

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO INTERNACIONAL EM FLORESTA URBANA

MONOGRAFIA

FERRAMENTAS AUXILIARES NA PREDIÇÃO DE
RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES

FILIPI MAGRINI



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO INTERNACIONAL EM FLORESTA URBANA

**FERRAMENTAS AUXILIARES NA PREDIÇÃO DE
RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES**

Filipi Magrini

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação Internacional Lato Sensu em Floresta Urbana, para a obtenção do título de Especialista em Floresta Urbana.

Sob a Orientação do
Drº. Sérgio Brazolin

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M212f Magrini, Filipi, 1991-
Ferramentas auxiliares na predição de risco de
queda de árvores / Filipi Magrini. - Seropédica, 2025.
35 f.: il.

Orientador: Sérgio Brazolin.
Monografia(Especialização). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Pós-graduação Internacional
Lato Sensu em Floresta Urbana, 2025.

1. Avaliação de risco de árvores urbanas. 2.
Arborização urbana. 3. Análise integrada de árvores.
4. Visual Tree Assessment (VTA). I. Brazolin, Sérgio,
1964-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro. Pós-graduação Internacional Lato Sensu em
Floresta Urbana III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERNACIONAL EM FLORESTA URBANA (*Lato sensu*)

Termo de aprovação da defesa de Monografia de **Filipi Magrini**.

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Arborização Urbana, no Curso de Pós-Graduação em Arborização Urbana (*Lato sensu*) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

MONOGRAFIA APROVADA EM 16/10/2025

SERGIO
BRAZOLIN:093492
59842

Assinado de forma digital por
SERGIO BRAZOLIN:09349259842
Dados: 2025.10.16 15:01:35
-03'00'

Sérgio Brazolin
Presidente



Documento assinado digitalmente

JOAO VICENTE DE FIGUEIREDO LATORRACA
Data: 08/11/2025 21:43:10-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

João Vicente de Figueiredo Latorraca
Primeiro Examinador

Assinado por: **CAMILA STEPHANIE FERNANDES
LINHARES**

Num. de Identificação: 18044638
Data: 2025.10.20 11:30:08+01'00'

Camila Stephanie Fernandes Linhares
Segundo Examinador

OBSERVAÇÃO: Esta ata é documento administrativo de uso exclusivo da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e NÃO pode ser utilizada a título de comprovação de Grau pelo candidato, que deve seguir o trâmite institucional para emissão de Diploma, Histórico Escolar e demais declarações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Dr. Sérgio Brazolin, por me apresentar e disponibilizar o acesso ao *Arbio*®, uma ferramenta fantástica que merece maior atenção e investimento do nosso governo. Muita gratidão por toda a paciência e dedicação que teve comigo durante esses meses de reuniões online para fecharmos este documento. Foi fiel ao que define a palavra “Orientador”!

Preciso agradecer, e muito, ao meu orientador do mestrado, ex-patrão e grande amigo, Dr. Luís Miguel Martins, pois todo esse trabalho tem origem nos relatórios, dados, ensinamentos e práticas que tive com ele em Portugal, além de ser dele todo o equipamento utilizado nestas análises. Além disso, não posso deixar de agradecer mais uma vez por sua presença e palavras durante minha defesa deste trabalho e também na do mestrado, que foram sempre muito bem recebidas! Sem você, professor, este aluno aqui nem estaria trabalhando hoje com árvores urbanas. Obrigado!

Não posso deixar de agradecer à minha amiga Mestre (doutoranda) Camila Linhares, que, além de ser parceira durante as análises de muitas das árvores avaliadas neste trabalho, me deu muita força com a literatura e foi uma presença ilustre e muito importante na minha banca de defesa! Espero trabalhar muito contigo no futuro e, aliás, saiba que seu futuro é brilhante!

Agradeço à minha família pelo apoio dado durante o processo. Por fim, gostaria de agradecer aos demais professores e colegas da primeira turma do Curso de Pós-graduação Internacional Lato Sensu em Floresta Urbana, promovido pela UFRRJ e UTAD. A todos, "zukas e tugas", digo que foi muito prazeroso passar esses meses online com vocês e ter conhecido vários pessoalmente no Rio de Janeiro ou em Portugal! Espero que mantenhamos contato profissional e pessoal!

Gratidão a todos,
deste rasta,
mestre floresteiro,
e, agora,
especialista em arborização urbana!

RESUMO

MAGRINI, Filipi. **Ferramentas Auxiliares na Predição de Risco de Queda de Árvores**. 2025. 35 f. Monografia (Pós-Graduação Internacional em Florestas Urbanas) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Seropédica, RJ. 2025.

A necessidade de aprimorar a tomada de decisão no manejo arbóreo, reduzindo as incertezas da avaliação de risco de queda de árvores, justifica a integração de métodos qualitativos e quantitativos. O objetivo deste estudo foi analisar e comparar o método “*Visual Tree Assessment*” (*VTA*) com ferramentas quantitativas como a "Regra do 1/3", o "Índice de Esbeltez" e o modelo *Arbio*® de cálculo estrutural probabilístico. A metodologia envolveu a avaliação de dez exemplares de *Platanus x-hispanica* em Portugal, aplicando o *VTA* e realizando medições dendrométricas e análise de cavidades com penetrógrafo. Os resultados demonstraram que os dados objetivos dos instrumentos, em muitos casos, corroboraram a decisão de manutenção indicada pelo *VTA*, mesmo em árvores com cavidades. Contudo, a pesquisa evidencia a complementaridade essencial do *VTA*, que se mostrou decisivo ao identificar riscos críticos não mensuráveis pelas demais ferramentas, como defeitos estruturais em bifurcações, presença de fungos apodrecedores e declínio geral do indivíduo, fundamentando intervenções de supressão que seriam negligenciadas por uma análise puramente instrumental. Desta forma, conclui-se que as ferramentas quantitativas não substituem a análise *VTA*, mas a aprimoram, e que a combinação de ambas constitui a abordagem mais segura e fundamentada para a gestão da arborização urbana.

Palavras-chave: avaliação de risco de árvores urbanas; análise integrada de árvores; *Visual Tree Assessment* (*VTA*).

ABSTRACT

Magrini, F. (2025). *Ferramentas auxiliares na predição de risco de queda de árvores* [Auxiliary tools in tree fall risk prediction] [Unpublished specialization monograph]. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

The need to improve decision-making in arboricultural management, reducing uncertainties in tree fall risk assessment, justifies the integration of qualitative and quantitative methods. The objective of this study was to analyze and compare the Visual Tree Assessment (VTA) method with quantitative tools such as the "1/3 Rule," the "Slenderness Index," and the Arbio® probabilistic structural model. The methodology involved assessing ten specimens of *Platanus x-hispanica* in Portugal, applying VTA and conducting dendrometric measurements and cavity analysis using a penetrometer. The results demonstrated that objective data from the instruments, in many cases, corroborated the maintenance decision indicated by VTA, even in trees with cavities. However, the research highlights the essential complementarity of VTA, which proved decisive in identifying critical risks not measurable by the other tools—such as structural defects in bifurcations, the presence of decay fungi, and general decline—thereby justifying removal interventions that would have been overlooked by a purely instrumental analysis. It is concluded that quantitative tools do not replace VTA but rather enhance it, and that the combination of both constitutes the safest and most robust approach for urban forest management.

Key Word: urban tree risk assessment; integrated tree assessment; visual tree assessment

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO GERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	2
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 PROPRIEDADES BIOMECÂNICAS E CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE ÁRVORES ..	3
2.2 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES	4
2.2.1 <i>VTA (Visual Tree Assessment)</i>	4
2.2.2 Diagnóstico Instrumental – Quantificando o Dano Interno	4
2.2.3 Indicadores de Risco – Interpretando os Dados para a Análise de Estabilidade	6
2.2.4 <i>Arbio®</i> – modelo de cálculo estrutural.....	8
3. METODOLOGIA.....	9
3.1. DENDROMETRIA.....	9
3.2. MEDIÇÕES DAS CAVIDADES E A “REGRA DO 1/3”	9
3.3. DIAGNÓSTICO FITOSSANITÁRIO E DE RISCO	10
3.3.1. Fatores Abióticos	10
3.3.2. Sintomatologia em órgãos.....	11
3.3.3. Fatores bióticos (Agentes aceleradores)	12
3.3.4. “Índice de Esbeltez”	12
3.3.5. Probabilidade de Ruptura no tronco.....	12
3.3.6. Alvo Provável.....	14
3.3.7. Condição Geral.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5. CONCLUSÕES.....	18
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
REFERÊNCIAS	19
ANEXO A: FICHAS TÉCNICAS INDIVIDUAIS DAS ÁRVORES AVALIADAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

As árvores proporcionam uma dimensão singular às paisagens urbanas e são fundamentais para o bem-estar das comunidades nas cidades. Elas não apenas ajudam a controlar e mitigar os impactos negativos da urbanização, mas também melhoram a estética e o ambiente psicológico das áreas urbanas (BRAZOLIN, 2009). Por outro lado, as cidades, com seu dinamismo e intervenções humanas, podem gerar um ambiente hostil para as árvores. A realização periódica de avaliações fitossanitárias em árvores urbanas é fundamental para garantir a segurança da população, estruturas e bens materiais circundantes. Esse monitoramento permite conhecer o estado fitossanitário das árvores e avaliar os riscos que elas apresentam, bem como identificar as intervenções necessárias (MARTINS, 2017).

Embora o conceito de risco seja aplicado em diversos contextos, ele é formalmente compreendido como o produto entre perigo, vulnerabilidade e exposição. Geralmente o risco ambiental está relacionado a eventos imprevistos, que podem ocorrer tanto de forma natural quanto artificial. (WISNER *et al.*, 2004; DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2007). A avaliação de risco de queda de uma árvore não é apenas a constatação de um perigo, mas a análise integrada de sua probabilidade de ocorrência, do que está passível de ser atingido e da gravidade desse impacto. O perigo refere-se à fonte da ameaça, e é determinado pelo estado fitossanitário (idade, defeitos estruturais) e por fatores externos (ventos, chuvas e estabilidade do solo). A vulnerabilidade representa o grau de dano potencial aos alvos atingidos (presença e frequência de pessoas, carros, infraestruturas), dependendo da eficácia da manutenção preventiva. Já a exposição, ou dano, corresponde à quantidade e valor dos elementos que podem ser atingidos na área de queda potencial, conforme estabelecido pela ABNT NBR 16246-3 (2019).

As árvores, ao envelhecerem, crescem em altura e área de copa, o que pode aumentar o risco. Esses riscos estão associados à perigos que podem ser resultantes de causas naturais, como o declínio da árvore em idade avançada, a ação de agentes bióticos (fungos e insetos), os eventos climáticos severos (ventos fortes, raios, geadas e secas intensas) ou as fraturas causadas por choques mecânicos. Portanto, é crucial que existam métodos rigorosos e reconhecidos, tanto pela academia quanto por entidades competentes, de avaliação fitossanitária, de risco de queda de árvores ou para corrigir intervenções inadequadas. (MAGRINI, 2022).

No âmbito biológico, o crescimento, desenvolvimento e função do sistema radicular, tronco e copa das árvores são explicados pelas leis da física e da engenharia (biomecânica). Estas leis permitem uma melhor compreensão das relações entre forma e função das partes arbóreas. Para superar as limitações ambientais, as árvores devem apresentar fatores de segurança mecânica confiáveis em suas diversas partes. Esses fatores ajustam-se durante o crescimento, mas diminuem com a idade e o aumento das dimensões da árvore, quanto maior a massa, maior a susceptibilidade à falha mecânica diante defeitos estruturais ou causados por agentes externos (BRAZOLIN, 2009; NIKLAS, 1992).

O método *Visual Tree Assessment* (VTA) considera que, ao crescer, a árvore mantém uma distribuição uniforme de tensão em sua estrutura. Caso essa uniformidade seja comprometida por algum defeito, a planta tenta compensar e restaurar seu equilíbrio. Esse processo de ajuste pode estar relacionado a múltiplos fatores estressores – desde condições ambientais adversas até ataques de agentes bióticos – que enfraquecem gradualmente a árvore, tornando-a mais suscetível a danos estruturais. Portanto, se a árvore apresenta uma estrutura visivelmente desequilibrada e, quando há sinais de desajuste ou defeitos estruturais, identifica-se quais órgãos estão comprometidos antes que o ciclo de deterioração se intensifique. (MATTHECK; BRELOER, 1993; MARTINS, 2017; MARTINS *et al.*, 2021a).

