risco e iminente de queda por falha da base e raiz, observados em ambos métodos de análise visual de risco de queda de árvores urbanas, mostra a necessidade de uma técnica de manejo avançado nos indivíduos, ou seja, a realização de uma tomografia de raiz, a qual proporciona resultados que levaram a uma análise mais precisa.

Deve-se ressaltar que entre os parâmetros avaliados da base do tronco está a presença de neloide a qual quando ausente o tronco apresenta uma forma cilíndrica e entra em contato com o solo, ocorrendo índices de aterro podendo causar instabilidade na árvore, este foi o principal motivo pelo qual foi classificado em risco 5 a base do tronco.

Outro fator avaliado foi o tipo de solo o qual pode se torna um fator de risco, normalmente solos muito húmidos ou mal drenado não permite um bom desenvolvimento radical ou não oferecem uma boa sustentação para arvores de grande porte. Solos rasos também podem causar uma instabilidade.

SAMPAIO et. al 2010 em um estudo utilizando a metodologia de SEITZ, 2006, a mesma utilizada no presente trabalho, verificou que os indivíduos com avaliação 5 para base do tronco são praticamente em troncos que estão ocupando o espaço permeável por

inteiro, e isso pode acarretar problemas sérios, pois este espaço é importante para o bom desenvolvimento fisiológico da árvore.

Um espaço permeável adequado garante aeração do solo e disponibilidade de nutrientes para as plantas e esta condição contribui para uma melhor defesa da planta contra patógenos, pois uma planta saudável está menos susceptível a estes (BIONDI,1985). Bortoleto et al. (2006) verificou em Águas de São Pedro, SP que o tamanho da área livre foi determinante nos problemas de afloramento de raízes.

Através da avaliação das condições gerais de cada árvore foi possível determinar um índice para hierarquizar os riscos de queda final através do método de Steiz (2005) e TRAQ-ISA (2013).

Brun (2010) relata que a avaliação visual de risco é o primeiro passo para o manejo da arborização urbana visando reduzir o índice de acidentes com árvores. Cada árvore recebe um índice de risco, que será utilizado na hierarquização das ações corretivas.

Para o estabelecimento do índice de risco utiliza-se o maior grau de risco oferecido para qualquer um dos critérios avaliados da árvore. Embora uma árvore possa ter muitas partes que ofereçam risco, a parte que maior risco oferece é a mais importante.

A figura 15 A demonstra o grau de risco final para cada indivíduo arbóreo utilizando o método de Steiz (2005), onde 37%, apresentou risco de queda 13, posteriormente 3 % das árvores avaliadas indicaram grau 14 e 60% grau de risco 15, todas se enquadram no índice de risco de elevada importância, o qual exige avaliação de periódica mensal, vale ressaltar que a avaliação de segurança deve ser realizada em toda zona de risco após eventos extremos tais como fortes temporais. A arborização do local é composta por indivíduos na sua maioria de grande porte.

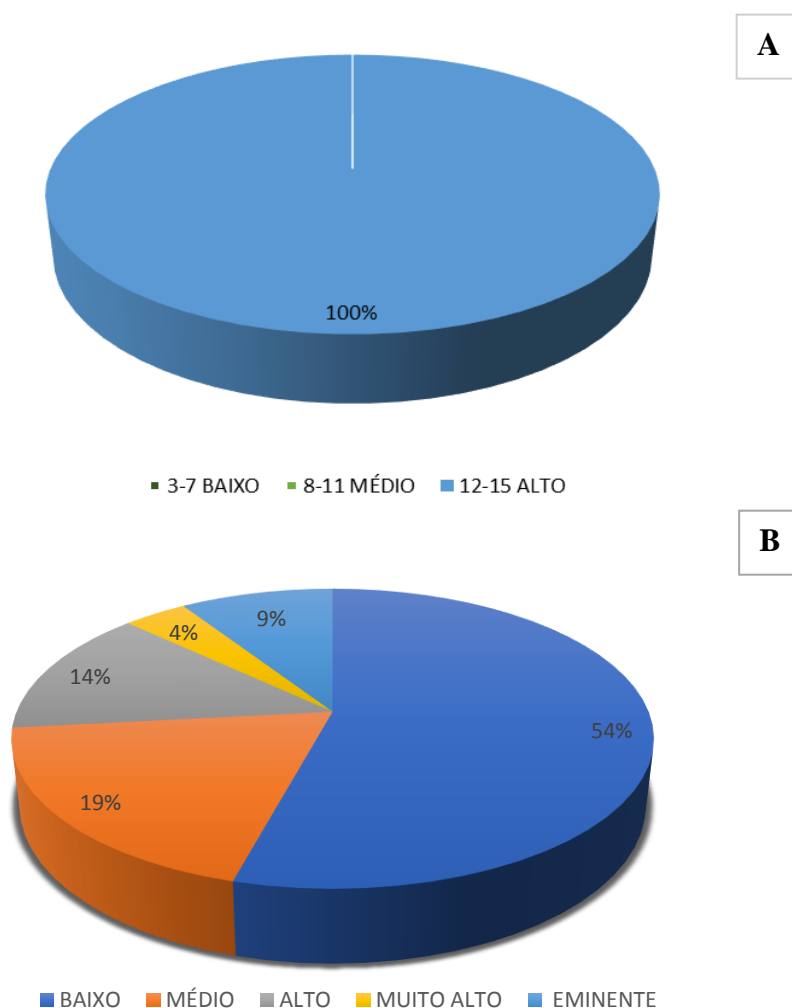


Figura 15 - Risco de queda global (de toda árvore) dos indivíduos avaliados pelas diferentes Metodologias trabalhadas no presente estudo: A) Seitz (2005); B) TRAQ-ISA (2013).
Fonte - Do Autor, (2018).

A avaliação visual de risco de queda utilizando a metodologia de SEITZ (2002) mostrou-se eficiente de acordo com o local quais estão situados os indivíduos arbóreos, sendo considerada com um alto grau de risco de queda devido os fatores avaliados como fatores edafoclimaticos, situação fitossanitária dos indivíduos e ações antrópicas sofridas pelos indivíduos.

Dos 131 indivíduos arbóreos avaliados 32 são Ipês Amarelo correspondendo 24% do total, 23 Ipês Roxo 18%, 45 % das árvores avaliadas são Magnólias Amarela, totalizando em 59 árvores e 16 Sibipirunas representando 12% dos indivíduos avaliados.

A figura 15 B mostra a classificação global de risco de queda, para os 131 indivíduos avaliados, pela metodologia estabelecida pela ISA(2013).

Com a classificação global do risco de queda podemos observar que 54% das 131 árvores avaliadas estão em grau de risco alto, isso ocorre devido as condições do estado

fitossanitário do indivíduo arbóreo e aos os alvos a serem atingidos com a queda da mesma, o gráfico mostra também árvores com o grau muito alto de risco de queda, pois são árvores degradadas com vigor muito baixo, necessitando de manejo para melhorar seu estado fitossanitário e a realização de avaliações periódicas para acompanhar a resposta da mesma ao tratamento, 9 % dos indivíduos oferecem risco eminente aos frequentadores e ao patrimônio com isso sendo necessário a supressão das mesmas para evitar danos materiais e a vida humana.

Após a realização da classificação global do risco de queda através das análises visuais pela metodologia de ISA (2013), com o método é possível se obter o risco residual global para cada indivíduo avaliado. O risco residual total consiste em o risco restante após realizar a mitigação do maior risco da árvore sendo ele oferecido pela copa, tronco ou raiz (ISA, 2013).

A figura 16 mostra o risco residual para os 131 indivíduos avaliados, observa-se que 56 % das árvores avaliadas após a mitigação do risco apresentara risco residual global baixo, seguido de 15% médio, 15% alto, 5 % muito alto e 12 indivíduos, ou seja, em 9% será necessário realizar supressão não oferecera mais nenhum risco.

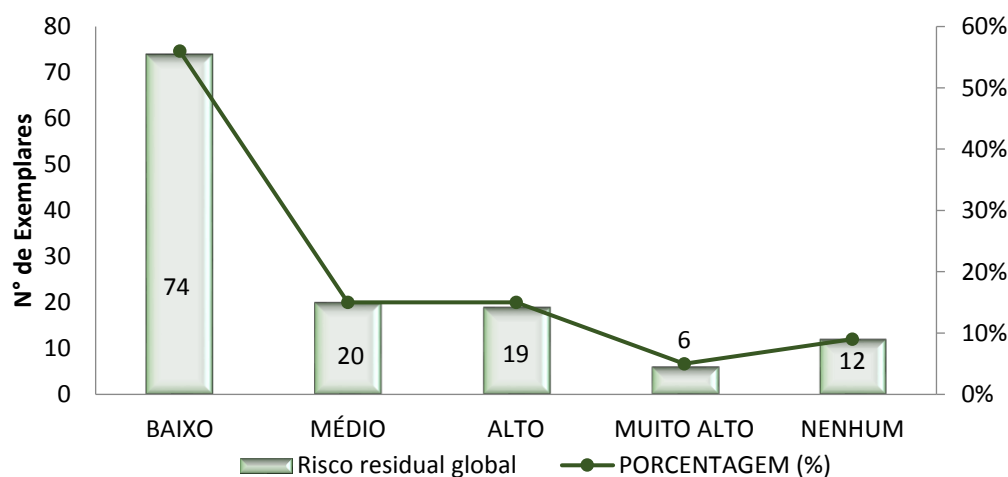


Figura 16 - Risco Residual Global, obtido pelo método de análise de risco de queda de árvores urbanas de TRAQ-ISA (2013) no campus da UTFPR Dois Vizinhos, 2018.

Fonte - O autor, (2018).

O alto risco de queda não quer dizer que o indivíduo irá cair, mais sim que os danos acarretados pela sua queda podem ser irreversíveis, podendo levar até a morte de frequentadores do local e danos de alto valor ao patrimônio, sendo necessárias avaliações avançadas como a tomografia sônica de tronco e raiz.

Para minimizar o risco de queda é preciso realizar intervenções de manejos nas árvores avaliadas, através da metodologia de Seitz (2005) foi possível definir que 4 dos 131 indivíduos arbóreos devido ao seu risco eminente, é preciso realizar supressão, em 22 árvores a realização de tomografia de raiz e 17 tomografias de tronco, em 19 indivíduos arbóreos é necessários realizar tomografia de tronco e raiz, foram indicadas as podas as serem realizadas nas árvores avaliadas onde 15 é preciso de poda de limpeza, 32 podas de limpeza e segurança, 4 podas de levantamento e limpeza seguido por 17 podas de segurança e uma poda de levantamento. Os resultados obtidos podem ser vistos e interpretados na figura 17.