Por ser um método visual, a decisão final depende muito da experiência do profissional que está aplicando o método, portanto existem outras ferramentas quantitativas e métodos que levam em consideração valores empíricos e de modelagem matemática que auxiliam nesta tomada de decisão, como a “Regra do 1/3”, o “Índice de Esbeltez” e modelos de cálculos estruturais.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficácia de métodos quantitativos para análise de falha relacionada a queda de árvores para diminuição das incertezas na tomada de decisão sobre o manejo adequado.

1.2 Objetivos Específicos:

1. Realizar análise externa de árvores com o método Visual Tree Assessment;
2. Utilizar parâmetros quantitativos na análise de árvores, como a “Regra do 1/3” e “Índice de esbeltez”;
3. Aplicar modelo Arbio® de cálculo estrutural probabilístico para inferência da probabilidade de ruptura da árvore pela ação do vento;
4. Comparar resultados de análise visual externa das árvores com estas ferramentas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Propriedades Biomecânicas e Características Biológicas de Árvores

A estabilidade e a sobrevivência das árvores resultam de uma complexa interação entre herança genética, seu material constituinte (o lenho), sua arquitetura tridimensional, as condições ambientais e as forças externas às quais são constantemente submetidas. Longe de serem estruturas estáticas, as árvores são organismos dinâmicos que ajustam continuamente sua forma e fisiologia para garantir a sobrevivência e a eficiência reprodutiva.

A evolução das plantas terrestres é, em grande parte, uma história de adaptação para solucionar problemas mecânicos impostos pela gravidade e pelo vento. A anatomia da madeira, por exemplo, desempenha um papel crucial na determinação da resistência mecânica de uma árvore com o mínimo de investimento energético. A rigidez e a flexibilidade do lenho são definidas por sua composição microestrutural, principalmente pela orientação e proporção das fibras de celulose, hemicelulose e lignina. A lignina, em particular, confere resistência à compressão, enquanto as fibras de celulose oferecem resistência à tração. Essa combinação permite que o tronco e os galhos flexionem ou permaneçam rígidos sob a ação do vento sem fraturar (NIKLAS, 1992).

Com base nessas propriedades intrínsecas, o desenvolvimento de uma árvore é uma resposta direta tanto a fatores biológicos quanto a estímulos mecânicos. Desde a germinação, a planta otimiza sua estrutura para suportar o próprio peso e maximizar a captura de luz solar, equilibrando estabilidade mecânica e eficiência metabólica (GONÇALVES; LINHARES; YOJO, 2020). As árvores estão sujeitas a uma combinação de cargas estáticas (peso próprio) e dinâmicas (vento, neve, chuva). Esses fenômenos induzem respostas adaptativas conhecidas como tigmomorfogênese, onde o estímulo mecânico resulta em um crescimento mais robusto e em madeira com densidade e resistência adequadas, reforçando seletivamente as áreas de maior estresse (TELEWSKI, 2006; GARDINER; BERRY; MOULIA, 2016).

Essa capacidade de otimização da forma não é aleatória. Conforme postula o "*Axioma da Tensão Uniforme*", as árvores crescem de modo a distribuir as tensões mecânicas de maneira uniforme por sua superfície. A geometria estrutural — incluindo altura, diâmetro, conicidade do fuste e arquitetura da copa — define como as cargas são distribuídas por toda a estrutura. Onde há um ponto de concentração de estresse, como na base de um galho ou ao redor de uma ferida, a árvore adiciona mais material (lenho de reação) para reforçar a área. Este princípio explica, por exemplo, a formação de calos de cicatrização e o formato afunilado da base dos troncos aos galhos (MATTHECK; KUBLER, 1995).

A resposta mecânica da árvore, no entanto, não termina no tronco. A transmissão e dissipação das cargas para o solo são realizadas pelo sistema radicular, cuja morfologia é fundamental para a ancoragem. A arquitetura das raízes é uma resposta direta às solicitações mecânicas, como a ação do vento, e é influenciada por quatro fatores: a morfologia do próprio sistema radicular; a morfologia do tronco e da copa; as condições do solo e do clima; e a magnitude e duração das cargas de vento (REUBENS *et al.*, 2009). A estratégia de ancoragem varia com o ambiente: em solos rasos, a estabilidade é alcançada por raízes superficiais extensas, enquanto em solos profundos, raízes pivotantes garantem uma ancoragem mais robusta.

Finalmente, a integridade estrutural é diretamente influenciada por fatores biológicos e ambientais. A disponibilidade hídrica, a competição por luz, a qualidade do solo e, crucialmente, a incidência de pragas e doenças são determinantes. A presença de patógenos, como fungos decompositores, pode comprometer drasticamente a estabilidade. Como detalhado por Brazolin (2009), esses organismos degradam a lignina e a celulose, criando

cavidades que reduzem a densidade e a resistência mecânica do lenho. Essa deterioração, especialmente na região do colo — ponto crítico de transferência de cargas para as raízes —, diminui a capacidade da árvore de resistir a forças externas e pode levar a falhas catastróficas mesmo sob cargas moderadas (LONSDALE, 1999).

2.2 Ferramentas de Avaliação de Risco de Queda de Árvores

A gestão de árvores urbanas exige ferramentas precisas para garantir a segurança pública e a preservação do patrimônio arbóreo. A avaliação de risco de queda de árvores é um processo complexo que evoluiu de uma análise puramente visual para uma abordagem integrada, combinando a interpretação de sinais biológicos com tecnologias de diagnóstico avançadas para a interpretação do risco.

2.2.1 VTA (*Visual Tree Assessment*)

O ponto de partida para qualquer análise de risco é a inspeção visual qualificada. O método *VTA* (*Visual Tree Assessment*) é uma técnica de exame fundamentada na biomecânica, que interpreta a "linguagem corporal" da árvore. Este método baseia-se na observação de critérios mecânicos e fisiológicos, como a arquitetura da copa, a densidade foliar, a condição da casca, a presença de ramos secos e a frutificação de fungos xilófagos (MATTHECK; BRELOER, 1993). O princípio científico que sustenta o *VTA* é o "*Axioma da Tensão Uniforme*" (MATTHECK; KUBLER, 1995).

O crescimento de uma árvore é uma resposta direta ao seu ambiente. Para manter o equilíbrio de tensões, a árvore deposita madeira adicional em áreas sobrecarregadas ou enfraquecidas. Assim, anomalias de crescimento como protuberâncias, contrafortes excessivos, madeira de reação ou inclinações acentuadas podem ser indicadores externos de defeitos internos, como cavidades, rachaduras ou madeira em decomposição (ALLISON *et al.*, 2020).

A avaliação visual, portanto, foca na busca por esses "sintomas" de compensação mecânica. A presença de feridas abertas, cavidades, cancrios, ou mesmo a inclinação geral da árvore, são sinais de alerta que indicam potenciais pontos de fragilidade. No entanto, o *VTA* é apenas o primeiro passo. Embora eficaz para identificar a *probabilidade* de um defeito, a avaliação visual é limitada pela sua incapacidade de quantificar a extensão do dano interno. A análise depende significativamente da experiência do avaliador e do conhecimento das condições locais, como a estrutura do solo e a saúde do sistema radicular, que nem sempre são visíveis (MARTINS, 2017). Essa limitação cria a necessidade de avançar para métodos de diagnóstico instrumental.

2.2.2 Diagnóstico instrumental – Quantificando o dano interno

Quando a inspeção visual indica a possibilidade de um defeito estrutural interno, recorre-se a ensaios não destrutivos (*NDT*) ou semi-invasivos para quantificar a madeira remanescente sadia e tomar decisões mais informadas. São as ferramentas de diagnóstico que permitem calcular o balanço de forças e a segurança estrutural, que dependem diretamente da espessura da parede de madeira saudável no ponto de potencial fratura. (MATTHECK; BRELOER, 1993).

Entre as tecnologias mais estabelecidas, a tomografia acústica (Figura 1) é uma técnica não destrutiva que gera um mapa da seção transversal do tronco. O princípio baseia-se na medição da velocidade de propagação de ondas sonoras entre múltiplos sensores posicionados ao redor do fuste. As ondas contornam áreas de menor densidade, como cavidades ou madeira degradada, resultando em um maior tempo de propagação. Um software então associa

diferentes velocidades a uma escala de cores, gerando um "tomograma" que revela a localização e a extensão de anomalias internas (LINHARES *et al.*, 2021). A velocidade das ondas é sensível tanto à densidade quanto às constantes elásticas da madeira, tornando o método eficaz para caracterizar defeitos (OSTROVSKÝ; KOBZA; GAŽO, 2017).

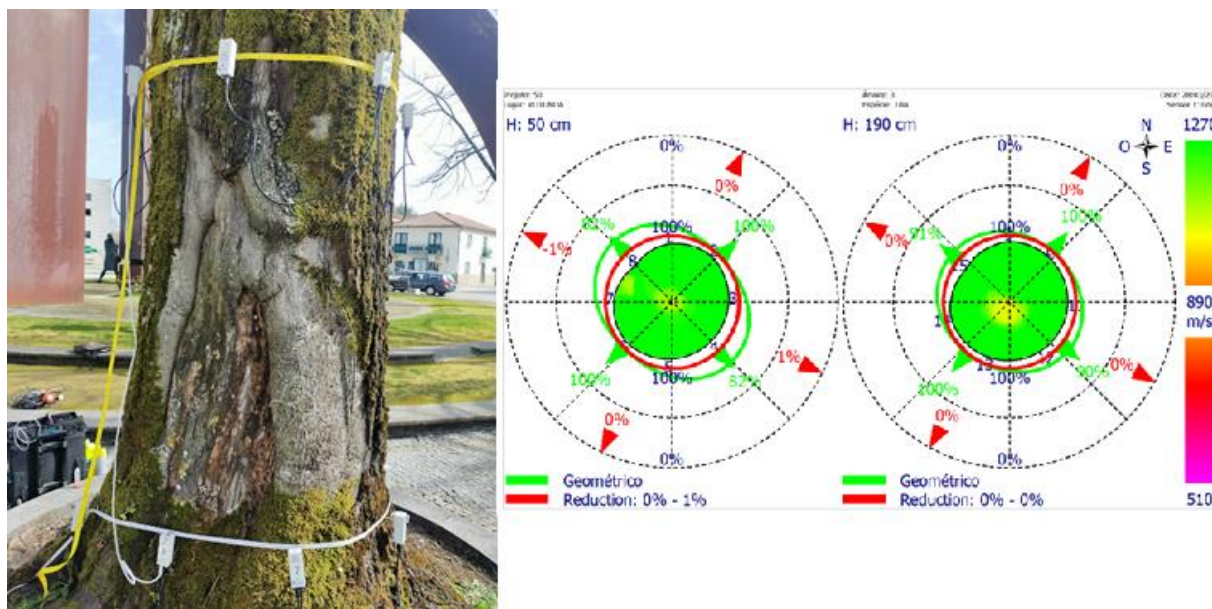


Figura 1 Exemplo de Utilização de Tomografia Acústica e gráficos gerados pela avaliação.

Fonte: MARTINS; MAGRINI; AMARAL (2023, p.22-23)

Complementarmente, a penetrografia é um método semi-invasivo que oferece uma análise linear da resistência da madeira. Desenvolvido por Rinn (1994), o equipamento (penetrógrafo) utiliza uma microbroca longa e fina que penetra no tronco a uma velocidade constante. O aparelho mede a resistência à perfuração, que está diretamente correlacionada com a densidade do lenho. O resultado é um gráfico que exibe picos em madeira sã e densa, e vales abruptos ao atravessar zonas de madeira em decomposição, cavidades ou fissuras (Figura 2). Este método é particularmente eficaz para medir com precisão a espessura da parede residual de madeira sã, fornecendo um dado quantitativo crucial para os modelos de estabilidade (ALLISON *et al.*, 2020; DOS REIS *et al.*, 2025).

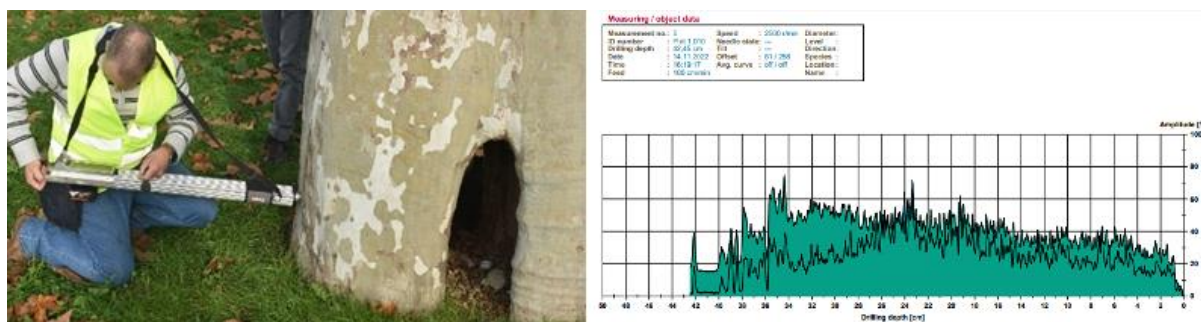


Figura 2 Avaliação com penetrógrafo e gráfico gerado pela operação.

Fonte: MARTINS; MAGRINI (2022, p.24-25)

2.2.3 Indicadores de risco – Interpretando os dados para a análise de estabilidade

Após a coleta de dados visuais e instrumentais, é necessário interpretar essas informações através de modelos e indicadores biomecânicos para estimar a estabilidade estrutural. Embora existam modelos de engenharia complexos (estáticos e dinâmicos), os avaliadores frequentemente utilizam regras simplificadas e índices morfométricos como primeira aproximação.

Um dos indicadores mais importantes é o “Índice de Esbeltez”, definido pela razão entre a altura total da árvore e o diâmetro do tronco à altura do peito (DAP). Este parâmetro avalia a estabilidade da árvore como uma coluna, especialmente sua susceptibilidade à flambagem ou quebra sob a ação do vento (DURLO; DENARDI, 1998). Árvores com um elevado grau de esbeltez são consideradas mais vulneráveis, pois uma pequena inclinação ou força lateral pode gerar um momento fletor crítico na base.

Outro critério fundamental e amplamente difundido para a avaliação estrutural de troncos com cavidades é a "Regra de 1/3", formalizado por Mattheck e Breloer (1993) a partir da razão t/R , onde ' t ' representa a espessura da parede de madeira sã remanescente no seu ponto mais fino e ' R ' é a distância do centro da cavidade até o ponto mais próximo na superfície da árvore. É crucial notar que a definição de ' R ' se adapta à geometria do defeito, o que é essencial para avaliar cavidades assimétricas (excêntricas). Conforme detalhado na Figura 3.

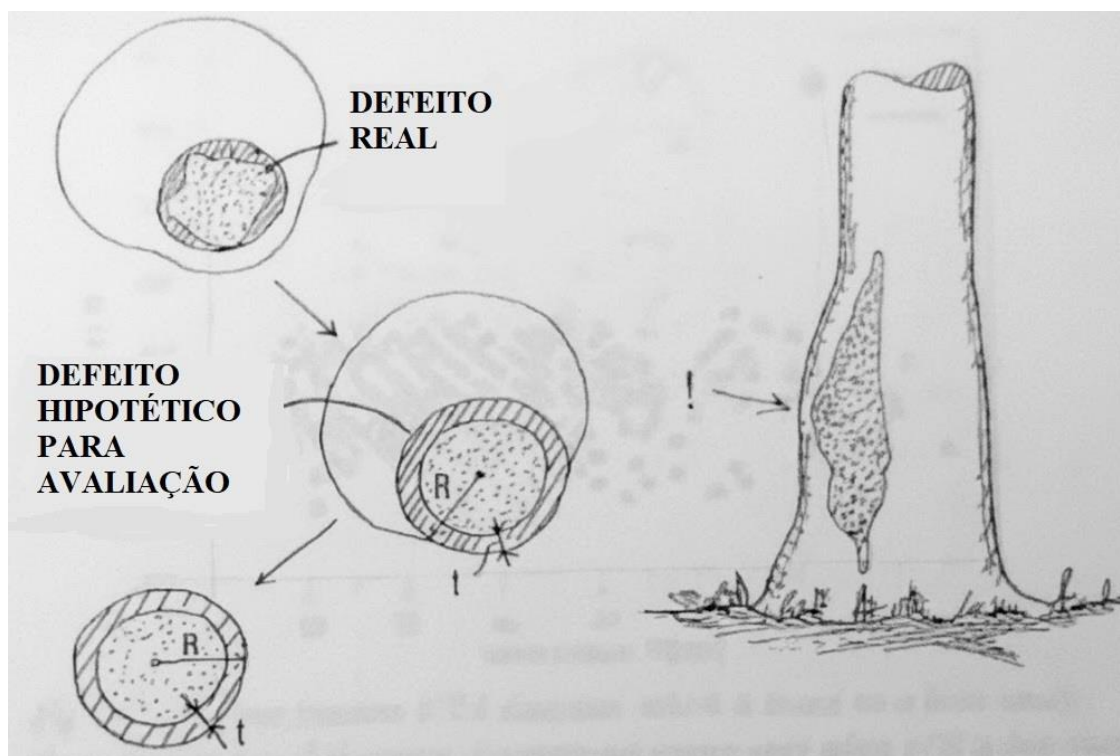


Figura 3 Representação da razão t/R . A parte mais fina da parede residual geralmente se encontra no ponto de maior manifestação dos sintomas.

Fonte: Adaptação de MATTHECK; BRELOER (1993, p.185)

A teoria biomecânica que sustenta a regra postula que, conforme demonstrado na Figura 4, para um cilindro oco sob compressão, a perda de resistência se torna crítica quando a razão t/R é inferior a 0,3. Abaixo desse limiar, a estrutura perde sua capacidade de manter a forma circular sob carga e torna-se altamente vulnerável a falhas por ovalamento e subsequente fratura (MATTHECK; BRELOER, 1993). Dessa forma, se a medição com um equipamento de

diagnóstico, como um penetrógrafo, indicar, por exemplo, que a cavidade e a madeira degradada ocupam mais de 70% do raio do tronco, a estabilidade estrutural é considerada criticamente comprometida, elevando significativamente o risco de falha.

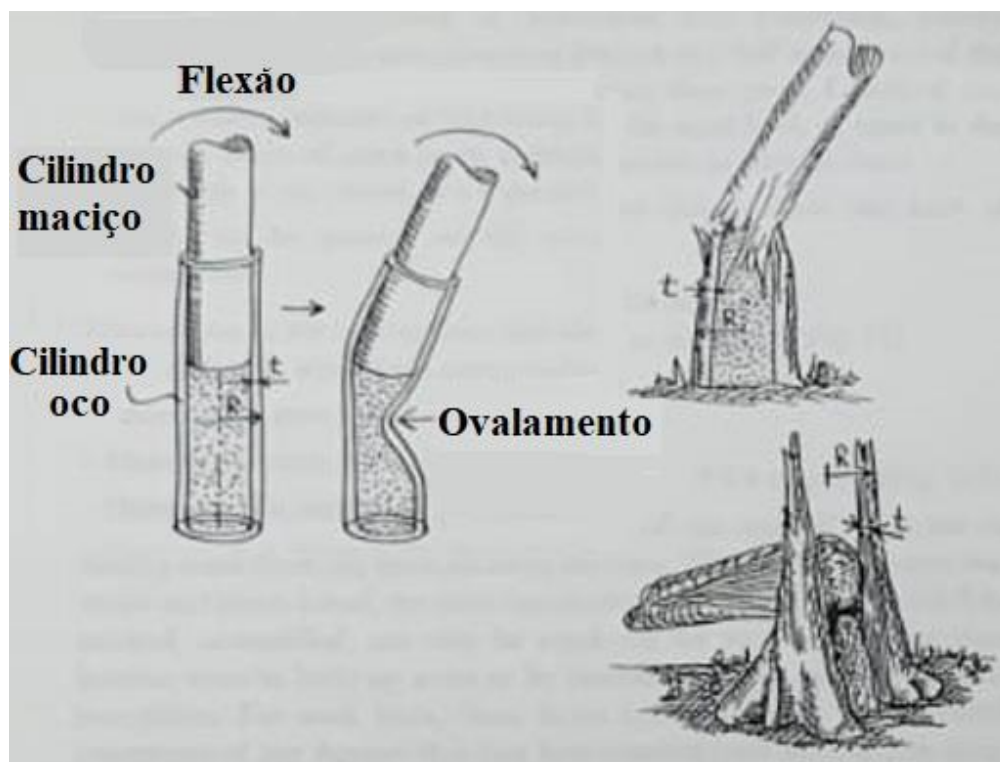


Figura 4 Representação visual da falha por ovalamento segundo a “Regra do 1/3”.

Fonte: Adaptação de MATTHECK; BRELOER (1993, p.186)

No entanto, a aplicação estrita da "Regra de 1/3" possui limitações importantes. O ponto fraco do critério puramente geométrico é que ele trata a madeira deteriorada simplesmente como "ausente", ignorando a qualidade e as propriedades mecânicas do lenho remanescente. Diferentes tipos de fungos de podridão afetam a madeira de maneiras distintas. Por exemplo, a podridão branca degrada primariamente a lignina, que confere rigidez à parede celular, enquanto a podridão mole e a podridão parda decompõem seletivamente a celulose, responsável pela resistência à tração. Essa diferenciação é crucial, pois a natureza da degradação fúngica determina o tipo de perda de resistência, um fator que a razão t/R não contempla. A qualidade da madeira sã remanescente é, portanto, tão importante quanto a sua quantidade (SMILEY; FRAEDRICH, 1992).

É fundamental ressaltar que esses indicadores são ferramentas de triagem e não devem ser aplicados de forma isolada. A aplicabilidade e os limiares críticos da “Regra de 1/3” e do “Índice de Esbeltez” podem variar conforme a espécie, a qualidade da madeira, a arquitetura da copa e as condições de exposição ao vento. A avaliação de risco, portanto, deve ser sempre uma síntese abrangente que integra a inspeção visual, os dados instrumentais e a aplicação criteriosa dos modelos biomecânicos.

2.2.4 *Arbio*® – Modelo de cálculo estrutural

O aplicativo *Arbio* é um sistema de gestão da arborização urbana inovador e destinado à avaliação arbórea. Ele abrange uma gama ampla de aspectos necessários para um monitoramento preciso e eficiente, incluindo a identificação de família, gênero, espécie, nome popular, nome científico e origem das árvores. Além disso, o modelo do *software* considera a vitalidade das árvores (vigorosa, em declínio ou morta), o entorno (tipo de via e imóvel, recuo, calçada, canteiro e interferências), e a rede elétrica presente (subterrânea ou aérea). A dendrometria também é analisada, abrangendo altura, diâmetro, inclinação, formato e área da copa. Aspectos fitossanitários (presença de fungos, cupins, brocas, formigas e outras pragas) e radiculares (levantamento de calçadas, movimentos no solo e ferimentos na raiz) são detalhadamente observados, junto com a análise do fuste e da copa para identificar possíveis deteriorações e pragas. A ação antrópica, análise interna com tomografia e penetrografias, e o risco associado à circulação de pessoas e bens materiais são igualmente considerados. Um diferencial do *software* é a existência de um modelo de cálculo estrutural, como ferramenta para simulação da resistência da árvore à ação do vento, considerando sua ruptura no tronco. Nesta ferramenta é possível se verificar como a poda de galhos, ou diminuição da área vélica, afeta a resistência ou segurança estrutural do tronco, além de simulação de processos de biodeterioração no seu interior. O *software* ainda entrega simulações gráficas, resumos de relatórios de risco, e recomendações abrangentes para manejo das árvores adultas e de mudas. Dessa forma, o aplicativo *Arbio* representa um avanço significativo no monitoramento e conservação das áreas verdes urbanas.

3 METODOLOGIA

Foram selecionadas 10 árvores da espécie *Platanus x-hispanica* (plátano) em locais distintos de Portugal que foram avaliadas pela metodologia *VTa*. Para cada árvore analisada, foi elaborada uma ficha técnica individual (ANEXO A), contendo informações sobre localização, parâmetros dendrométricos, fatores abióticos, sintomas e sinais fitossanitários, avaliação do risco e quais recomendações e observações adicionais foram realizadas na data da avaliação.

3.1. Dendrometria

A análise dendrométrica foi realizada utilizando hipsômetros eletrônicos de alta precisão (0,1 m), como os modelos *Vertex Haglof* e *Laser Tech TP 200 LTB*, além de fita de diâmetros e suta de braços. No campo, foram mensurados diversos parâmetros biométricos (Figura 5), incluindo o Diâmetro à Altura do Peito (DAP), o Diâmetro do Colo (DC), a altura total da árvore (A), a altura da primeira ramificação na base da copa (1ªB), a largura média entre as projeções norte-sul e leste-oeste da copa (LC), e o valor aproximado do ângulo do fuste em árvores inclinadas.