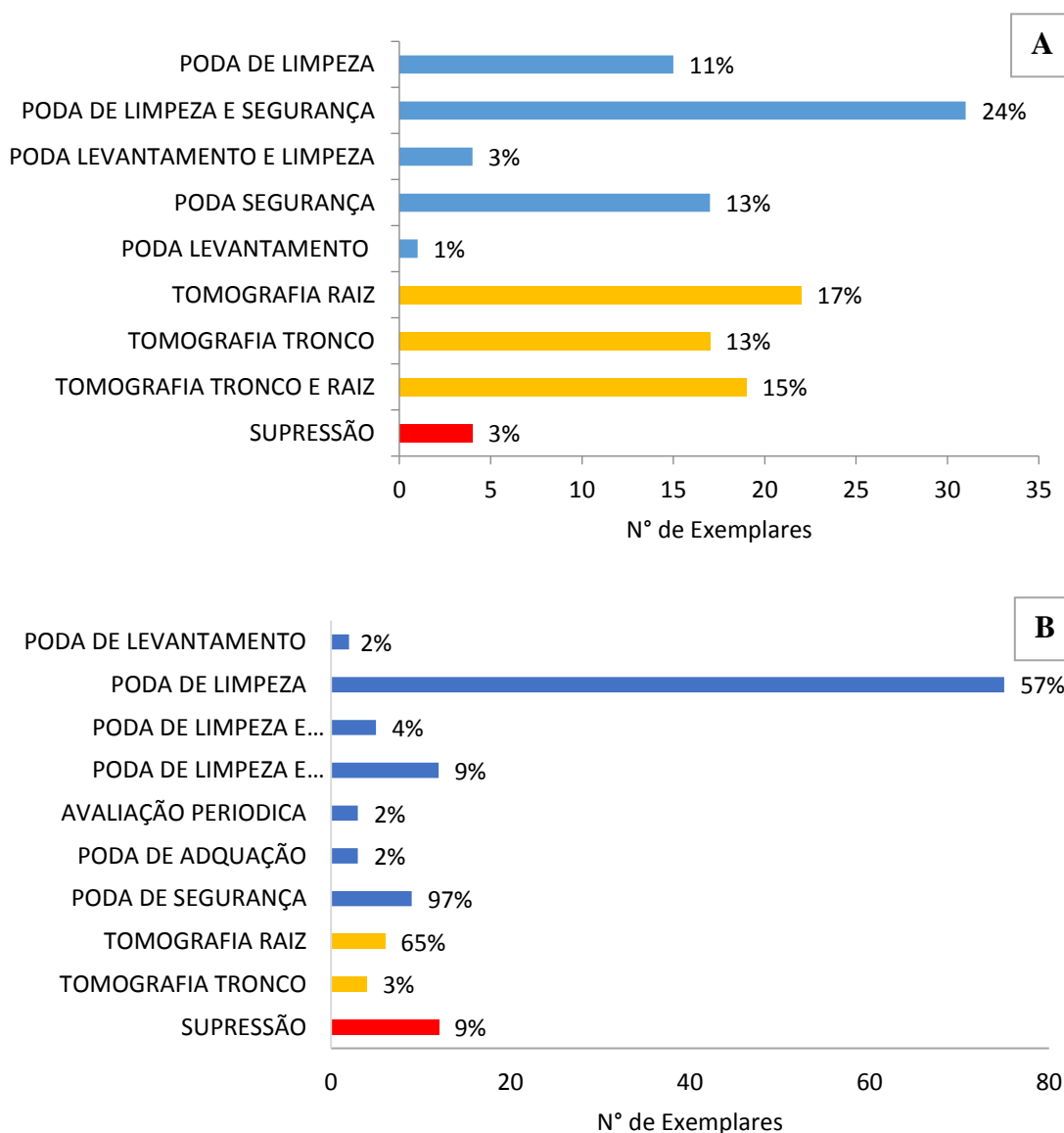


Figura 17 - Recomendações de manejo para os indivíduos avaliados nas Metodologias empregadas no presente estudo: A) Seitz (2005); B) TRAQ-ISA (2013).

Fonte - Do autor, (2018).

Em um estudo realizado por Sampaio et. al (2011) no município de Nova Olímpia Paraná, onde foram avaliados 2230 árvores adultas, 40 árvore sendo 1,79% apresentaram risco de menor importância , 83,54% ou seja 1863,54 árvores apresentaram risco de média importância, para o risco de elevada importância 327 indivíduos 14,66% foram contabilizados se enquadrando em risco elevado. Com isso os autores do estudo concluíram que o índice final para hierarquização permitiu selecionar as árvores com problemas emergenciais permitindo priorizar as ações de manejo a serem realizadas com urgência.

Para mitigar a probabilidade de falha das partes também foram estabelecidas técnicas de manejo a serem tomada em cada árvore avaliada, de acordo com seus problemas apresentados e identificados através de diagnose visual de risco de queda pela metodologia de TRAQ-ISA (2013).

Conforme podemos observar na figura 17-B as alternativas de manejo a serem tomadas se diferenciou na quantidade da técnicas de manejo avaliadas pela metodologia de SEITZ (2005), onde as avaliações realizadas através do método estabelecido por ISA (2013), onde 12 árvores apresentam elevado risco precisando ser realizado supressão nas mesmas, sendo 4 Magnolias Amarelas, 3 Ipês Roxo e 5 Ipês Amarelo, 3 podas de adequação e 3 avaliações periódicas serão necessárias, seguida poe 2 podas de levantamento, 76 podas de limpeza 5 podas de levantamento e limpeza, 13 podas de levantamento e segurança 9 podas de segurança, 1 tomografia de tronco e 6 tomografia de raiz.

Em seguida foi realizada a classificação do risco residual de queda oferecido pelo exemplar após realizar as indicações de manejo para o mesmo. Para se obter o risco residual foi estabelecido a técnica de manejo a ser adotado para aquele indivíduo avaliado como podas, inspeções avançada ou até mesmo a supressão a ser realizado no mesmo, sendo assim o risco residual é o quanto de risco a árvore irá oferecer após a intervenção de manejo realizada no mesmo, a figura 20 apresenta os resultados para os 131 indivíduos arbóreos avaliados.

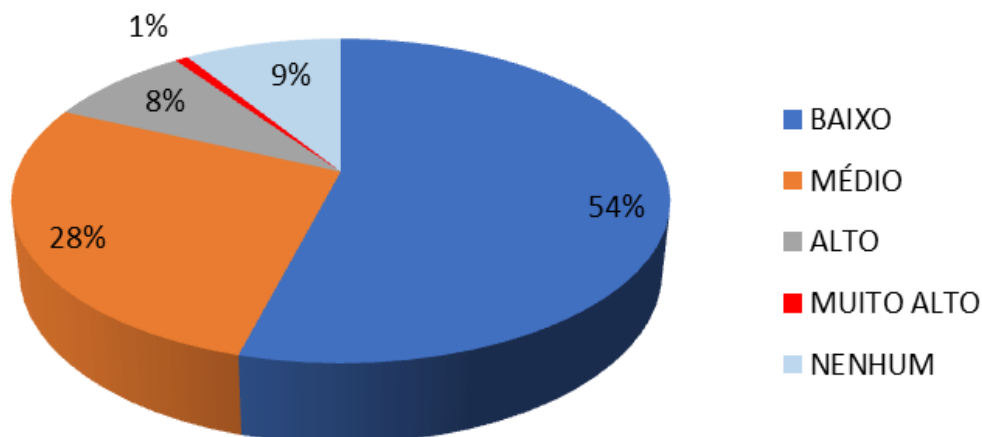
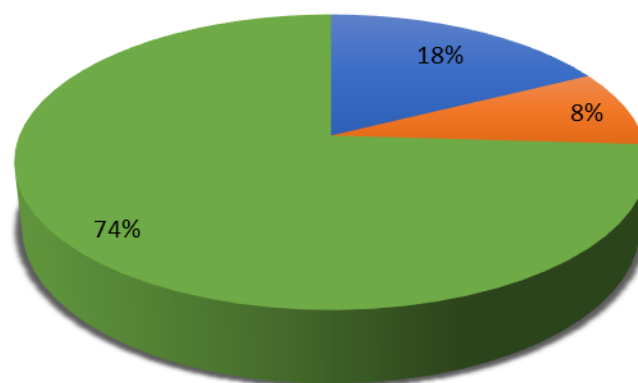


Figura 18 - Índice de Risco residual, obtido pelo método de análise de risco de queda de árvores urbanas de TRAQ-ISA (2013) no campus da UTFPR Dois Vizinhos, 2018.

Fonte: O autor, (2018).

Em relação aos 2 métodos de análise de risco de queda de árvores urbanas por diagnose visual, a técnica de SEITZ (2005) levando em consideração o tempo foi a mais eficaz, sendo realizada em um tempo médio de 9 minutos por indivíduo arbóreo, sendo a metade do tempo utilizado da metodologia compara a qual o tempo médio foi de 18 minutos, levando em consideração o nível de detalhamento a técnica de ISA (2013) mostrou-se mais eficaz, pois a mesma possibilitou uma análise mais detalhada de cada árvore avaliada, levando em consideração que em ambas avaliações a maior quantidade de árvores avaliadas foram entre 7 e 14 minutos, sendo que 49 % da 131 árvores avaliadas na técnica de ISA (2013) ou seja 64 indivíduos e 95 árvores sendo 72 % do total de 131 avaliados pelo método de SEITZ (2005). Com isso a metodologia de ISA (2013) em termos técnicos se destacou a frente da metodologia comparada, sendo ela a mais eficaz e eficiente para o presente estudo, podendo ser indicada para outros estudos com a mesma finalidade a análise visual de risco de queda.

O risco de queda tem relação direta aos tipos de manejo realizados nos indivíduos, quanto maior o dano que a árvore apresenta a população, maior é a severidade do risco. Alguns fatores de risco podem ser eliminados através de práticas de manejo adequadas para arborização, na existência de galhos secos sobre calçadas ou sobre redes elétricas, tais problemas podem ser solucionados através de podas a fim de proporcionar maior segurança e limpeza e realização de tomografias como a de tronco para avaliar a qualidade do lenho do indivíduo arbóreo.



■ TOMOGRAFIA DE TRONCO (STEIZ) ■ TOMOGRAFIA DE TRONCO (ISA) ■ OUTROS MANEJOS

Figura 19 - Necessidade de Tomografia de tronco para os indivíduos avaliados nas Metodologias empregadas no presente estudo: Seitz (2005) e TRAQ-ISA (2013).

Fonte: O autor, (2018).

A figura 19 mostra a necessidade de tomografia de tronco para os 131 indivíduos avaliados, pela metodologia estabelecida por Seitz (2005) e TRAQ-ISA (2013). De acordo com a análise visual de risco de queda de árvores urbanas utilizando o método de Seitz (2005), é possível observar que foram requeridas 23 tomografias de tronco enquanto para o método de TRAQ-ISA foram solicitadas 11 tomografias de tronco, oito exemplares coincidiram a solicitação para os dois métodos utilizados, isso ocorreu devido ao estado aparente dos indivíduos apresentarem fragilidades em seu tronco, sendo alguma injúria, presença de patógeno, insetos e exsudação de seiva.

A tomada de decisão é o momento onde estabelece as práticas de manejo das árvores, a qual é importante que se tenha um embasamento para recomendações de ações corretivas até mesmo supressão de indivíduos avaliados, árvore com risco de queda oferecem alto risco a sociedade com isso a indicação de técnicas de manejo avançada é primordial para uma análise mais detalhada, para o método de Seitz (2005), conforme mostra a figura 20-A, será necessário realizar quatro supressões, 23 tomografias de tronco, 21 tomografias de raiz e 17 tomografias de tronco e raiz, a metodologia de ISA (2013) nos proporciona a esta indicação, para os 131 indivíduos avaliados obteve-se os seguintes valores para necessidade de avaliação avançada, realização de tomografia de raiz em 15 indivíduos, tomografia de tronco em 11 indivíduos, tomografia de tronco e raiz em 10 indivíduos e supressão em 12 indivíduos, conforme mostra a figura 20-B.