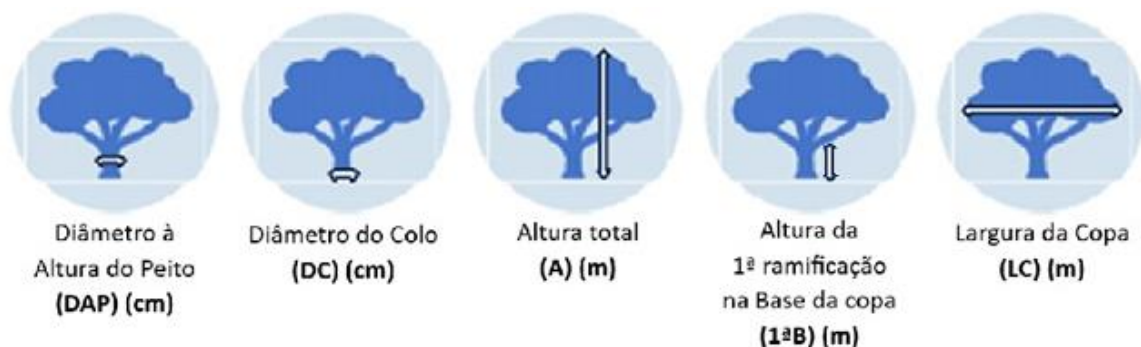


Figura 5 Principais parâmetros biométricos dendrométricos considerados no inventário

Fonte: do autor

3.2. Medições das Cavidades e a “Regra do 1/3”

Dimensionaram-se as lesões visíveis nas árvores com as medições nos três eixos cartesianos: tangencial (XL), axial (YL) e radial (ZL) (Figura 6).

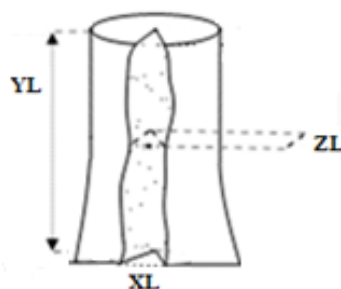


Figura 6 Representação do dimensionamento das lesões.

Fonte: Adaptado de MAGRINI (2022, p. 32)

Diversos equipamentos auxiliares foram utilizados nesse diagnóstico, incluindo:

- Martelo de borracha, que permite avaliar a existência e extensão da cavidade pela diferença sonora ao bater no tronco;
- Haste de metal graduada, utilizada para mensurar a profundidade das cavidades visíveis;
- *IML PowerDrill®*, um equipamento de penetrografia que avalia a resistência do lenho à perfuração, permitindo detectar podridões, variações na densidade da madeira e fraturas internas (Rinn, 1994). Neste estudo, utilizou-se o *IML Resi F400-S®*, capaz de gerar gráficos que documentam as variações na resistência interna do lenho de forma não destrutiva.

Com as medições de campo foi possível calcular as dimensões do lenho que estará sujeito ao acúmulo de tensões, chamado Parede Residual (PR). Em tese, quanto maior quantidade de PR presente no colo, maior seria a resistência física e mecânica do indivíduo.

Para prospecção da área afetada é utilizada a “Regra do 1/3” que determina que árvores necessitam de uma parede residual com tamanho igual ou superior ao segundo terço da espessura do raio na zona de tração e compressão máximas para terem resistência mecânica suficiente e não sofrerem flambagem ou quebras devido à ruptura do lenho, conforme a Figura 7.

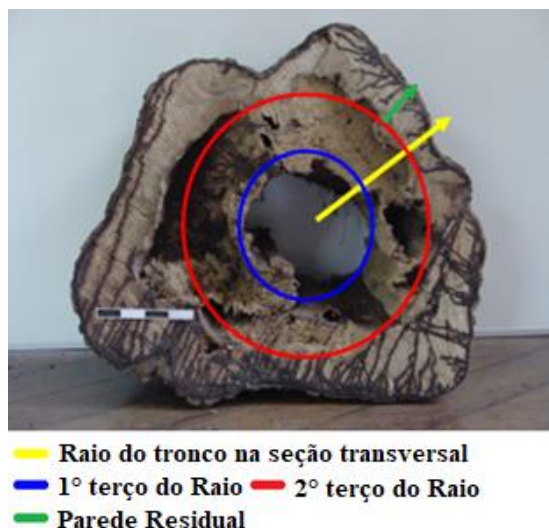


Figura 7 Representação dos limites esperados na “Regra do 1/3”.

Fonte: Adaptado de imagem cedida pelo orientador.

Quando a árvore apresentou abertura da cavidade (XL) inferior a 120° (1/3 do perímetro da árvore na altura da lesão) foi utilizada a “Regra do 1/3” (MATTHECK; BRELOER, 1993).

3.3. Diagnóstico Fitossanitário e de Risco

3.3.1. Fatores abióticos

Os fatores ambientais que influenciam o estado fitossanitário das árvores incluem a caracterização do local, a cobertura do solo na área de projeção da copa, a impermeabilidade e qualidade do solo, a presença de obstáculos próximos à copa e a permeabilidade do terreno na zona de crescimento da árvore.

A disponibilidade do solo foi determinada por meio da avaliação da cor, textura e vegetação presente, além da quantidade de solo acessível, considerando fatores como a

inadequação ou dimensão irregular do berço de plantio, o talude, ou a distância de muros e demais obstáculos que possam limitar o crescimento radicular.

Também foram identificados fatores abióticos de predisposição e indução que possam aumentar o risco de deterioração da árvore. Embora a idade não seja, por si só, um fator predisponente, árvores mais antigas tendem a apresentar sinais de declínio, tornando-se naturalmente mais vulneráveis a condições adversas (Tabela 1).

Tabela 1 Fatores de Predisposição e Indução levados em consideração no método *VTA* e *Arbio*®.

FATORES ABIÓTICOS (Atributos)	SINAIS (Variáveis)
PREDISPOSIÇÃO	Falta de luz; idade; solo compactado; solo impermeabilizado; berço de plantio deficiente; feridas por carro ou roçadeiras; corte de raízes
INDUÇÃO	Podas inadequadas; podas drásticas

Fonte: Adaptado de MAGRINI (2022)

3.3.2. Sintomatologia em órgãos

Foram identificados os principais sintomas que influenciam a condição fitossanitária das árvores, podendo ter origem abiótica, biótica, antrópicos ou serem inerentes às características da espécie analisada (Tabela 2).

Tabela 2 Sintomas observados em órgãos no método *VTA* e *Arbio*®.

ÓRGÃO (Atributos)	SINTOMAS (Variáveis)
RAIZ/COLO	Cancros; cavidades; corte de raízes; degenerescência do xilema; feridas; inchaços; levantamento de passeio; podridão; raízes superficiais; tumores.
TRONCO	Cancros; tumores; podridão; cavidade; degenerescência do xilema; codominância em V; escaldão; esferoblastos; exsudados; feridas; inclinado; objetos/cordas/lixo
GALHOS	Cancros; cavidades; codominâncias em V; feridas; partidas; podridão; secas; tumores, extensão perigosa.
RAMOS	Adventícios; altura (em relação ao passeio); secos
FOLHAS	Clorose; necroses; pragas; tamanho anormal
COPA	Alta; declínio (<i>dieback</i>); delgada; densa; desequilibrada; dominada; esguia; fina; inclinada; larga; morta; sem apical; transparente.

Fonte: Adaptado de MAGRINI (2022)

3.3.3. Fatores bióticos (Agentes aceleradores)

Foram observados e identificados agentes bióticos que atuam como fatores aceleradores do declínio, comprometendo a saúde das árvores. Especificamente, foram constatados sinais de insetos, como afídeos, e a presença de fitopatógenos fúngicos, manifestados visualmente como fumagina, oídio e diferentes tipos de podridão (classificadas como branca, parda ou mole). Além desses agentes, foi registrada a incidência de trepadeiras ou parasitas competindo por recursos. Essas evidências foram registradas sistemicamente em diferentes partes da planta, incluindo raízes, colo, tronco, galhos, ramos, folhas e a copa em geral. Sempre que possível, os agentes causadores foram identificados para que, em uma análise posterior, se possa compreender os danos que estão provocando na árvore.

3.3.4. “Índice de Esbeltez”

O “Índice de Esbeltez” (IE) é um parâmetro que avalia a estabilidade estrutural de árvores adultas, especialmente frente à ação dos ventos (DURLO; DENARDI, 1998). Ele é definido conforme a Equação 1.

Equação 1
“Índice de Esbeltez”

$$IE = (A/DAP) \cdot 100$$

Onde:

A – Altura total da árvore (m);

DAP – Diâmetro à Altura do Peito (cm).

Valores elevados de IE podem indicar instabilidade estrutural. Árvores com $IE > 50$, ou $IE > 30$ em árvores isoladas sem proteção ou cobertura adequada contra a ação dos ventos, tendem a apresentar maior vulnerabilidade, sendo necessário reduzir a copa para baixar o centro de gravidade e minimizar riscos de tombamento (MATTHECK; BRELOER, 1993; DURLO; DENARDI, 1998).

3.3.5. Probabilidade de ruptura no tronco

Para o cálculo de probabilidade de ruptura do tronco da árvore foi utilizado o modelo de cálculo estrutural dinâmico, ou seja, que leva em consideração os fenômenos aeroelásticos da árvore e frequência de vibração em relação ao vento atuante. Este modelo faz parte do *software* de gestão da arborização urbana *Arbio*[®] do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, devendo ser considerado uma ferramenta auxiliar na análise de risco de queda da árvore.

Este modelo considera as seguintes variáveis para cálculo: i) as medidas dendrométricas; ii) o estado de sanidade biológica (deterioração interna) do lenho; iii) as propriedades físico-mecânicas do lenho; iv) o vento; v) modo de vibração da árvore frente à frequência de rajadas do vento; vi) a localização das árvores em associação com os fatores estatísticos de vento; e vii) a resistência e rigidez do tronco e do colo (transição raiz-tronco).

Para os cálculos são consideradas as variáveis de densidade aparente ou básica da madeira da espécie botânica, tamanho de cavidade no interior do tronco e de dendrometria. Os dados dendrométricos mensurados em campo utilizados pela ferramenta foram: o Diâmetro do Colo (DC) ou o DAP, inclinação do tronco, excentricidade da copa, a altura da primeira ramificação na Base da copa (1ªB) – utilizada para calcular a Altura da Copa (Equação 2), a Altura total da árvore (A) e a Largura da Copa (LC) (Figura 8).

Equação 2
Altura da Copa

$$\text{Altura da Copa} = A - 1^{\text{a}}B$$

Onde:

A – Altura total da árvore;

1ªB – Altura da primeira bifurcação.

Densidade básica	0,63	g/cm³
Densidade aparente		g/cm³
DC	0,8	m
Espessura da casca	0	cm
Espessura de parede residual	5	cm
Diâmetro interno da deterioração/oco	70	cm
Abertura do oco	0	cm
Excentricidade (E)	10	m
Altura da copa	8	m
Largura da copa	10	m
Altura total da árvore (A)	15	m



Figura 8 Modelo de cálculo estrutural do Arbio®.

Fonte: Arbio® IPT (2025), <https://arblio.ipt.br>

Para os cálculos estruturais dos Plátanos (*Platanus x-hispanica*) foi considerado a densidade básica de sua madeira de $0,695\text{gcm}^{-3}$ e espessura de casca de $0,24\text{cm}$ (AIMMP, 2015)

No modelo a probabilidade de ruptura é calculada para 12 velocidades de vento, segundo escala de Beaufort (Figura 9). Neste estudo, convencionou-se a probabilidade de ruptura (%) na velocidade de vento de 100km/h , reconhecidamente um valor associado a queda de árvores.

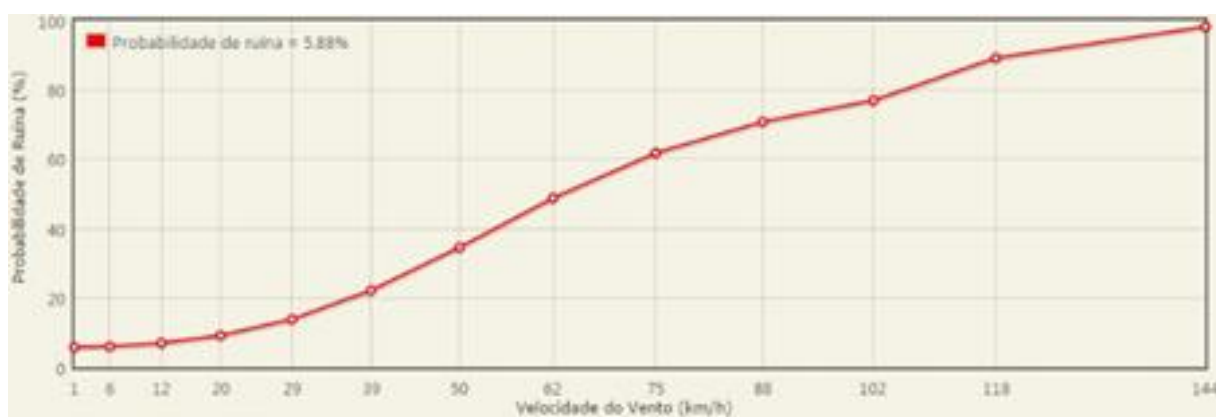


Figura 9 Gráfico de probabilidade de ruptura segundo escala de Beaufort.

Fonte Arbio® IPT (2025), <https://arblio.ipt.br>

3.3.6. Alvo provável

O risco associado a cada árvore foi definido considerando o fluxo de pessoas, a circulação de veículos e a presença de infraestruturas próximas. Com base nesses critérios, classificaram-se os seguintes níveis de Alvo:

- **Rara presença:** a árvore está localizada em uma área onde raramente há circulação de pessoas, veículos ou edificações; o espaço ao redor é utilizado esporadicamente, como para manutenção;
- **Ocasional:** o entorno da árvore é ocupado com baixa frequência ou apenas em períodos específicos do dia; não há bens que possam ser danificados caso ocorra a queda de partes da árvore;
- **Constante:** o local ao redor da árvore é constantemente utilizado ao longo do dia, havendo a presença de pessoas, veículos ou estruturas sensíveis a impactos em caso de queda.

3.3.7. Condição geral

A avaliação de todas as variáveis permitiu estabelecer uma escala qualitativa que reflete o estado geral da árvore, classificando-a nas seguintes categorias, da pior para a melhor condição:

- **Morta:** Cessação completa e irreversível de todas as funções vitais (fotossíntese, transporte de seiva, crescimento). Todo o tecido vascular está inativo.
- **Decrépita:** Está em estágio avançado de senescência e deterioração estrutural. Apresenta extensa perda de copa, grande quantidade de madeira morta e presença significativa de decomposição (fungos, cavidades);
- **Com Declínio:** Apresenta deterioração progressiva e generalizada da saúde (estresse). Perda de vigor manifestada por desfolha gradual, menor crescimento dos brotos, galhos secos (morte regressiva) e/ou infestações por pragas e doenças secundárias;
- **Desconfigurada:** Perdeu o formato natural e característico da espécie devido a intervenções humanas (podas drásticas, mutilação). A árvore permanece apta a sobreviver, com funções vitais preservadas e risco estrutural reduzido;
- **Vigorosa:** Plenamente saudável e funcional. Apresenta altas taxas de crescimento, bom balanço hídrico e está ativamente investindo em defesa, crescimento e reprodução.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Escolheu-se 10 árvores da espécie *Platanus x-hispanica* (plátano) por ser amplamente utilizada na arborização urbana em Portugal e em diversas regiões da Europa por sua alta adaptabilidade ao clima, crescimento rápido, lenho resistente a impactos e fraturas, além de boa tolerância a ataques bióticos. O plátano também responde positivamente a podas e ferimentos, demonstrando eficiente compartimentalização de cavidades, o que contribui para sua longevidade e estabilidade estrutural.

No ANEXO A encontram-se as fichas de avaliação externa e ilustrações, segundo método *VTA*, e interna das árvores. A Tabela 3 sintetiza a avaliação de risco das 10 árvores, fundamentada nos parâmetros de diagnóstico fitossanitário e estrutural. Dentre as variáveis consideradas encontram-se os indicadores prospecção interna e de integridade do lenho, equilíbrio estrutural, e probabilidade de ruptura do tronco, além da recomendação de supressão conforme os critérios do método *VTA*. Todas as árvores apresentaram cavidade na zona do colo com abertura inferior a 120°.

Tabela 3 Resultados das ferramentas quantitativas e do *VTA*, com a Probabilidade de Ruptura considerando ventos a 100km/h.

Árvore	PR* (cm)	DC** (cm)	t/R “Regra do 1/3”	“Índice de Esbeltez”	Prob. de Ruptura (%)	Condição Geral	Recomendação <i>VTA</i>
1	41,4	100,0	0,67	23,55	0,51	Vigorosa	Manutenção
2	19,0	64,0	0,46	10,22	0,00	Decrépita	Supressão
3	13,0	48,8	0,49	14,79	1,55	Desconfigurada	Podas de Segurança
4	14,2	57,6	0,32	13,59	0,00	Com Declínio	Supressão
5	21,8	56,5	0,47	26,32	92,69	Vigorosa	Podas de Segurança
6	19,0	46,5	0,90	36,23	17,17	Desconfigurada	Manutenção
7	17,0	48,2	0,84	19,12	0,00	Desconfigurada	Supressão
8	16,5	116,5	0,16	32,30	99,05	Vigorosa	Podas de Segurança
9	44,0	111,9	1,16	31,17	0,70	Vigorosa	Podas de Segurança
10	23,0	106,9	0,36	16,69	0,00	Desconfigurada	Manutenção

*PR = Parede Residual; **DC = Diâmetro do Colo.

A seguir foi feita a discussão isolada para cada indivíduo.

A prospecção interna na **Árvore 1** apresentou a existência de uma cavidade, entretanto com uma área de lenho sadio que ameniza o risco de ruptura na base. Além disso, a árvore apresentou um reforço no tronco e raízes e é avaliada como estruturalmente estável. O índice de esbeltez indicou uma proporcionalidade característico da espécie. O modelo de cálculo estrutural do IPT indicou uma probabilidade muito baixa de ruptura no colo, aproximadamente zero, corroborando a avaliação externa via *VTA* de não supressão da árvore.

Apesar da grande cavidade com apodrecimento aparente, a prospecção na **Árvore 2** indicou que ainda possuía uma segurança estrutural apesar da margem estreita da quantidade considerada como lenho sadio. O “Índice de Esbeltez” – devido as podas muito drásticas e praticamente ausência de copa – indicaram um valor baixo. Por estes motivos, a probabilidade de ruptura do modelo IPT foi zero. Apesar do risco baixíssimo de queda a decisão por supressão foi devido a árvore não ser recuperável, quase morta, além de esteticamente comprometida.

A **Árvore 3** apresenta uma grande cavidade interna, porém ainda há lenho suficiente para sua sustentação. O índice de esbeltez também se mostrou favorável apesar de ser uma árvore de copa pequena composta por ramos epicórmicos. O modelo de cálculo inferiu uma probabilidade baixa de ruptura. Esta análise corroborou com o *VTA* na manutenção da árvore, porém com monitoramento após podas de segurança.

A análise interna da **Árvore 4** mostrou que a deterioração é significativa com baixa resistência mecânica do lenho e parede residual no limite superior do limiar de falha. Considerando o “Índice de Esbeltez” e a probabilidade de risco do modelo, não se caracterizou iminência de queda. No modelo, a árvore apresenta uma pequena área vélica cujo esforço solicitante de vento não tombaria a árvore, entretanto, na análise *VTA* foi observada a presença de grandes corpos de frutificação de *Ganoderma lucidum* e rachaduras longitudinais na ferida no lado tracionado da árvore (árvore inclinada para a rua), sendo, portanto, indicada a sua supressão.

Apesar da grande inclinação e da pequena cavidade próximo da raiz, a prospecção interna na **Árvore 5** indicou quantidade suficiente de lenho resistente e o “Índice de Esbeltez” indicou um valor dentro da margem de segurança para ruptura por flambagem. O modelo de cálculo mostrou uma probabilidade alta de ruptura, devido à sua copa densa exposta ao vento, inclinação acentuada e esbeltez do tronco. Entretanto, as análises corroboraram com a *VTA* de não supressão da árvore, optando-se na tentativa de recuperação por meio de podas e tratamentos fitossanitários já que o indivíduo é jovem e a espécie favorece a reação positiva e compartimentação da área afetada.

A prospecção na **Árvore 6** indicou lenho sadio que garante resistência mecânica em sua cavidade no colo. O índice de esbeltez ultrapassa o valor limite de 30 considerando uma árvore de calçada em rua ampla e com baixa cobertura do vento pelas casas e árvores vizinhas. O modelo de cálculo indicou uma baixa probabilidade de ruptura. A árvore possui altura elevada, mas pouca área vélica devido às podas drásticas e o rareamento da copa. As análises conjuntas dos resultados das ferramentas corroboram com a recomendação de monitoramento nesta árvore pelo *VTA*.

A prospecção do colo, o índice de esbeltez e o modelo de cálculo não indicaram o risco de queda da **Árvore 7**. A indicação para remoção desta árvore pelo *VTA* foi por um defeito estrutural na bifurcação dos galhos codominantes.

A prospecção interna e o modelo de cálculo estrutural indicaram grande risco de queda da **Árvore 8**, corroborado por um alto “Índice de Esbeltez”, portanto uma árvore de risco de flambagem. Entretanto a remoção não foi recomendada. O lenho sadio estava nas regiões tracionadas e comprimidas da árvore, que eram as mais solicitadas. A árvore se encontrava em um parque e não oferecia grande risco às pessoas e aos bens estruturais – inclinação para área sem passeio, além de possuir grande valor estético. Foi sugerido a manutenção da árvore e a instalação de suportes metálicos para reduzir seu risco de ruptura.

Apesar do índice de esbeltez alto – mas não crítico - e a ação do vento poder gerar ações indesejáveis e de grandes tensões na base, a prospecção interna na **Árvore 9** apresentou quantidade suficiente de lenho resistente. A análise de alvo não indicou risco. O modelo de cálculo estrutural indicou uma baixa probabilidade de ruptura do colo, corroborando com o *VTA* de não supressão da árvore.

Apesar da cavidade no colo, a **Árvore 10** apresenta grande quantidade de lenho sadio, o índice de esbeltez e o modelo de cálculo corroboram com a baixa probabilidade de ruptura do tronco, concordando com a análise *VTA* de não remoção.

Na análise das ferramentas auxiliares, apenas quatro árvores apresentaram evidências objetivas de risco para ruptura no tronco, ou seja, grande deterioração interna do tronco, risco de flambagem e probabilidades de ruptura com vento de 100 km/h. É importante notar que a

presença de cavidades é comum em árvores mais velhas e nem sempre compromete a estabilidade, uma vez que as camadas externas (alburno e parte do cerne) – frequentemente oferecem resistência suficiente (BRAZOLIN, 2009; MATTHECK; BRELOER, 1993). Ainda assim, a existência de cavidades aumenta o risco de falha e, por isso, pode justificar a realização de intervenções, como a redução do peso da copa por meio de podas ou monitoramento.

Apenas a árvore número 8 foi diagnosticada com alto risco de ruptura na base, porém esta árvore foi mantida na análise de *VTA* com sugestão de instalação de uma estrutura metálica para sua estabilidade mecânica.

A *VTA* indicou três árvores para supressão por defeitos estruturais que não são levados em consideração pelas ferramentas auxiliares, como: árvore morta, problemas estéticos, presença de corpo de frutificação de fungo apodrecedor (*Ganoderma* sp.) e deterioração na bifurcação de galho codominante.

Em suma, os resultados deste estudo evidenciam a complexidade do diagnóstico fitossanitário e estrutural de árvores em ambientes urbanos, onde a interação entre múltiplos indicadores e a variabilidade das condições de cada árvore exigem uma abordagem cuidadosa (BRAZOLIN, 2009). Este estudo mostrou que estas ferramentas auxiliares balizam a *VTA* na tomada de decisão, sendo a análise visual importante para verificar a ocorrência de outros defeitos que podem ser considerados evidências objetivas de risco. Com isso, intervenções menos drásticas, como podas seletivas e tratamentos fitossanitários, foram recomendadas para a maioria dos exemplares, preservando os benefícios ambientais e estéticos que as árvores trazem ao ambiente urbano.

5 CONCLUSÕES

A análise dos resultados permitiu concluir que:

1. As ferramentas quantitativas, como a “Regra do 1/3”, o “Índice de Esbeltez” e o modelo de probabilidade de ruptura, mostraram-se eficazes para avaliar a estabilidade estrutural das árvores. No entanto, são insuficientes quando utilizadas de forma isolada.
2. A *VTA* demonstrou ser uma metodologia confiável por sua capacidade de integrar o contexto da árvore e seu entorno.
3. As ferramentas quantitativas não substituem a análise *VTA*, mas a qualificam. Funcionam como instrumentos de precisão que diminuem a incerteza e fortalecem a decisão do avaliador.