É possível notar a diferença entre as alternativas de manejo avançada adquiridas por ambos métodos de análise visual de risco de queda de árvores urbanas utilizados no

presente trabalho, isso ocorre devido ao detalhamento da avaliação, pois uma análise mais minuciosa é possível identificar problemas mais graves, exemplares com risco de queda iminente que precisa ser retirado, isso é possível observar na figura 22 A-B.

No caso da supressão onde o método de Seitz (2005) indica apenas quatro indivíduos a serem retirados e no método de TRAQ-ISA (2013), constatou a supressão de 12 exemplares, isso ocorreu devido ao maior detalhamento do método de ISA-TRAQ (2013) com isso o mesmo é o mais coerente e indicado, através do estudo realizado no presente estudo para definir as técnicas de manejo avançado ao analisar indivíduos arbóreos com risco de queda no meio urbano.

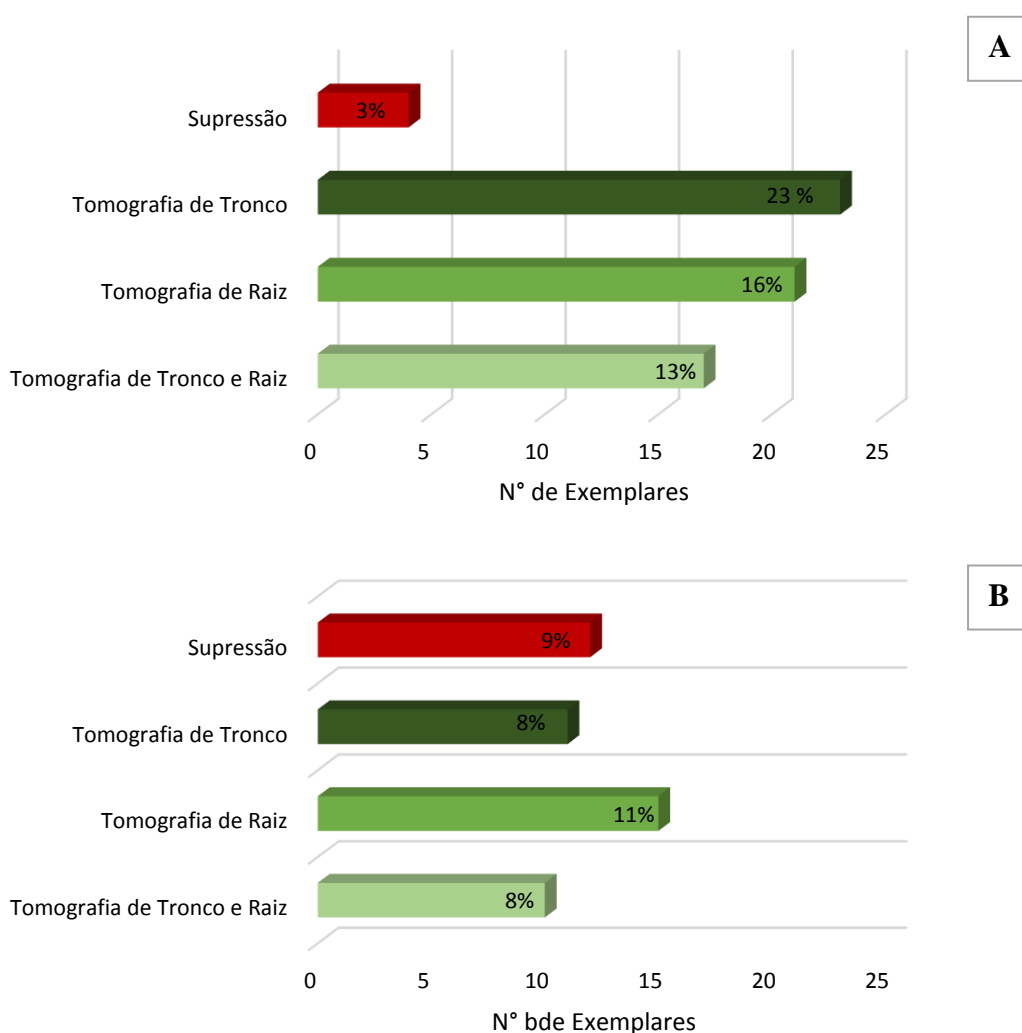


Figura 20 - Necessidade de avaliação avançada para os indivíduos avaliados nas Metodologias empregadas no presente estudo: A) Seitz (2005); B) TRAQ-ISA (2013)
 Fonte: O autor, (2018).

Para confirmar a eficiência das avaliações realizou-se a tomografia de tronco em 8 indivíduos arbóreos avaliadas sendo as mesmas solicitadas nas avaliações visuais de risco de queda nas Metodologias de SEITZ (2005) e ISA (2013).

Através da metodologia de SEITZ (2005) foram indicadas a realização de 23 tomografias de tronco conforme mostra o a figura 19-A, com a metodologia de ISA (2013), indicou-se 8 tomografias de tronco, figura 19-B.

A tomografia realizada no exemplar 36 (*Handroanthus avellanadae*), mostra que o indivíduo arbóreo não apresenta uma seção transversal circular, conforme podemos observar na figura 23 (A), há uma leve entrada do lenho para o seu interior no sentido sul da seção, tendo em conta a forma geométrica, o exemplar apresenta uma redução da resistência biomecânica de 33 % para o sentido nordeste, observando na figura 23 B um início de degradação do lenho no sentido noroeste da seção.

Considerando a qualidade da madeira e a forma geométrica, o indivíduo arbóreo apresentou uma perda de resistência de 8 %, com uma resistência menor a ventos na direção sudeste, nas análise visual realizada pelo método de TRAQ_ISA (2013), o exemplar foi considerado de risco iminente devido ao grau de degradação do seu lenho ao observar sua parte externa, assim solicitando tomografia de troco ou supressão do mesmo, já para o método de Steiz (2005) foi indicado a tomografia de tronco, com isso é possível notar os perigos que o exemplar oferece, pois o mesmo encontra-se em uma área de alto fluxo de frequentadores do campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná em Dois Vizinhos, com base nas análise o ideal seria realizar uma dendrocirurgia no individuo para evitar a entrada de patógenos e insetos no interior do seu lenho.

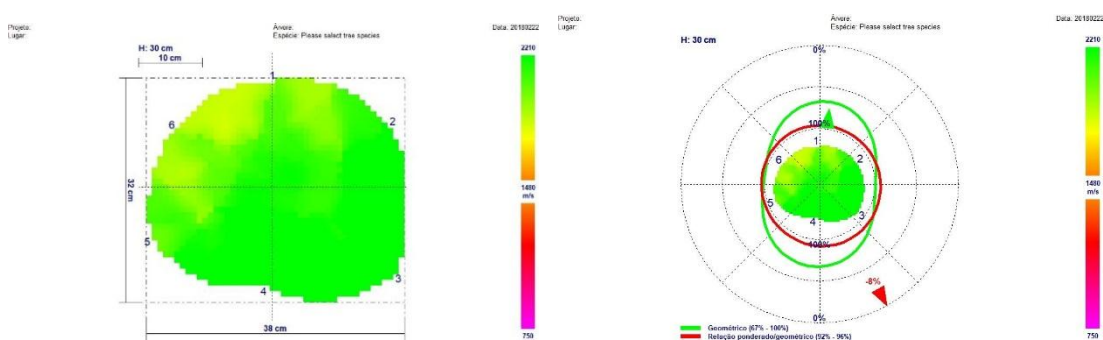


Figura 21 - Tomografia da espécie *Handroanthus avellanadae* na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 36) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico
Fonte: Arbotom, (2018).

Ao realizar tomografia de troco em dois exemplares *Handroanthus avellanadae* (exemplar 38 e 42), constatou que ambos apresentaram fuste circular, com isso os dois indivíduos arbóreos ofereceram resistência biomecânica de 100%, isso demonstra bom

estado de conservação da madeira das duas árvores avaliadas. a qualidade da madeira e a forma geométrica do exemplar 38 apresentou uma perda de resistência de 4%, ficando vulnerável a ventos sentido norte, conforme mostra a figura 21 na sequência. O exemplar 42 apresentou 1% de perda de resistência a flexão (Figura 23).

Ao observar os resultados das tomografias de tronco realizadas nos exemplares 38 e 42, é possível observar a boa qualidade interna do lenho, mas vale ressaltar que diversos fatores associados a estrutura de uma árvore podem falhar como galhos, quebra do tronco, degradação de raiz.

O Exemplar 38 pelos métodos de Steiz (2005) e TRAQ- ISA (2013), foi classificado em alto risco de queda pela diagnose visual, indicando pode de limpeza e segurança, no método de TRAQ-ISA (2013) tomografia de tronco como avaliação avançada. O indivíduo arbóreo 42 pelo método de Steiz (2005), apresentou risco alto, solicitando tomografia de tronco como manejo, e pelo e TRAQ- ISA (2013), foi classificado em risco iminente de queda pela diagnose visual, indicando a supressão do exemplar, o qual oferece alto risco ao atingir os alvos ao seu redor, como bancos, salas de aula, mesas e calçada, o quais são utilizados com frequência por humanos, lembrando do se que o maior risco considera é a vida humana.

Em um estudo realizado por Sacramento, (2013), onde se avaliou as árvores presentes no Jardim Botânico da Universidade de Coimbra, ao avaliar uma árvore da espécie *L. tulipifera*, o indivíduo arbóreo exibiu um tronco circular, com isso a resistência à flexão foi de 100%, não considerando o estado de conservação da madeira, o mesmo apresentou uma perda de resistência à flexão de 10%, com uma resistência menor a ventos na direção noroeste.

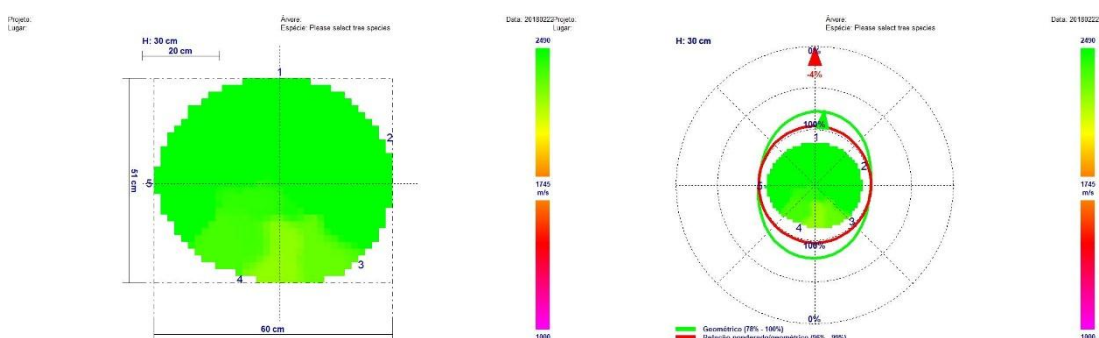


Figura 22- Tomografia da espécie *Handroanthus avellanae* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 38) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico
Fonte: Arbotom, (2018).