5.1 Considerações Finais

As ferramentas quantitativas não substituem a análise *VTA*, mas a qualificam ou aprimoram. Elas funcionam como instrumentos de precisão que diminuem a incerteza em aspectos específicos (como a resistência residual do lenho), fornecendo dados objetivos que fortalecem a decisão do avaliador. A gestão de risco eficaz, portanto, emerge da integração criteriosa entre a medição instrumental e a experiência do profissional.

Recomenda-se que o manejo da arborização urbana adote protocolos que incorporem essas ferramentas auxiliares não como um veredito final, mas como parte de um diagnóstico integrado, garantindo decisões mais seguras, técnicas e sustentáveis para a manutenção das florestas urbanas.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16246-3: Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas – Parte 3: Avaliação de risco de árvores**. Rio de Janeiro, 2019.
- AIMMP – ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE MADEIRA E MOBILIÁRIO DE PORTUGAL. **A riqueza das madeiras portuguesas: propriedades e fichas técnicas**. Porto: AIMMP, 2015. 170 p.
- ALLISON, Richard Bruce; WANG, Xiping; SENALIK, Christopher A. Methods for Nondestructive Testing of Urban Trees. **Forests**, v. 11, 2020.
- BRAZOLIN, Sérgio. **Biodeterioração, Anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores de tipuana, *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze, nos passeios públicos da cidade de São Paulo, SP**. Piracicaba: Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, 265p. 2009.
- DAGNINO, Ricardo de Sampaio; CARPI JUNIOR, Salvador. RISCO AMBIENTAL: CONCEITOS E APLICAÇÕES. **CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem**, [S. l.], v. 2, n. 2, 2008. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/1026>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- DOS REIS, M. N. *et al.* Strength Loss Inference Due to Decay or Cavities in Tree Trunks Using Tomographic Imaging Data Applied to Equations Proposed in the Literature. **Forests**, Basel, v. 13, n. 4, p. 596, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f13040596>. Acesso em: 20 out. 2025.
- DURLO, Miguel Antão; DENARDI, Luciano. Morfometria de *Cabralea canjerana*, Em Mata Secundaria Nativa Do Rio Grande Do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, 1998.
- GARDINER, Barry; BERRY, Peter; MOULIA, Bruno. Review: Wind Impacts on Plant Growth, Mechanics and Damage. **Plant Science**, v. 245, p. 1-13, 2016.
- GONÇALVES, Raquel; LINHARES, Camila; YOJO, Takashi. Drag Coefficient in Urban Trees. **Trees - Structure and Function**, [s. l.], v. 34, n. 6, p. 1-10, 2020.
- LINHARES, Camila *et al.* Structural Stability of Urban Trees Using Visual and Instrumental Techniques: A Review. **Forests**, v. 12, n. 12, 2021.
- LONSDALE, David. **Principles of Tree Hazard Assessment and Management**. Londres: HMSO, 1999. (Research for Amenity Trees, n. 7)
- MAGRINI, Filipi. **Avaliação Fitossanitária e Estimativa do Risco da Floresta Urbana de Figueira da Foz**. Vila Real: Dissertação (Mestrado) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. 96p. 2022.
- MARTINS, Luís Miguel *et al.* **Avaliação Dendrológica, Dendrométrica, Fitossanitária e do Risco. Propostas de Intervenção às Árvores na EN12**. Estrada da Circunvalação, Área Metropolitana do Porto – Infraestruturas de Portugal: UTAD; TreePlus, 095-R21. 80p. 2021a.
- MARTINS, Luís Miguel *et al.* **Avaliação Fitossanitária e Propostas de Intervenções nas Árvores da Praça Dr. Francisco Lopes Guimarães, da Rua Vasco da Gama e da Avenida Saraiva de Carvalho**. Figueira da Foz, Coimbra: UTAD; TreePlus, 144-R22. 32p. 2021b.

MARTINS, Luís Miguel *et al.* **Avaliação Fitossanitária e Propostas de Intervenções em Árvores nas ruas Dr. Luís Carriço, da Fonte e da Liberdade.** Figueira da Foz, Coimbra: UTAD, TreePlus, 043-R21, 21p, 2021c.

MARTINS, Luís Miguel *et al.* **Avaliação Fitossanitária e Propostas de Intervenções nas Árvores:** Rua Albano Duque, R. Dr. Mário Azenha, R. da Fonte, Tv. 1 R. Guiné, R. Celulose Billerud, R. Joaquim Sotto Mayor. Figueira da Foz, Coimbra: UTAD, TreePlus, 214-R22, 71p, 2022.

MARTINS, Luís Miguel, MAGRINI, Filipi, AMARAL, João Gama. **Avaliação Fitossanitária e do Risco a cinco tílias na Rotunda do Monumento ao Marceneiro.** Paços de Ferreira, Porto: UTAD, TreePlus, 343-R23, 29p, 2023.

MARTINS, Luís Miguel, MAGRINI, Filipi. **Avaliação Fitossanitária e Propostas de Intervenção a Árvores de Favaíes, Alijó, Alijó,** Vila Real: UTAD, TreePlus, R062, 17p, 2021.

MARTINS, Luís Miguel, MAGRINI, Filipi. **Avaliação fitossanitária e propostas de intervenções em árvores de Anadia.** Anadia, Aveiro: UTAD, TreePlus, 255-R22, 47p, 2022.

MARTINS, Luís Miguel, MAGRINI, Filipi. **Avaliação fitossanitária e propostas de intervenções em árvores de Guimarães,** Guimarães, Braga: UTAD, TreePlus, 315-R23, 97p, 2023.

MARTINS, Luís Miguel. **Estudo Fitossanitário sobre as Árvores do Largo Barjona de Freitas (Campo Seco), Cabeceiras de Basto.** Vila Real: UTAD. RL-1703. 49p. 2017.

MATTHECK, Claus; KUBLER, Hans. **Wood - The Internal Optimization of Trees.** Berlin: Springer-Verlag, 1995.

MATTHECK, Claus; BRELOER, Helge. **The Body Language of Trees.** London: Office of the Deputy Prime Minister, 1993.

NIKLAS, Karl J. **Plant biomechanics: an engineering approach to plant form and function;** Chicago: University of Chicago press, 1992.

OSTROVSKÝ, Radovan; KOBZA, Marek; GAŽO, Ján. Extensively Damaged Trees Tested with Acoustic Tomography Considering Tree Stability in Urban Greenery. **Trees - Structure and Function**, v. 31, n. 3, 2017.

REUBENS, Bert *et al.* The Effect of Mechanical Stimulation on Root and Shoot Development of Young Containerised *Quercus robur* and *Robinia pseudoacacia* Trees. **Trees - Structure and Function**, v. 23, n. 6, 2009.

RINN, Frank. Resistographic inspection of construction timber, poles and trees. In: PACIFIC TIMBER ENGINEERING CONFERENCE, [s.n.], 1994, Gold Coast, Austrália. **Proceedings of Pacific Timber Engineering Conference.** [S.l.: s.n.], 1994.

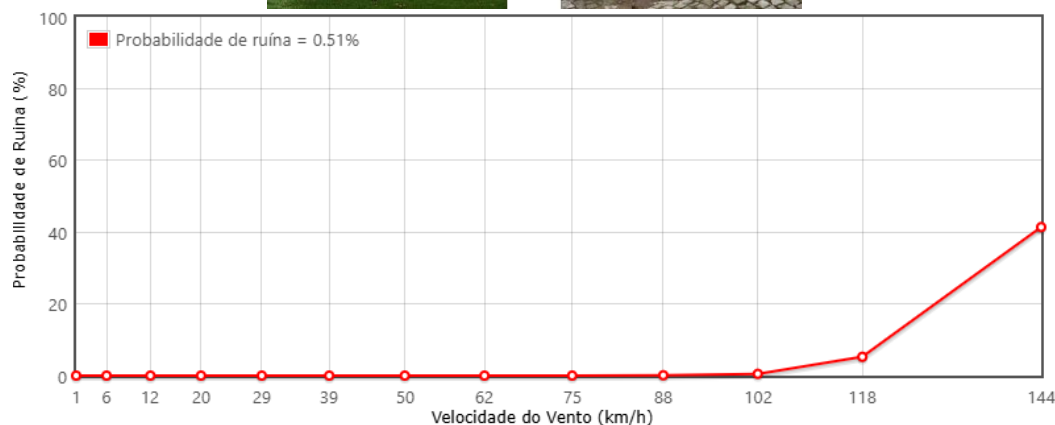
SMILEY, E. Thomas; FRAEDRICH, Bruce. R. Determining strength loss from decay. **Journal of Arboriculture**, v. 18, n. 4, p. 201-204, 1992.

TELEWSKI, Frank W. A unified hypothesis of mechanoperception in plants. **American Journal of Botany**, [S. l.], v. 93, n. 10, p. 1466-1476, 2006.

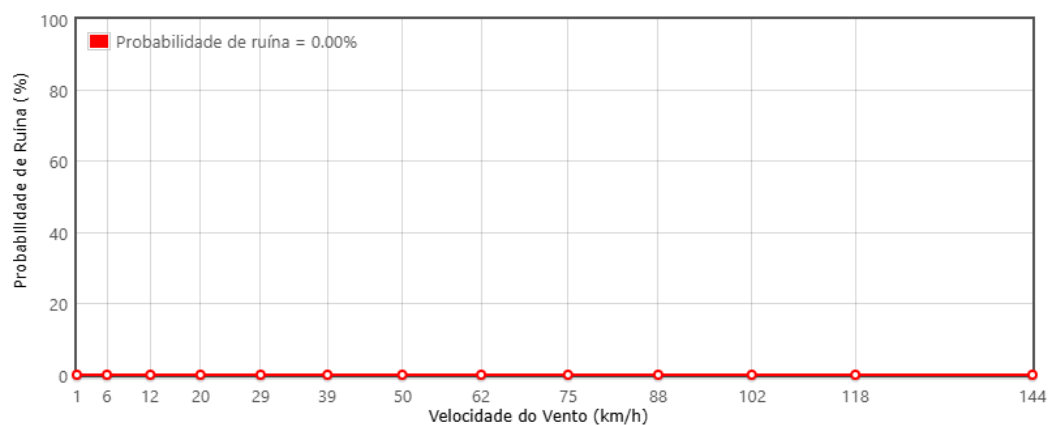
WISNER, Ben *et al.* **At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters.** 2. ed. London: Routledge, 2004.

ANEXO A: FICHAS TÉCNICAS INDIVIDUAIS DAS ÁRVORES AVALIADAS

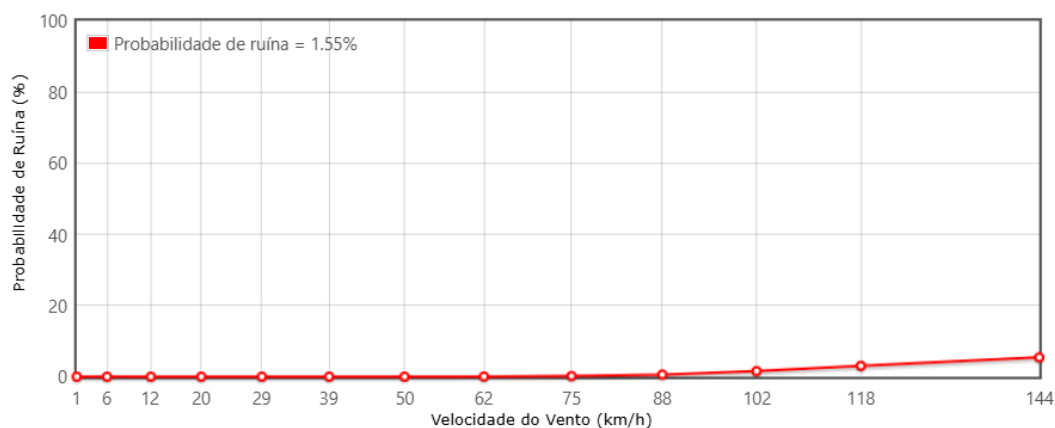
ÁRVORE 01		MARTINS <i>et al.</i> , (2021b)	
1. Localização			
CIDADE / DISTRITO	Figueira da Foz / Coimbra	ENDEREÇO	Praça Francisco Lopes Guimarães
2. Dendrometria			
DAP (cm)	82,8	LARG. COPA (m)	15,2
D. COLO (cm)	100	ALT. BASE COPA (m)	4,4
ALTURA TOTAL (m)	19,5	ALT. COPA (m)	15,1
3. Fatores Abióticos			
PREDISPOSIÇÃO INDUÇÃO	(Possivelmente) Ferida por carro -	ESPAÇO VERDE DISP. DE SOLO	Praça Bom
4. Sintomas e Sinais*			
RAIZ E COLO	Cavidade colo	FOLHAS	Ok
TRONCO	Afetado pela cav. no colo	COPA	Equilibrada
GALHOS E RAMOS	Ok	PODRIDÃO	Branca (cavidade)
5. Condição de Risco			
PR (cm) – t/R	20,7 – 0,67 (Seguro)	ALVO PROVÁVEL	Pessoas e Bens
XL (cm) – Graus da abertura	40,0 – 45,8° (Seguro)	FREQUÊNCIA	Constante
Índice de Esbeltez - INCLINAÇÃO (°)	23,6 – 0° (Seguro)	CONDIÇÃO GERAL	Vigorosa
8. Recomendações			
PODA ou ABATE	Podas de manutenção (comum a toda árvore de grande porte em ambiente urbano)		
NOTAS ADICIONAIS		Avaliada com penetrógrafo. Se possível deve ser tratada a podridão, raspar material lenhoso afetado e aplicar tratamento fitossanitário (ex. calda bordalesa). Deve ser monitorizado de forma constante por forma a acompanhar a sua evolução estrutural e fitossanitária.	