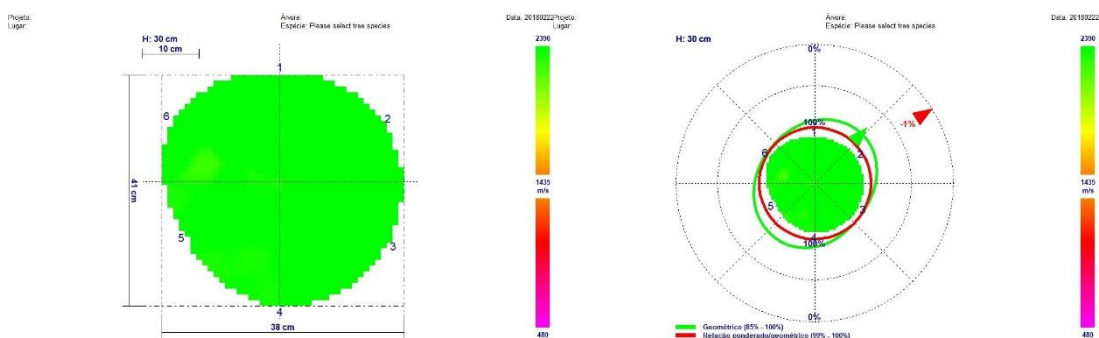


Figura 23- Tomografia da espécie *Handroanthus avellaneda* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

(Exemplar 42) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico.

Fonte: Arbotom, (2018).

Garutti, (2015), ao realizar tomografias de tronco em árvores no parque Zoobotanico localizado centro urbano do município Belém-PA, o parque conta com uma área de 5,2 hectares, abrigando fauna e flora do bioma Amazônia, no estudo verificou que espécies como a Tacacazeira, Cedro e castanha do Pará, apresentam perdas de resistência muito baixas, respectivamente 11%, 8% e 2%, as duas primeiras apresentam tecido menos denso no interior, porem o restante em ótimas condições, castanha-do-Pará a sua perda de resistência biomecânica é quase inexistente.

O exemplar 58 (*Handroanthus heptaphysus*) apresentou uma perda de resistência biomecânica de 19% referente a sua geometria tendendo uma fragilidade no lenho no sentido sudoeste conforme mostra a figura 26 B, não levando em consideração o estado de conservação da madeira, a perda de resistência, deterioração e outras fragilidades do lenho foi de apenas 3% praticamente inexistente (Figura 24).

De acordo com análise visual de risco de queda pelo método de TRAQ-ISA (2013) o exemplar 58 foi classificado como baixo, sendo indicada como alternativa de manejo pode de limpeza e segurança, porem pelo local que o mesmo se encontra e os possíveis alvos que possa vir atingir, foi recomendado a tomografia de tronco, á no método de Steiz (2205), classificou-se como alto risco, isso ocorreu devido ao local que o exemplar esta disposto, pois o método considera indivíduos arbóreos de alto risco em ruas e locais movimentados, como acontece com a localização do mesmo em uma área arborizada no local do estudo e com frequência de visitantes.

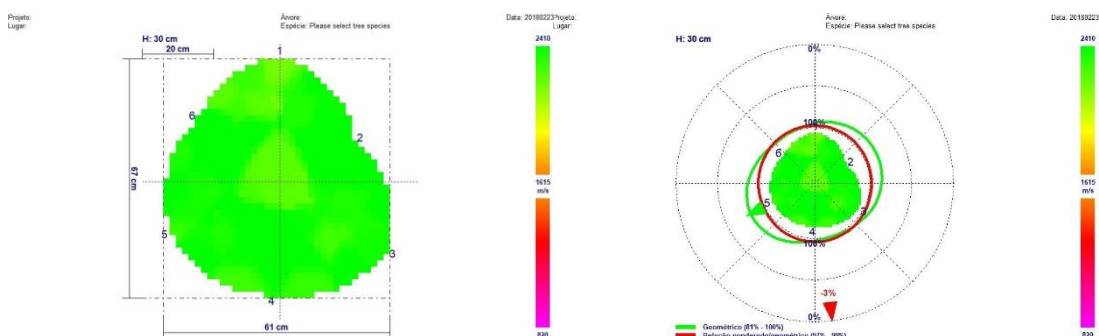


Figura 24 - Tomografia da espécie *Handroanthus heptaphysus* na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 58) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico.

Fonte: Arbotom, (2018).

Foram avaliados por tomografia sônica quatro indivíduos de *Michelia champaca*, no exemplar 47 foi necessário realizar a tomografia no tronco e na bifurcação do tronco conforme mostra a figura 25 O tronco apresentou uma redução de resistência biomecânica de 12% para o sentido nordeste, levando em consideração a qualidade da madeira e a forma geométrica o tronco não apresentou perda de resistência.

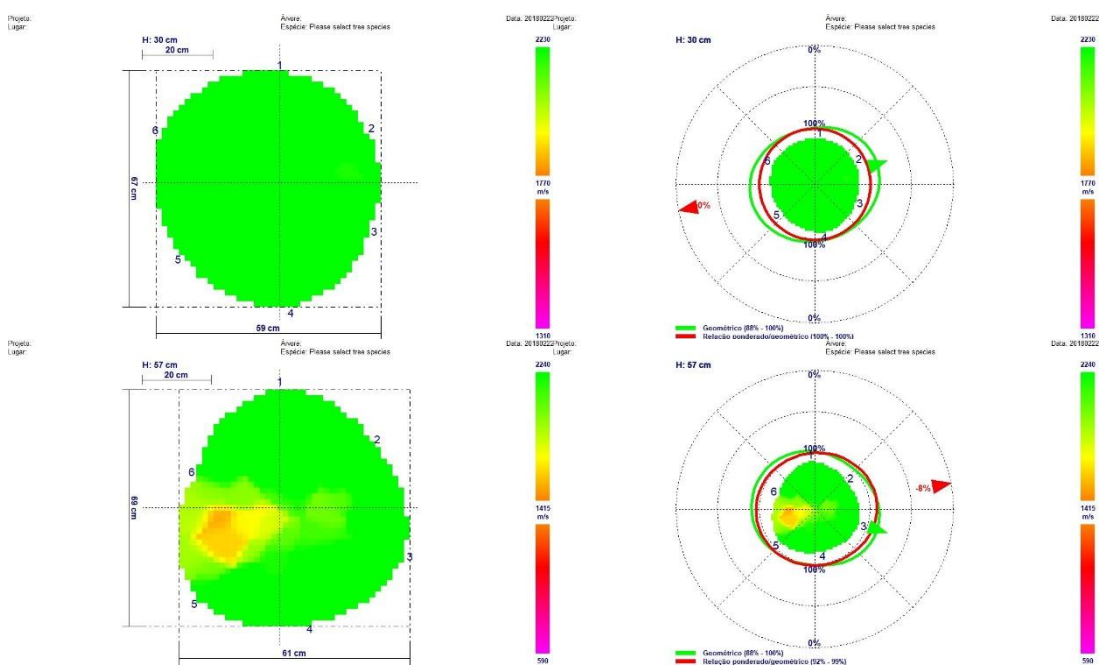


Figura 25 - Tomografia da espécie *Michelia champaca* Na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 47) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico; C. Gráfico de tomografia bifurcação; D Gráfico Mecânico bifurcação.

Fonte: Arbotom, (2018).

Em campo verificou-se que a bifurcação do indivíduo arbóreo também precisava de tomografia a figura 25 C e D mostra os resultados obtido, a seção da bifurcação teve sua resistência biomecânica reduzida em 12% apresentando maior fragilidade para queda

no sentido sudeste, foi detectada uma perda de resistência de 8% no sentido nordeste da bifurcação.

A probabilidade de falha do exemplar 47 ocorre em sua bifurcação, oferecendo um risco considerado médio pelo método de TRAQ-ISA (2013) e alto pelo método de Steiz (2005), em ambos foi solicitada a tomografia de tronco devido a exsudação de seiva que ocorria em sua bifurcação, uma alternativa para evitar futuros danos seria a retirada dessa bifurcação, porem avaliando o equilíbrio do exemplar para seu peso da copa não tender para somente um lado, realizando uma poda de adequação no mesmo assim evitando seu desequilíbrio.

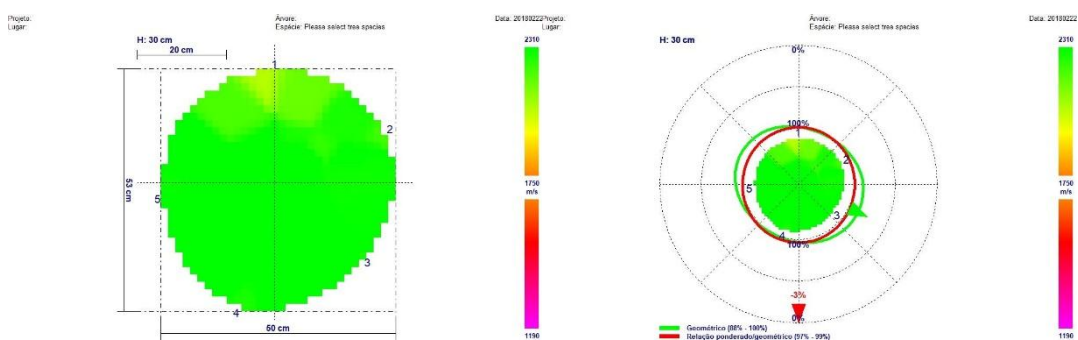


Figura 26- Tomografia da espécie *Michelia champaca* na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 49) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico.
Fonte: Arbotom, (2018).

Ao avaliar a *Michelia champaca* que corresponde ao exemplar 49, os resultados obtidos são demonstrados na figura 26, o indivíduo arbóreo apresentou uma redução da resistência de 11 % para o sentido sudeste em decorrência de sua forma geométrica, observando na figura 28 B levando em conta a qualidade da madeira e a forma geométrica, o indivíduo arbóreo apresentou uma perda de resistência do lenho de 3 %, com uma resistência menor a ventos na direção sul, ou seja quase insignificante a perda de resistência do exemplar. O indivíduo apresenta um bom vigor, porem foi solicitado a tomografia de tronco em ambos os métodos de análise visual de risco de queda de árvore urbanas, devido ao local que o exemplar se encontra, assim confirmando seu bom estado fitossanitário.

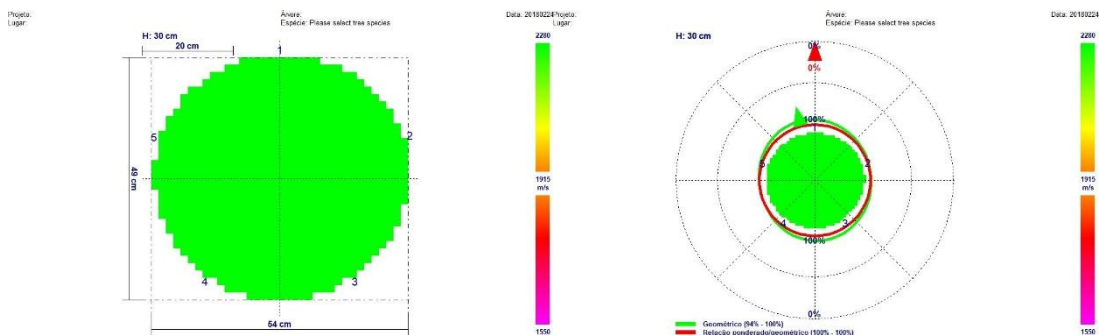


Figura 27 - Tomografia da espécie *Michelia champaca* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 106) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico.

Fonte: Arbotom, (2018).

Ao realizar tomografia de troco nos exemplares 106 e 119 ambos da espécie *Michelia champaca*, constatou que o exemplar 106 sofreu 6% de redução da sua resistência biomecânica, sendo quase inexistente sua redução de resistência devido sua geometria, pois o fuste da mesma apresenta uma forma circular, o exemplar 119 apresentou uma redução de resistência biomecânica de 16% oferecendo fragilidade a queda no sentido sudoeste, na figura 27 B podemos observar que a seção transversal avaliada não apresenta uma forma totalmente circular.

Devido a qualidade da madeira e a forma geométrica dos exemplares 106 e 119 não houve perda de resistência do lenho em ambas as árvores, conforme mostra a figura 29 B e figura 30 B, com isso os dois indivíduos arbóreos ofereceram resistência de 100%, isso demonstra bom estado de conservação da madeira das duas árvores avaliadas.

Em seu estudo Sacramento, (2013), observou que dos 11 exemplares de Angiospérmicas estudados no Jardim Botânico da Universidade de Coimbra, apenas 3 exemplares apresentaram um valor residual de perda de resistência à flexão inferior 8%, 6 exemplares com perda de resistência entre 10 e 22% e 2 exemplares apresentaram perda de 56% a espécie (*Platanus hybrida*) e 50% (*Robinia pseudoacacia*), em ambas foram constatada alguma fragilidade estrutural.

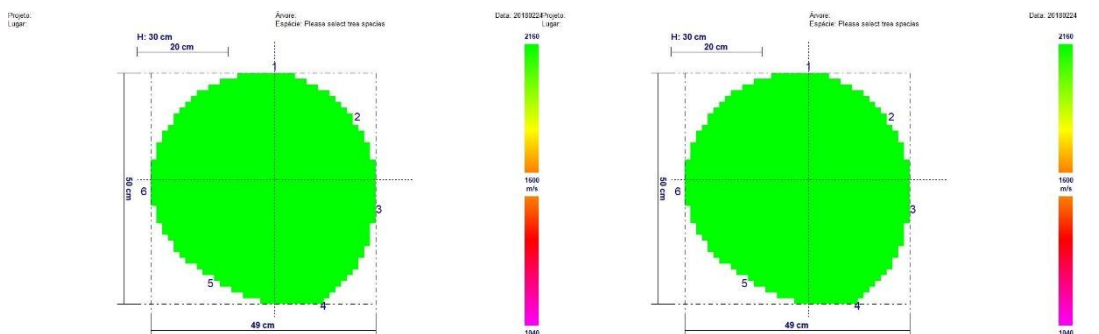


Figura 28 - Tomografia da espécie *Michelia champaca* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Exemplar 119) A. Gráfico de tomografia; B Gráfico Mecânico.

Fonte: Arbotom, (2018).

Para Rollo, (2009), relata que a tomografia de impulso, devido a propagação das ondas mecânicas é possível identificar lesões internas do lenho, sendo uma importante variável no risco de queda, a interpretação dessas lesões é uma informação de extrema importância para realização de uma avaliação coerente de risco de vitalidade do indivíduo analisado, evitando que árvores sejam suprimidas sem necessidade ou que venham a cair antes de apresentarem características nítidas para que ocorra tal possibilidade.

Com os resultados obtidos foi possível constatar que os 8 indivíduos arbóreos avaliados, mostraram boa qualidade de conservação do lenho, pois a perda de resistência biomecânica devido a forma geométrica da seção avaliada variou de 6% o menor valor foi para um exemplar da espécie *Michelia champaca* e 33% o maior valor para um *Handroanthus avellanadae*, das oito avaliações duas árvores não apresentaram perda de resistência sendo elas 2 *Handroanthus avellanadae*, a proporção da perda de resistência, deterioração e outras fragilidades do lenho variou de 1% para um ipe roxo a 8% para espécie *Handroanthus avellanadae*, 3 exemplares de *Michelia champaca* não tiveram perda de resistência.

As avaliações feitas por tomografias de impulso, auxiliam na análise de risco de queda de uma árvore, porém a tomada de decisão para a supressão de uma árvore não deve ser apenas baseada nos resultados obtidos a partir da tomografia, deve-se realizar observações e testes adicionais como análises por diagnose visual para poder avaliar o risco e estabelecer critérios para a conservação ou supressão de uma árvore (SACRAMENTO, 2013).

É importante ressaltar que devido as propriedades físicas e anatômicas da madeira, as imagens geradas pelas tomografias são apenas representações das condições mecânicas interna da árvore, sendo assim não devem ser usadas como única fonte de embasamento para tomada de decisão coerente sobre sua estabilidade mecânica, devendo usar um conjunto de outros dados coletados em análises visuais (GARUTTI, 2015).

A tomografia de tronco serve como uma excelente ferramenta de apoio para as análises de diagnose visual de risco de queda de árvores urbanas, uma árvore pode cair decorrente a n fatores internos e externos, onde os externos é possível identificar com a análise visual falha em diversas estruturas e partes da árvore e identificar o local que mais precisa de um manejo avançado tais como tomografia de tronco e raiz, dendrocirurgia e até mesmo a supressão do exemplar avaliado.

Para o presente estudo foi de grande valia a realização de tomografia sônica de tronco, com isso foi possível confirmar indivíduos com alto grau de risco de queda, devido ao estado externo realizado pelas análises visuais e estado interno através da tomografia, identificando a degradação ou qualidade do seu lenho.

5.2 Avaliação Ergonômica dos Métodos

A análise Ergonômica do Trabalho refere-se a NR17 a qual relata a Ergonomia, abrangendo estudos do local de trabalho buscando detectar os fatores de riscos ocupacionais capazes de fornecer informações para as soluções dos problemas ergonômicos para realização de atividades, com o intuito de se adequar a legislação.

Para avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, cabe ao empregador realizar a análise ergonômica do trabalho, devendo a mesma abordar, no mínimo, as condições de trabalho, conforme estabelecido na Norma Regulamentadora (NR-17, 1978).

A questão ergonômica para realização de uma atividade de trabalho é essencial para o bom desempenho da mesma, pois as condições físicas do operador e o meio ambiente de trabalho influenciam diretamente para a qualidade e tempo de execução da mesma.

Para realização das análises através da metodologia de SEITZ (2005), contou-se com a colaboração de 8 avaliadores, com faixa etária de idade entre 20 e 35 anos, os principais problemas apontados em relação ao desgaste físico ao realizar a análise de risco de queda de árvores urbanas por diagnose visual foram desconforto no pescoço ao realizar avaliações na copa, dores nas costas e dores nas vistas também foram desconfortos relatados ao avaliar a copa, os problemas mencionados ao avaliar toda árvore foram dores nas costas e dores nas pernas, para avaliação da base o problema citado foi dor ao agachar, os resultados podem ser observados na figura 29-A, seis questionários não foram respondidos.

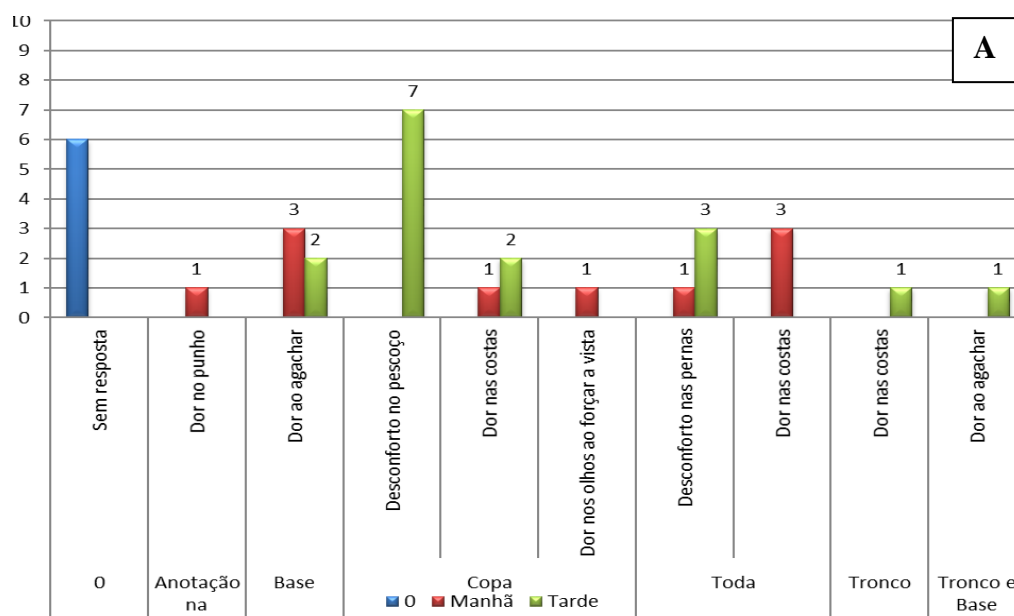
Para realização de uma atividade, o trabalhador pode apresentar restrições para execução, sendo características físicas, sexo, idade, qualificação, experiência, competência e estado emocional. A atividade também exige condicionante como exigência cognitiva, ferramentas e meio ambiente (CAMAROTTO et al, 0000).

A NBR-17 visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar

um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. As condições de trabalho incluem aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho, e à própria organização do trabalho.

Para realização das análises através da metodologia de ISA (2013), contou-se com a colaboração de 5 avaliadores, com faixa etária de idade entre 20 e 35 anos, conforme a figura 23 demonstra, os desgastes foram relatados desconfortos no período da manhã, isso ocorreu devido que as visitas em campo ocorrem na maior parte no período da manhã.

As avaliações na copa foram as que mais apresentaram relatos de desconforto, sendo eles desconforto no pescoço e dor nas costas, esse problema ocorre devido ao movimento de olhar para cima para observar a copa e abaixar para anotar na prancheta, os relatos foram feitos para o período da manhã e tarde, o desconforto no pescoço também foi citado para copa e base e copa e tronco, sendo causado pelo movimento repetitivo de olhar para cima e para baixo ao realizar as avaliações. Conforme demonstra a figura 29-B questionários não respondidos foram representados pela legenda 0.



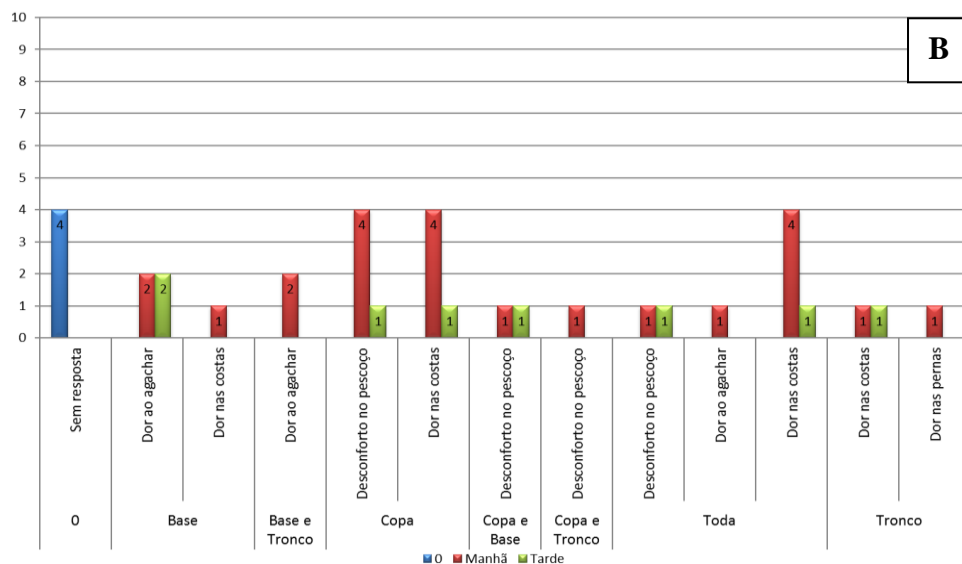


Figura29 - Desconforto Ergonômico nas Metodologias empregadas no presente estudo: Seitz (2005) e TRAQ-ISA (2013).
Fonte: Do Autor, 2018.