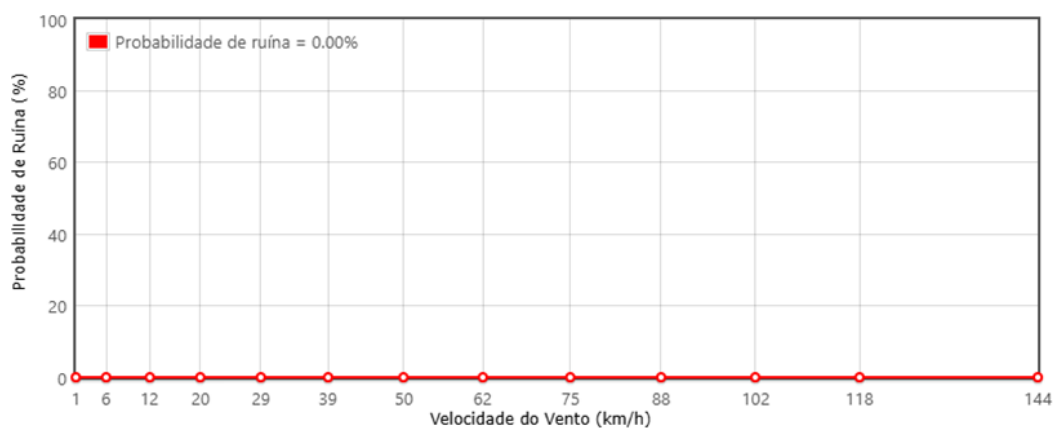
ÁRVORE 02		MARTINS et al., (2021c)	
1. Localização			
CIDADE / DISTRITO	Figueira da Foz / Coimbra	ENDEREÇO	Rua da Fonte
2. Dendrometria			
DAP (cm)	46	LARG. COPA (m)	3,2
D. COLO (cm)	64	ALT. BASE COPA (m)	3,5
ALTURA TOTAL	4,7	ALT. COPA (m)	1,2
3. Fatores Abióticos			
PREDISPOSIÇÃO	Podas Inadequadas	ESPAÇO VERDE	Passeio
INDUÇÃO	Podas Inadequadas	DISP. DE SOLO	Regular (Caldeira pequena, calçada permeável)
4. Sintomas e Sinais*			
RAIZ E COLO	Cavidade no colo	FOLHAS	Inexistentes
TRONCO	Cavidade	COPA	Muito debilitada
GALHOS E RAMOS	Secos	PODRIDÃO	Branca (úmida)
5. Condição de Risco			
PR (cm) – t/R	10 – 0,46 (Seguro)	ALVO PROVÁVEL	Pessoas e Bens
XL (cm) – Graus da abertura	42,0 – 75,2° (Seguro)	FREQUÊNCIA	Constante
Índice de Esbeltez - INCLINAÇÃO (°)	10,2 - 15° (Seguro)	CONDIÇÃO GERAL	Decrépita
8. Recomendações			
PODA ou SUPRESSÃO	SUPRESSÃO		
NOTAS ADICIONAIS			
Árvore possui uma fenda que se inicia no colo e se expande até os galhos principais. Podridão por toda extensão. Ainda viva, mas praticamente morta.			



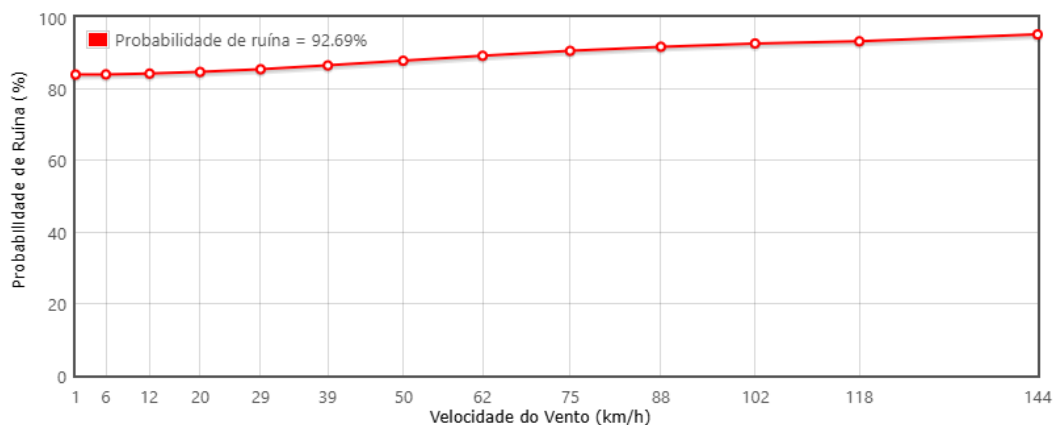
ÁRVORE 03		MARTINS <i>et al.</i> , (2022)	
1. Localização			
CIDADE / DISTRITO	Figueira da Foz / Coimbra	ENDEREÇO	Rua da Fonte
2. Dendrometria			
DAP (cm)	48	LARG. COPA (m)	8,6
D. COLO (cm)	48,8	ALT. BASE COPA (m)	2,1
ALTURA TOTAL	7,1	ALT. COPA (m)	5,0
3. Fatores Abióticos			
PREDISPOSIÇÃO	Podas drásticas	ESPAÇO VERDE	Passeio
INDUÇÃO		DISP. DE SOLO	Ruim
4. Sintomas e Sinais*			
RAIZ E COLO	Cavidade (em dois lados)	FOLHAS	Clorose e Oídio
TRONCO	Afetado pela cav. no colo	COPA	Densa e Desconfigurada
GALHOS E RAMOS	Cabides e epicórmicos	PODRIDÃO	Parda
5. Condição de Risco			
PR (cm) – t/R	8 – 0,49 (Seguro)	ALVO PROVÁVEL	Pessoas e Bens
XL (cm) – Graus da abertura	20,3 – 47,7° (Seguro)	FREQUÊNCIA	Constante
Índice de Esbeltez - INCLINAÇÃO (°)	14,8 - 15° (Seguro)	CONDIÇÃO GERAL	Desconfigurada
8. Recomendações			
PODA ou SUPRESSÃO	Poda de Segurança (Reduzir peso da copa)		
NOTAS ADICIONAIS	Cavidade no colo e tronco em ambos os lados, com lenho restante afetado (considera-se tronco oco). Limpeza e tratamento fitossanitário da cavidade.		



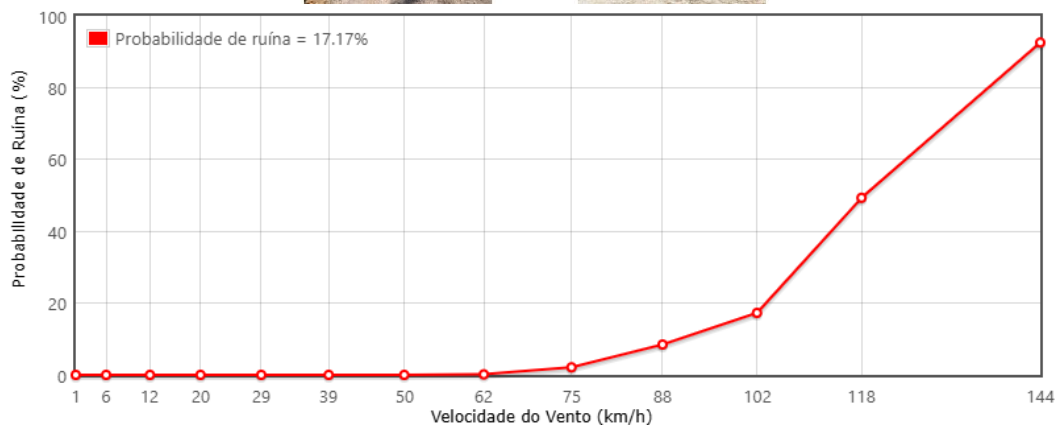
ÁRVORE 04		MARTINS <i>et al.</i> (2022)	
1. Localização			
CIDADE / DISTRITO	Figueira da Foz / Coimbra	ENDEREÇO	Rua da Fonte
2. Dendrometria			
DAP (cm)	43,4	LARG. COPA (m)	6,5
D. COLO (cm)	57,6	ALT. BASE COPA (m)	1,9
ALTURA TOTAL	5,9	ALT. COPA (m)	4,0
3. Fatores Abióticos			
PREDISPOSIÇÃO	Podas drásticas	ESPAÇO VERDE	Passeio
INDUÇÃO		DISP. DE SOLO	Ruim
4. Sintomas e Sinais*			
RAÍZ E COLO	Raíz superficial, Cavidade Cavidade e podridão ativa. Cabides e epicórmicos	FOLHAS	Clorose e Oídio
TRONCO		COPA	Densa e Desconfigurada
GALHOS E RAMOS		PODRIDÃO	Branca
5. Condição de Risco			
PR (cm) – t/R	7 – 0,32 (Inseguro)	ALVO PROVÁVEL	Pessoas e Bens
XL (cm) – Graus da abertura	46,4 – 92,3° (Seguro)	FREQUÊNCIA	Constante
Índice de Esbeltez - INCLINAÇÃO (°)	13,6 – 12° (Seguro)	CONDIÇÃO GERAL	Com declínio
8. Recomendações			
PODA ou SUPRESSÃO	SUPRESSÃO		
NOTAS ADICIONAIS		Raiz superficial, grande cavidade de colo e por toda a extensão de seu tronco (com locais de tronco oco) indo até o limite dos ramos principais, casca solta, copa densa, folhas com oídio e clorose, e a presença do fungo <i>Ganoderma lucidum</i> .	



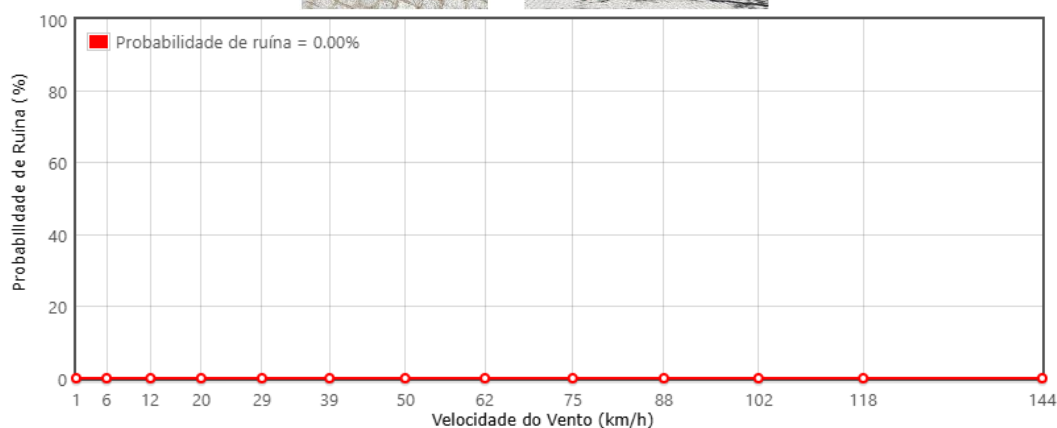
ÁRVORE 05		MARTINS <i>et al.</i> (2022)	
1. Localização			
CIDADE / DISTRITO	Figueira da Foz / Coimbra	ENDEREÇO	Rua Joaquim Sotto Mayor
2. Dendrometria			
DAP (cm)	30,4	LARG. COPA (m)	6,5
D. COLO (cm)	56,5	ALT. BASE COPA (m)	3,5
ALTURA TOTAL	8	ALT. COPA (m)	4,5
3. Fatores Abióticos			
PREDISPOSIÇÃO	Solo Compactado	ESPAÇO VERDE	Passeio
INDUÇÃO	Podas drásticas	DISP. DE SOLO	Ruim
4. Sintomas e Sinais*			
RAIZ E COLO	Cavidade	FOLHAS	Clorose e Oídio
TRONCO	Inclinado	COPA	Desequilibrada
GALHOS E RAMOS	Cabides e epicórmicos	PODRIDÃO	Parda
5. Condição de Risco			
PR (cm) – t/R	9 – 0,47 (Seguro)	ALVO PROVÁVEL	Pessoas e Bens
XL (cm) – Graus da abertura	17,4 – 35,3° (Seguro)	FREQUÊNCIA	Constante
Índice de Esbeltez - INCLINAÇÃO (°)	26,3 - 36° (Seguro)	CONDIÇÃO GERAL	Vigorosa
8. Recomendações			
PODA ou SUPRESSÃO	Poda de Segurança (Equilibrar e reduzir peso da copa), Tratamento fitossanitário na cavidade.		
NOTAS ADICIONAIS	Possui tronco inclinado, copa desequilibrada e seu sistema radicular/colo se encontra em risco.		