Atividade que exijam esforço físico, levantamento de peso, postura inadequada, controle rígido de produtividade, situação de estresse, trabalhos em período noturno, jornada de trabalho prolongada, monotonia e repetitividade, imposição de rotina intensa, são considerados riscos ergonômicos. Os riscos ergonômicos podem provocar distúrbios psicológicos e fisiológicos e gerando sérios danos à saúde do trabalhador porque produzem alterações no organismo e estado emocional, comprometendo sua produtividade, saúde e segurança (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998).

De acordo com Camarotto et. al (2000), no período de realização de qualquer atividade há ação de uma carga física executada pelos movimentos do corpo, sejam por esforços ou posições adotadas pelo corpo. Para realizar um trabalho a carga cognitiva se faz presente, pois o trabalhador tem de saber sobre aquele trabalho para tomada de decisões, outra carga presente é a carga psíquica, pois o trabalhador tem de entrar em uma determinada hora e sair em outra, tem uma meta a produzir, uma qualidade do produto. Sendo assim a carga de trabalho está presente em qualquer atividade.

A Norma regulamentadora, (1978) em seu item 17.6.3, relata que nas atividades que exijam sobrecarga muscular estática ou dinâmica do pescoço, ombros, dorso e membros superiores e inferiores, e a partir da análise ergonômica do trabalho, deve ser observado o seguinte: a) todo e qualquer sistema de avaliação de desempenho para efeito de remuneração e vantagens de qualquer espécie deve levar em consideração as repercussões sobre a saúde dos trabalhadores; b) devem ser incluídas pausas para descanso; c) quando do retorno do trabalho, após qualquer tipo de afastamento igual ou

superior a 15 (quinze) dias, a exigência de produção deverá permitir um retorno gradativo aos níveis de produção vigentes na época anterior ao afastamento.

Segundo o MINISTÉRIO DA SAÚDE, (1998), para evitar que estes riscos ergonômicos comprometam as atividades e a saúde do trabalhador, é indispensável a realização de ajuste entre as condições de trabalho e trabalhador sob os aspectos de praticidade, conforto físico e psíquico por meio de melhoria no processo de trabalho, aperfeiçoamento das condições no local de trabalho.

Em ambos os métodos o desconforto no pescoço foi o mais relatado entre os avaliadores, seguido de dor nas costas e dor ao agachar ao avaliar a base e raiz, para mitigar os desconfortos físicos causados pode-se realizar ginásticas laborais e alongamentos antes de iniciar os turnos de trabalho, períodos de descanso também colaboram para a melhoria do cansaço causado pelo desgaste físico. Sendo assim os dois métodos oferecem desgastes ergonômicos, com isso em quesitos ergonômicos o método de STEIZ (2005) foi o que menos apresentou relatos de desconforto considerando todas as partes das árvores analisadas por cada avaliador no período de coleta de dados em campo.

5.3 Avaliação econômica dos Métodos

Outro parâmetro avaliado para a determinação da metodologia mais viável para análise de risco de queda por diagnose visual foi à questão econômica, ou seja, os custos envolvidos para cada metodologia.

Para se obter os custos dos equipamentos foi realizada pesquisa em sites de revenda dos mesmos, a tabela 01 mostra o valor de cada equipamento utilizado e calculado a depreciação dos mesmos.

Tabela 1- Valores de aquisição e valores de depreciação dos equipamentos para Comparação de métodos de análises de risco de queda de árvores urbanas: eficiência econômica. Em Dois Vizinhos, Paraná.

Fonte: Do Autor (2018).

Equipamentos	Quantidade (Unid.)	Valor R\$	Total R\$	Valor de revenda	Vida útil (anos)	Depreciação Linear
Hipsômetro Vertex	2	9600,00	19200,00	7680,00	10	192,00
Inclinometro digital	1	1589,00	1589,00	1271,20	5	63,56
Bussola	1	125,00	125,00	100,00	5	5,00
Trena de 50 metros	3	138,00	414,00	110,40	5	5,52
Tomógrafo	1	127000,00	127000,00	101600,00	10	2.540,00
Computador	1	3.000,00	3000,00	2400,00	5	R\$ 120,00
Prancheta	17	5,00	85,00	4,00	3	R\$ 0,33
Caneta	17	2,00	34,00	1,60	1	R\$ 0,40
						R\$ 2926,81

Fonte: Do autor. (2018).

A depreciação não é um fato financeiro, porém é importantíssimo considerá-lo porque trata-se de um fato contábil, que representa a perda de valor do bem, que pode ocorrer por desgastes do equipamento. É importante embutir a depreciação ao preço de venda para que possam ser amortizados ao longo de sua vida comercial (MOURA, 2018).

Tabela 2 - Valores dos equipamentos, utilizados em cada método para Comparação de métodos de análises de risco de queda de árvores urbanas: eficiência econômica. Em Dois Vizinhos, Paraná.

Equipamentos	SEITZ	ISA	TOMOGRAFIA DE TRONCO
Hipsômetro Vertex	R\$ 19.200,00	R\$ 19.200,00	R\$ 9.600,00
Inclinometro digital	R\$ 1.589,00	R\$ 1.589,00	R\$ 1.589,00
Bussola	R\$ 125,00	R\$ 125,00	R\$ 125,00
Trena de 50 metros	R\$ 414,00	R\$ 414,00	R\$ 138,00
Tomógrafo	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 127.000,00
Computador	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
Prancheta	R\$ 40,00	R\$ 25,00	R\$ 20,00
Caneta	R\$ 16,00	R\$ 10,00	R\$ 8,00
TOTAL	R\$ 24.384,00	R\$ 24.363,00	R\$ 141.480,00

Fonte: Do Autor (2018).

A tabela 2 mostra os valores e quantidade dos equipamentos utilizados no presente estudo, os valores estão de acordo com os preços de mercados atualizados em 2018, nas 131 avaliações utilizando a metodologia de SEITZ (2005) e nas 131 avaliações utilizando a metodologia de ISA (2013) e nas 8 tomografias de impulso, foram utilizados o Hipsômetro Vertex para coleta de dados de altura, o inclinometro digital para aferir a inclinação de cada árvore avaliada, a bússola para determinar o norte e a trena para se

obter o DAP (diâmetro da altura do peito) e raio de copa, o raio de copa . O tomógrafo foi utilizado para realizar a tomografia de tronco em 8 exemplares, as mesmas foram determinadas através de cada metodologia utilizada.

Tabela 3 -Mão de obra para Comparação de métodos de análises de risco de queda de árvores urbanas: eficiência econômica. Em Dois Vizinhos, Paraná.

Metodologia	Colaboradores	Dias trabalhados	Mão-de- obra individual	Mão-de- obra total
SEITZ	8	12	2266,81	R\$ 18.134,50
ISA	5	15	2833,51	R\$ 14.167,58
TOMOGRAFIA DE TRONCO	4	5	944,50	R\$ 3.778,02

Fonte: Do Autor (2018).

A tabela 3 apresenta os valores gastos com mão-de-obra, para realizar os cálculos foi utilizado o valor médio do salário do Engenheiro Florestal de acordo com Central Florestal (2017). Para realizar a metodologia de SEITZ (2005), contou-se com a colaboração de 8 avaliadores, para realizar todo trabalho desde coleta de campo a tabulação dos dados foram necessários 12 dias sendo 4 dias de ida a campo, com isso os custos de mão de obra individual para metodologia de STEIZ (2005) foi de R\$ 2.266,82 e contando os 8 colaboradores foi um custo total de R\$ 18.134,50 conforme mostra a tabela 2.

Para executar as avaliações utilizando a metodologia de ISA (2013), cinco avaliadores colaboraram para a análise das 131 árvores avaliadas, foram 7 dias de ida a campo para coleta dos dados e para execução de campo e tabulação foram preciso 15 dias, os gastos de mão de obra conforme mostra a tabela 2 foi de R\$ 2.833,55de mão de obra individual e R\$ 14.167,58 de mão de obra total contabilizando os custos dos 5 colaboradores, os custos totais de mão de obra para as duas metodologias utilizadas foram de R\$ 32.302,07.

Para realizar as tomografias foram gastos 5 dias em campo e 4 avaliadores, os gastos cm mão de obra individual totalizaram em R\$ 944,50 e custos totais de mão de obra R\$ 3778,02 para tomografias de tronco.

Conforme os resultados obtidos com mão de obra, mesmo precisando de mais dias a campo devido a menor quantidade de colaboradores a metodologia de ISA (2013) foi a que apresentou menores custos de mão de obra.

Tabela 4 - Custos com deslocamento para Comparação de métodos de análises de risco de queda de árvores urbanas: eficiência econômica. Em Dois Vizinhos, Paraná.

Deslocamento	Distância	Dias em Campo	Combustível R\$	Outros gastos	Total
SEITZ	7,1	4	4,79	300	R\$ 436,04
ISA	7,1	7	4,79	300	R\$ 538,06
TOMOGRAFIA DE TRONCO	7,1	5	4,79	300	R\$ 470,05

Fonte: Do Autor (2018).

Para a análise econômica também se levou em consideração os custos relacionados ao deslocamento, os resultados obtidos consta na tabela 4, conforme podemos observar foram levados em conta os seguintes parâmetros distância até o local de coleta, quantidade de dias em campo o qual foi necessário deslocamento com veículo, o preço do combustível considerando a gasolina o combustível utilizado e outros gastos como manutenção de emergência para o veículo.

OS custos com deslocamento para realizar as avaliações de tomografia de tronco foram de R\$ 470,05, para realizar as análises visuais de risco de queda de árvores urbanas utilizando a metodologia de STEIZ (2005), foi de R\$ 436,04 os gastos com deslocamento, foram necessários quatro dias de campo e para ISA R\$ 538,06 os custos totais, nos cálculos foram considerados outros custos que representa gastos como quebra de peças do veículo, desgaste ou socorros emergências um exemplo guincho.

Tabela 5 - Custos totais e valores por laudo individual para Comparação de métodos de análises de risco de queda de árvores urbanas: eficiência econômica. Em Dois Vizinhos, Paraná.

Metodologia	Equipamentos R\$	Mão-de-obra total R\$	Deslocamento R\$	Custos totais R\$	Valor por Laudo R\$
SEITZ	24.384,00	18.134,50	436,04	42.954,53	327,90
ISA	24.363,00	14.167,58	538,06	39.068,64	298,23
TOMOGRAFIA DE TRONCO	141.480,00	3.778,02	470,05	145.728,07	6.624,00

Fonte: Do Autor (2018).

Para determinar a melhor metodologia em relação à questão econômica foram considerados os custos dos equipamentos, de mão de obra total para cada método utilizado e deslocamento para ambos. A tabela 4 mostra os valores totais de cada método e o somatório dos custos das duas metodologias sendo elas SEITZ (2005) e ISA (2013) e tomografia de tronco.

Os custos totais para o presente estudo foram de R\$ 227.751,24, considerados os custos dos equipamentos, de mão de obra total para cada método utilizado e deslocamento

dos três métodos utilizados. O método de SEITZ ficou em um total de R\$ 42.954,53, sendo superior ao valor do método de análise de risco de queda por diagnose visual comparado.

Na avaliação econômica conforme mostra a tabela 5 o método estabelecido pela Sociedade Internacional de Arboricultura foi o de menores custos, mesmo sendo necessários mais dias para realização do mesmo os custos para este método ficou em R\$ R\$ 39.068,64 para execução de todo o trabalho desde as idas em campo aos resultados obtidos, ficando R\$ R\$ 3.885,89 a menos que o método de STEIZ, com o valor da diferença entre os métodos é possível realizar quatro 13 análise de risco de queda por diagnose visual utilizado o método de ISA (2013).

Os valores por laudo individual conforme mostra a tabela 5 ficaram, nos seguintes valores, tomografia de tronco R\$ 6.624,00 por exemplar, o auto custo ocorre devido ao preço do equipamento, porem sua acurácia de qualidade do lenho tem alta precisão, para as análise de risco de queda de árvore urbanas por meio de diagnose visual o valor do laudo individual para o método de Steiz (2005) ficou em 327,90, o método de TRAQ-ISA ficou em R\$ 298,00 por exemplar, ou seja o método de TRAQ-ISA (2013), foi o melhor para se utilizar de acordo com a análise econômica, sendo o mais viável em relação aos custos envolvidos.

6 CONCLUSÕES

A definição de uma metodologia e protocolo técnico único para a realização de análises de risco de queda de árvores urbanas no Brasil é essencial para que se possa fazer o manejo preventivo das árvores, em especial nas ruas, evitando vários danos materiais e principalmente humanos com a queda destas, e que cada vez tem se tornado mais frequentes com os eventos extremos climáticos mais frequentes em nosso país, gerando problemas frequentes relacionados as árvores presentes nas calçadas e áreas públicas.

Com os resultados do presente estudo podemos concluir que a análise de risco de queda por diagnose visual utilizando o a metodologia estabelecida pela Sociedade Internacional de Arboricultura (ISA, 2013) foi o método que mais eficiente, levando em consideração para a avaliação, parâmetros tais como a qualidade do fuste, copa, raízes.

Ao comparar as eficiências técnica, econômica e ergonômica dos diferentes métodos de diagnose visual sendo eles SEITZ, 2006; ISA, 2013 na estimativa do risco de queda dos indivíduos arbóreos avaliados, no quesito eficiência técnica a metodologia de ; ISA, 2013 foi a que mais se destacou a mesma ofereceu os melhores resultados para a eficiência econômica, a avaliação ergonômica o método de SEITZ, 2006 foi o melhor, em virtudes dos resultados obtidos através deste estudo o método estabelecida pela Sociedade Internacional de Arboricultura (ISA, 2013) é o mais recomendado para a avaliação de risco de queda de árvores urbanas por meio de diagnose visual.

A utilização da tomografia de tronco sendo um método invasivo, ser como uma ferramenta de auxílio para análise de risco de queda de árvores urbanas por ser uma técnica mais avançada e de alto custos, muitas vezes é possível identificar os problemas do indivíduo arbóreo através da diagnose visual, a realização de somente tomografia não é indicada pois a mesma não analisa a qualidade externa do exemplar, sendo assim a mesma sempre deve ser acompanhada de uma análise de risco de queda por métodos não invasivos, utilizando a diagnose visual.

Atualmente o Brasil, não possui uma metodologia e procedimentos técnicos oficiais para avaliação do risco de queda e manejo preventivos para árvores urbanas, sendo empregadas várias metodologias e técnicas para a definição do risco que as árvores podem oferecer no meio urbano.

O que por sua vez torna-se difícil a emissão de laudos confiáveis e comparação de resultados para que se faça um manejo preventivo e eficaz às espécies empregadas na arborização urbana de nossas cidades.

Com os resultados do presente estudo é possível demonstrar aos órgãos públicos, a determinação de uma técnica eficiente a ser adotado em áreas urbanas. Visando a normatização de procedimentos para análise de risco de queda de árvores urbanas, ausentes em nosso país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO DA SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE. **Manual técnico de Arborização Urbana**. São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. 2015, p.124.

ARBORIZAÇÃO URBANA. Sibipruna (*Poincianella pluviosa*). Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/2b672d_ee7adf0ffb9.pdf> .Acessado em :13/11/2018.

BARTLETT'S TREE TOPICS. **Why trees fall**. 11, Agosto, 2015 Disponível em: <<http://blog.bartlett.com/2015/08/tree-advice/why-trees-fall>> Consultado em 31/03/2017.

BIOSFERA CONSULTORIA AMBIENTAL **Análise de risco de queda de arvores**. 01, abril de 2017. Disponível em: <<http://www.biosferamg.com.br/>> acessado em 05/04/2017.

BONAMETTI, J. H. **Arborização urbana**. Revista Terra e Cultura. Curitiba. V.9, n. 36, 2001. p. 62-73.

BORTOLETO, S; SILVA FILHO, D. F; LIMA, A. M L. P. Prioridades de Manejo para a Arborização Viária da Estância de Águas de São Pedro-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. V. 1, n. 1, 2006.73p.

BRASIL. **Decreto-lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 2001.

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**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 265p. 2009.

BRIAN, K AND FARRELL, R. Failure mode and prediction of the strength of branch attachments. **Arboriculture and Urban Forestry** v.34, n. 5, 2008, p. 308-316.

BRUN, F. G. K. **Avaliação Visual de Árvores de Risco**. Apostila. 2010. 22p.

CAMAROTTO, A. J; SOMONELLI, P. A; RODRIGUES, S. D. Brasília. Ergonomia e Trabalho. Apostila, Capítulo II, 53p. 2018.

CARNEIRO LEÃO, Sandra Maria. Sistemas de medição da produtividade: um estudo sobre as limitações dos modelos existentes na indústria da construção civil. João Pessoa: UFPB (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção). 2001.

1 CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v. 1, 1039 p.

CARVALHO, R. E. P. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília. Embrapa Florestas. V.3. 2008.593p.

CENTRAL FLORESTAL. **Salario médio Engenheiro Florestal**. Disponível em: <<http://www.centralflorestal.com.br/2018/01/precisamos-conversar-sobre-o-salario-do.html>>. Consultado em: 15/10/218.

COLETTO, P. E.; MÜLLER G. N.; WOLSKI, S. Diagnóstico Da Arborização Das Vias Públicas Do Município De Sete De Setembro. Piracicaba, **Revista Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. v.3, n.2, 2008, p.110-122.

COLOMBO, M.; BRUN, F. G. K.; DERENGOSKI, J. A.; ANDRADE, M. M.; FIGUEIRA, F. C.. Levantamento do patrimônio arbóreo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Dois Vizinhos. In I CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR – CAMPUS DOIS VIZINHOS. **Anais...** 2011, 7 p.

COPEL COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. mar. 2017. **Arborização Urbana**. Disponível em:< <http://www.copel.com/hpcopel> > acessado em 15/03/2017.

COSTA

DANTAS, I; C; SOUZA, C ;M; C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande-PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, 2004, p. 1-18.

DETZEL, V. A. A cidade os espaços abertos e a vegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1; ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4, 1992, Vitória. **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1992. p 39-52.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa: Rio de Janeiro, 2006, 306 p.

ESTADÃO. **Quase 1.5mil arvores caíram desde Janeiro em São Paulo**. São Paulo, mai. 2016. Disponível em : < <http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,quase-1-5-mil-arvores-cairam-desde-janeiro-em-sao-paulo,10000051933>> Consultado em : 26/03/2017.

EXAME. Dinheiro Nasce Em Avore Sim California Fez a Conta. São Paulo, jun. 2016 Disponível em: <http://exame.abril.com.br/economia/dinheiro-nasce-em-avore-sim-e-a-california-fez-a-conta/> >.Consultado em 26/03/2016.

FARRELL, R. Structural features related to tree crotch strength. MS Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, p. 11 2003.

FERRAMENTAS KENNEDY. **Inclino metro Digital**. Disponível em: <<https://www.ferramentaskennedy.com.br/102793/regua-de-inclinacao-digital-a-laser-gam-270-mfl-bosch>>.Consultado em: 15/10/218.

FORESTRY SUPPLIERS. **Hipesometro Vertex**. Disponível em: https://www.forestry-suppliers.com/product_pages/products.php?mi=27226&itemnum=9728&title=Hagl%C3%B6f%20Vertex%20Laser%20Geo%20Hypsometer%20Packages >. Consultado em: 15/10/2018.

GARUTTI, C. M. Simulação dos ventos e tomografia de impulso: sinergia na avaliação do risco de queda de árvores. **Dissertação de Mestrado Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz**. Piracicaba. 71p. 2015.

GILMAN, E. F. Branch-to-stem diameter ratio affects strength of attachment. **Journal of Arboriculture**. v.29, n.5, 2003, p.291-294.

GOOGLE IMAGENS. **Equipamentos para coleta os dados a campo**. Disponível em: <https://www.google.com.br>>. Consultado em 04/05/2017.

IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Paraná: Classificação climática**. 2010. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 08 de abril de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Ipê Amarelo (*tabebuia-chryso-tricha*)**. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/venda-de-mudas/137-ipe-amarelo-tabebuia-chryso-tricha.html> . Acessado em 13/11/2018.

INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. **Recognizing Tree Risk**. Disponível em: <<http://www.treesaregood.org/treecare/resources/TreeRisk.pdf>> Consultado em: 31/03/2017.

INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. **Recognizing Tree Risk**. Disponível em: <<http://www.treesaregood.org/treecare/resources/TreeRisk.pdf>> Consultado em: 31/03/2017.

JAMES, R. K.; DAHLE A. G.; GRABOSKY, J.; KANE, B.; ANDREAS D. **Tree Biomechanics Literature Review: Dynamics**. Arboriculture & Urban Forestry. Champaign. v 40. p.1–15. 2014.

JUSBRASIL. Lei orgânica do Município, mar. 2015. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/42600/lei-organica-do-municipio-competencias-municipais-e-os-efeitos-praticos-e-economicos>>. Acessado em 21/03/2017.

Leila, Ávila, Suzana. Et al. Biossegurança em Laboratórios de Saúde Pública. Brasília. Ministério da Saúde, 1998.

LEROY MERLIN. **Trena**. Disponível em: < https://www.leroymerlin.com.br/trena-longa-50m-graduacao-mm-pol-vonder_87256113>. Consultado em: 15/10/2018.

LILLY, S, AND SYDNOR, T. D. Comparison of branch failure during static loading of silver and norway maples. **Journal of Arboriculture**. v.21, 1995. p.302-305.

LOBODA, C. R.; ANGELIS, B. L. D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. Guarapuava. **Revista Ambiência**, v. 1, n. 1, p. 125-139, 2005.

LONSDALE. D. **Hazards from trees**. Edinburgh. Forestry commission General guide. 35p. 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed. Plantarum. 352 p. 1992.

LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003.368 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Vol. 1. 5 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

Barcellos A. Et. al. **Manual para Elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana**. Paraná. 17 p. 2012.

MATHENY N; CLARK J. **Tree risk assessment**. International Society of Arboriculture. Pleasanton, California. 2009. 6p.

MAZIOLI, B. C. **Inventário e Diagnóstico da Arborização Urbana de Dois Bairros da cidade de Cahoeiro do Itapemirim, ES**. 2012. 53 f. Trabalho de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Espírito Santos. Jerônimo Monteiro, 2013.

MELLO FILHO, L. E. Arborização urbana. In: Encontro Nacional sobre Arborização Urbana, 1., 1985, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1985. p.45-49.

MENDONÇA, M. A. A; FREITAS, F. A; SOUZA, J. M. Tecnologia da informação e produtividade na indústria brasileira. **RAE**, v. 49, n.1, 2009, p. 074-085.