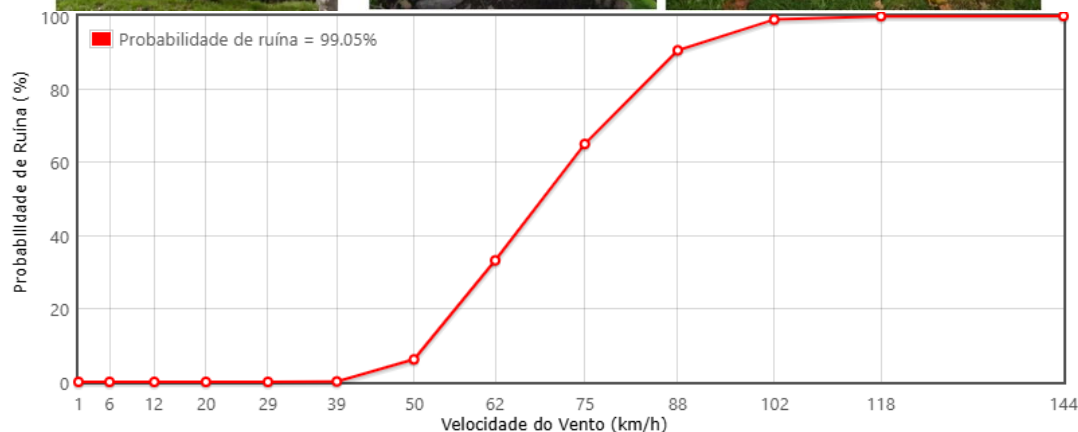
ÁRVORE 06		MARTINS; MAGRINI (2021)	
1. Localização			
CIDADE / DISTRITO	Alijó / Vila Real	ENDEREÇO	Av. Dos Plátanos
2. Dendrometria			
DAP (cm)	34,5	LARG. COPA (m)	7,5
D. COLO (cm)	46,5	ALT. BASE COPA (m)	5,6
ALTURA TOTAL	12,5	ALT. COPA (m)	6,9
3. Fatores Abióticos			
PREDISPOSIÇÃO	Corte de Raízes	ESPAÇO VERDE	Passeio
INDUÇÃO	Poda drástica	DISP. DE SOLO	Regular (Caldeira pequena, calçada permeável)
4. Sintomas e Sinais*			
RAIZ E COLO	Cavidade com podridão	FOLHAS	Antracnose
TRONCO	Afetado pela cav. no colo	COPA	Desconfigurada
GALHOS E RAMOS	Cabides e epicórmicos	PODRIDÃO	Parda
5. Condição de Risco			
PR (cm) – t/R	11 – 0,90 (Seguro)	ALVO PROVÁVEL	Pessoas e Bens
XL (cm) – Graus da abertura	27,1 – 66,9° (Seguro)	FREQUÊNCIA	Constante
Índice de Esbeltez - INCLINAÇÃO (°)	36,2 – 0° (Inseguro)	CONDIÇÃO GERAL	Desconfigurada
8. Recomendações			
PODA ou SUPRESSÃO	Poda de manutenção (remoção de cabides e epicórmicos em excesso)		
NOTAS ADICIONAIS		Podridão e cavidade no colo/tronco podem estar relacionadas com o corte de raízes. A árvore vem compartimentando a lesão (confirmado por penetrógrafo). Aplicar tratamento fitossanitário na cavidade e monitorar semestralmente a árvore.	



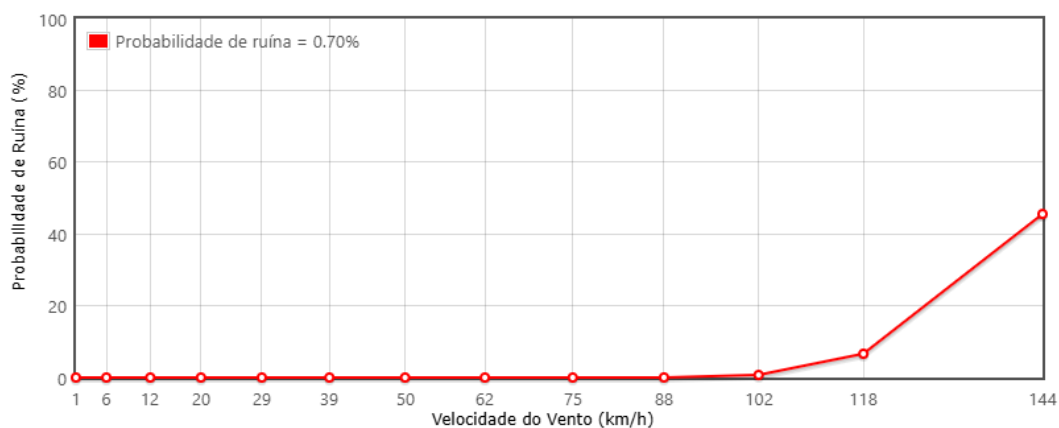
ÁRVORE 07		MARTINS; MAGRINI (2021)	
1. Localização			
CIDADE / DISTRITO	Alijó / Vila Real	ENDEREÇO	Av. Dos Plátanos
2. Dendrometria			
DAP (cm)	34	LARG. COPA (m)	3,2
D. COLO (cm)	48,2	ALT. BASE COPA (m)	3,3
ALTURA TOTAL	6,5	ALT. COPA (m)	3,2
3. Fatores Abióticos			
PREDISPOSIÇÃO INDUÇÃO	(Possivelmente) Ferida por carro Poda drástica	ESPAÇO VERDE DISP. DE SOLO	Passeio Regular (Caldeira pequena, calçada permeável)
4. Sintomas e Sinais*			
RAIZ E COLO	Cavidade com podridão	FOLHAS	Antracnose
TRONCO	Afetado pela cav. no colo	COPA	Desconfigurada
GALHOS E RAMOS	Cabides e epicórmicos	PODRIDÃO	Branca
5. Condição de Risco			
PR (cm) – t/R	11 – 0,84 (Seguro)	ALVO PROVÁVEL	Pessoas e Bens
XL (cm) – Graus da abertura	30,0 – 71,3 (Seguro)	FREQUÊNCIA	Constante
Índice de Esbeltez - INCLINAÇÃO (°)	19,1 – 0° (Seguro)	CONDIÇÃO GERAL	Desconfigurada
8. Recomendações			
PODA ou SUPRESSÃO	SUPRESSÃO		
NOTAS ADICIONAIS	Cavidade no colo e tronco com podridão branca (avaliada com penetrógrafo) Codominância em V com cavidade extensa de alto risco.		



ÁRVORE 08		MARTINS; MAGRINI (2022)	
1. Localização			
CIDADE / DISTRITO	Anadia / Aveiro	ENDEREÇO	Parque Urbano de Anadia
2. Dendrometria			
DAP (cm)	96,6	LARG. COPA (m)	11,9
D. COLO (cm)	116,5	ALT. BASE COPA (m)	7,8
ALTURA TOTAL	31,2	ALT. COPA (m)	23,4
3. Fatores Abióticos			
PREDISPOSIÇÃO	Idade e Feridas por roçadeira	ESPAÇO VERDE	Gramado
INDUÇÃO	Podas Drásticas	DISP. DE SOLO	Bom
4. Sintomas e Sinais*			
RAIZ E COLO	Cavidade com podridão	FOLHAS	-
TRONCO	Afetado pela cavidade (oco)	COPA	Desequilibrada
GALHOS E RAMOS	Ramos secos	PODRIDÃO	Parda
5. Condição de Risco			
PR (cm) – t/R	8,2 – 0,16 (Inseguro)	ALVO PROVÁVEL	Pessoas
XL (cm) – Graus da abertura	85,0 – 83,6° (Seguro)	FREQUÊNCIA	Ocasional
Índice de Esbeltez - INCLINAÇÃO (°)	32,3 – 0° (Inseguro)	CONDIÇÃO GERAL	Vigorosa
8. Recomendações			
PODA ou SUPRESSÃO	Poda de Segurança (Redução da altura) Trata-se de um plátano valioso.		
NOTAS ADICIONAIS	Apesar da cavidade no colo de grandes dimensões com área afetada próximo a 80%, recomendou-se condução da árvore em porte recondicionado e um projeto para instalação de uma estrutura metálica interna para melhorar sua condição estrutural.		



ÁRVORE 09		MARTINS; MAGRINI (2022)	
1. Localização			
CIDADE / DISTRITO	Anadia / Aveiro	ENDEREÇO	Parque Urbano de Anadia
2. Dendrometria			
DAP (cm)	87,9	LARG. COPA (m)	11,3
D. COLO (cm)	111,9	ALT. BASE COPA (m)	5,1
ALTURA TOTAL	27,4	ALT. COPA (m)	22,3
3. Fatores Abióticos			
PREDISPOSIÇÃO	Corte de Raízes	ESPAÇO VERDE	Gramado
INDUÇÃO	Quebra de Galho	DISP. DE SOLO	Bom
4. Sintomas e Sinais*			
RAIZ E COLO	Cavidade com podridão	FOLHAS	-
TRONCO	Afetado pela cavidade	COPA	-
GALHOS E RAMOS	Ramos secos	PODRIDÃO	Parda
5. Condição de Risco			
PR (cm) – t/R	30 – 1,16 (Seguro)	ALVO PROVÁVEL	Pessoas
XL (cm) – Graus da abertura	42,2 – 43,2° (Seguro)	FREQUÊNCIA	Ocasional
Índice de Esbeltez - INCLINAÇÃO (°)	31,2 – 0° (Inseguro)	CONDIÇÃO GERAL	Vigorosa
8. Recomendações			
PODA ou SUPRESSÃO	Poda de Segurança (Redução da altura)		
NOTAS ADICIONAIS	Grande cavidade no seu tronco, devido ao “esgarçamento” de galho de grandes dimensões. Proceder-se à limpeza e tratamento da cavidade.		



ÁRVORE 10		MARTINS; MAGRINI (2023)	
1. Localização			
CIDADE / DISTRITO	Guimarães / Braga	ENDEREÇO	Largo Condessa do Juncal
2. Dendrometria			
DAP (cm)	87,5	LARG. COPA (m)	7,5
D. COLO (cm)	106,9	ALT. BASE COPA (m)	4,3
ALTURA TOTAL	14,6	ALT. COPA (m)	10,3
3. Fatores Abióticos			
PREDISPOSIÇÃO	Podas Drásticas	ESPAÇO VERDE	Gramado
INDUÇÃO	-	DISP. DE SOLO	Bom
4. Sintomas e Sinais*			
RAIZ E COLO	Cavidade com podridão	FOLHAS	-
TRONCO	-	COPA	Transparente
GALHOS E RAMOS	Cancros e epicórmicos	PODRIDÃO	Parda
5. Condição de Risco			
PR (cm) – t/R	14 – 0,36 (Seguro)	ALVO PROVÁVEL	Pessoas e Bens
XL (cm) – Graus da abertura	48,6 – 52,1° (Seguro)	FREQUÊNCIA	Constante
Índice de Esbeltez - INCLINAÇÃO (°)	16,7 - 0° (Seguro)	CONDIÇÃO GERAL	Vigorosa/Desconfigurada
8. Recomendações			
PODA ou SUPRESSÃO	Poda de manutenção (remoção de cabides e epicórmicos em excesso)		
NOTAS ADICIONAIS	Grande cavidade no colo. Remover cimento de dentro da cavidade, que deve ter sua podridão raspada, receber drenagem e tratamento com calda bordalesa.		