NACARATTI, M. A. Os cenários de mudanças climáticas como novo condicionante para a gestão urbana: as perspectivas para a população da cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2008.

NEGREIROS

NICOLOTTI, G.; SOCCO, L. V.; MARTINIS, R.; GODIO, A.; SAMBUELLI, L. Application and comparison of three tomographic techniques for detection of decay in trees. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 29, n. 2, 2003. p. 66-78.

Oliveira e Lopes (2007)

PEREIRA, H. P.; TOPANOTTI, R. L.; DALLACORT, S.; MOTA, J. C; BRUN K. G. F.; SILVA L. T. R. Estudo de caso do risco de queda de árvores urbanas em via pública na cidade de Dois Vizinhos-PR. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 6, n. 1, 2011. 10 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GONSALO. **Plano Diretor**. São Gonsalo, 01, mar. 2017. Disponível em: <http://www.pmsg.rj.gov.br/urbanismo/plano_diretor.php> Consultado em 26/03/2017.

QUIGLEY, M. F. Street trees and rural conditions: will long-lived trees reach full size in urban conditions. **Urban Ecosystems**, Nova Iorque, v. 7, 2004. p. 29-39.

RANDRUP, T. B.; MCPHERSON, E. G.; COSTELLO, L. R. A review of tree root conflicts with sidewalks, curbs, and roads. **Urban Ecosystems**, v. 5, n. 3, 2001. p. 209-225.

REIS FILHO, N. G. **Contribuição ao estudo da evolução urbana no Brasil (1500/1720)**. São Paulo: EDUSP, 1968.

RESENDE, O. M. **Arborização Urbana**. 2011, 27 f., Monografia (Graduação em Geografia e Meio Ambiente), Universidade Presidente Antônio Carlos – UNIPAC. Barbacena, 2011.

Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”. Piracicaba, 2009.

ROLLO, F. M. A. **Identificação de padrões de resposta à tomografia de impulso em tipuanas (*Tipuana tipu* (Benth. O. Kuntze))**. 2009, 123 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”. Piracicaba, 2009.

SACRAMENTO, F. A. C. B. **Tomografia das árvores do Jardim Botânico da Universidade de Coimbra: avaliação do estado de conservação** 2013 69 f. (Mestrado em Biodiversidade e Biotecnologia Vegetal) - Departamento de ciências da vida. Faculdade de ciências e tecnologia Universidade de Coimbra. Coimbra, 2013.

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

SANCHOTENE, M.C.C. **Frutíferas Nativas úteis à fauna na arborização urbana**. Porto Alegre. Sagra 2.ed., 1989. 306p.

SARAIVA, G. A. J. **Aerodinâmica dos edifícios altos: características do escoamento e resposta à turbulência de formas prismáticas**. Tese de Doutorado. Lisboa. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 261p. 1983.

SEGAWA, H. **Ao amor do público: jardins no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel. 1996. 256 p.

SEITZ, R. A. **Manual: A Poda de Árvores Urbanas**. Piracicaba, 1996, 27p.

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.

SMILEY, E. T. Does included bark reduce the strength of codominant stems? **Journal of Arboriculture**, v.29, n. 2 2003, p.104-106.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA. **Importância da análise de risco de queda em árvores urbanas**. 01, mar. 2016. Disponível em: <<http://www.sbau.org.br>>. Acessado em: 15/03/2016

TECNAL. **Tomógrafo para árvores**. Disponível em :< <http://tecnal.com.br/pt/produtos> >. Consultado em 26/04/2017.

TERRA, G. C.; ANDRADE, R.; TRINDADE, J.; BENASSI, A. **Arborização Ensaio Historiográficos**. Rio de Janeiro. Maia Barbosa, 2004, 215p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Benefits of trees**. Disponível em :< <https://www.fs.fed.us/learn/trees> > Consultado em 26/03/2017.

WIKIAVES. **Magnólia amarela ((*Michelia champaca*))**. Disponível em :<<http://www.wikiaves.com/flora:magnolia-amarela> > Consultado em 04/05/2017.

WOJCIKIEWICZ, R. C. **Arborização Urbana**. Biturana. Ministério Público do Paraná. 2012. 52p.

XAVIER, G. E. Avaliação do crescimento inicial das espécies *handroanthus avellanadae* (*lorentz ex griseb.*) *mattos e handroanthus serratifolius* (*vahl.*) *s. grose* (bignoniaceae-lamiales) em diferentes dosagens de níquel. **Dissertação de Mestrado em ecologia e produção sustentável**. Goiania. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 80 p. 2014.

ANEXOS

Anexo I - Formulário de análise de risco de queda por análise visual, método de Seitz (2005).

AVALIAÇÃO DE RISCO DE ÁRVORES URBANAS

Espécie: _____ Situação (____)

Avaliador: _____

Rua: _____ N. _____ Bairro: _____

Coordenadas geográficas: _____

Altura total: _____ Dist. da fiação: _____ DAP: _____ Grau de Inclinação do tronco: _____

Horário de começo da avaliação: _____ Horário de finalização da avaliação: _____

Itens de avaliação	Grau de risco					
	0	1	2	3	4	5
Avaliação da copa						
Invasão de galhos acima da via ou pista	0	1	2	3	4	5
Galhos ou folhas grandes interferindo na rede	0	1	2	3	4	5
Galhos secos acima da rede	0	1	2	3	4	5
Ocos nos galhos	0	1	2	3	4	5
Galhos angulados	0	1	2	3	4	5
Galhos esguios (rabo de leão)	0	1	2	3	4	5
Galhos com cabos inclusos	0	1	2	3	4	5
Forquilha ou bifurcações	0	1	2	3	4	5
Lesões de casca nos galhos	0	1	2	3	4	5
Casca solta	0	1	2	3	4	5
Fungos	0	1	2	3	4	5
Insetos perfuradores	0	1	2	3	4	5
Ervas-de-passarinho	0	1	2	3	4	5
Folhagem rala	0	1	2	3	4	5
Poda de rebaixamento	0	1	2	3	4	5
Poda unilateral	0	1	2	3	4	5
Árvore se inclinando	0	1	2	3	4	5
Maior valor de risco da copa						
Avaliação do tronco						
Invasão da pista ou calçada	0	1	2	3	4	5
Inclinação	0	1	2	3	4	5
Danos de batidas e lesões de casca	0	1	2	3	4	5
Cavidades	0	1	2	3	4	5
Obturações, corpos estranhos no interior do tronco	0	1	2	3	4	5
Aspecto da casca	0	1	2	3	4	5
Forma do tronco	0	1	2	3	4	5
Orifícios de insetos	0	1	2	3	4	5
Fungos	0	1	2	3	4	5
Maior valor de risco do tronco						
Avaliação da base do tronco e do prato das raízes						
Brotação epicórmica	0	1	2	3	4	5
Lesões na base do tronco	0	1	2	3	4	5
Cavidades na base do tronco	0	1	2	3	4	5
Presença de ninhos e colméias de insetos na base do tronco	0	1	2	3	4	5
Fungos	0	1	2	3	4	5
Raízes adventícias	0	1	2	3	4	5
Elevação e fissuras do solo	0	1	2	3	4	5
Canteiro, espaço ou área livre	0	1	2	3	4	5
Neilóide	0	1	2	3	4	5
Tipo do solo (profundidade, qualidade e grau de umidade)	0	1	2	3	4	5
Poda de raízes	0	1	2	3	4	5
Restrição do meio fio	0	1	2	3	4	5
Maior valor de risco da base do tronco e do prato das raízes						

Avaliação dos alvos

Grupo risco 1

- Rua de bairros residenciais pouco movimentadas
- Parques amplos e áreas de pouca visitação
- Estais de fiação elétrica

Grupo risco 3

- Áreas de recreação (quadras de futebol, basquete e áreas de pique-nique, camping e churrasqueiras, etc)
- Estacionamentos em horário comercial
- Redes de baixa de tensão (220 V – Rede primária)

Grupo risco 5

- Play-grounds, escolas, calçadas em áreas comerciais
- Redes de média tensão (1.300 V – Rede secundária)

Pontuação do alvo: _____

Efeitos colaterais

- Rua movimentada
- Rua com linha de ônibus
- Rua residencial
- Rua sem casas

Índice de risco

Itens de avaliação	Grau de risco
Maior grau de risco da árvore	
Alvo atingido	
Efeitos colaterais	
Índice de risco	

Recomendação de manejo

- Poda de levantamento de copa Poda de limpeza Poda de segurança
- Supressão Outras opções: _____

Anexo II- Formulário de análise de risco de queda por análise visual, método de TRAQ-ISA (2013).

ISA FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE ÁRVORE BÁSICA

Avaliador _____ Data _____ Tempo de avaliação _____
 Árvore nº _____ Espécie _____ DAP _____ Altura _____ Diâmetro da copa _____

1.AVALIAÇÃO DO ALVO							
Número do Alvo	Descrição do alvo	ZONA DO ALVO			Taxa de ocupação	Alvo facilmente removível	Facilidade de restringir a área do alvo
		Alvo dentro da projeção da copa	Alvo na área de 1 x altura da árvore	Alvo na área de 1 x altura da árvore			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Taxa de ocupação: 1 – rara; 2 – ocasional; 3 – frequente; 4 – constante; Remoção e restrição do alvo: 1 – Sim; 2 – Não

2.Fatores Associados ao local

Histórico de falhas e acidentes _____ Topografia Plana Declividade
 % Aspecto _____ Alteração do sítio: Nenhuma Mudança de inclinação Retirada de floresta Alteração na hidrologia do solo
 Seccionamento de raízes Outros _____ Condições do solo: Volume reduzido para raízes
 Saturado Raso Compactado Calçada sobre as raízes % Outros _____
 Direção do vento _____ Clima predominante: Ventos fortes Gelo Neve Chuva intensas Outras _____

3.Estado sanitário da árvore e perfil da espécie

Vigor Baixo Normal Alto Folhagem Nenhuma (sazonal) Nenhuma (morta) Normal _____% Cloróticas _____% Mortas _____%
 Pragas _____ Fatores abióticos _____
 Perfil de falhas da espécie Galhos Tronco Raiz Outros _____

4.Fatores de carga sobre a árvore

Exposição a ventos: protegidas Parcialmente exposta Totalmente exposta Afunilamento de vento
 Tamanho relativo da copa: Pequeno Médio Grande Densidade de copa: Rala Normal Densa Galhos internos Pouco Normal Denso Trepadeiras/Erva de passarinhos/musgos:
 Alterações recentes de falha: _____

5. Defeitos da árvore e condições que afetam a probabilidade de falha

—Copa e Galhos—

Copa desequilibrada _____% Galhos/ramos mortos _____% Sobre o total diâmetro máximo de copa. Galhos compridos/estiolados
 Rachaduras _____ Dano por raio Galhos codominantes _____ Casca inclusa Ligações fracas _____ Cavidades/Buraco de ninhos _____%
 Falhas anteriores de galhos _____ Galhos em situações semelhantes de possíveis falhas presentes
 Histórico de podas: Poda de limpeza Desbrote Poda de Levantado poda de raleamento Destopo Poda drástica
 Outras: _____
 Lesões ou apodrecimento do alburno Casca morta ou caindo Cancro/galhas/tumores Madeira de reação Apodrecimento do cerne Principais problemas na copa e galhos: _____ Carga sobre o defeito: Nenhuma
 Pequena Média significativa Possibilidade de falha: Improvável Pouco provável Provável Iminente

