

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE FLORESTAS**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO URBANA**

**MONOGRAFIA**

**AVALIAÇÃO VISUAL DE RISCO DAS ÁRVORES DA PRAÇA TIRADENTES  
NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO - RJ**

**FABYANA DE ANDRADE BARBOSA**

**2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO URBANA**

**AVALIAÇÃO VISUAL DE RISCO DAS ÁRVORES DA PRAÇA TIRADENTES  
NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO - RJ**

**FABYANA DE ANDRADE BARBOSA**

*Sob a Orientação do Professor*  
**José Carlos Arthur Junior**

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Arborização Urbana** no Curso de Pós-Graduação em Arborização Urbana, área de concentração em Engenharia Florestal.

Seropédica, RJ  
Abril de 2023

B238a Barbosa, Fabyana de Andrade , 25/01/1989-  
AVALIAÇÃO VISUAL DE RISCO DAS ÁRVORES DA PRAÇA  
TIRADENTES NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO - RJ /  
Fabyana de Andrade Barbosa. - Rio de Janeiro, 2023.  
76 f.: il.

Orientador: José Carlos Arthur Junior.  
Monografia(Especialização). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Curso Pós graduação em  
arborização urbana, 2023.

1. Avaliação visual de risco. 2. Classificação de  
risco. 3. Manejo arbóreo. I. Arthur Junior, José  
Carlos , 1980-, orient. II Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro. Curso Pós graduação em arborização  
urbana III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA



TERMO Nº 356 / 2023 - DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)

Nº do Protocolo: 23083.021133/2023-47

Seropédica-RJ, 07 de abril de 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
*INSTITUTO DE FLORESTAS*  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO URBANA (*Lato sensu*)

Termo de aprovação da defesa de Monografia de FABYANA DE ANDRADE BARBOSA

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 07/04/2023

*(Assinado digitalmente em 07/04/2023 12:25 )*  
ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptPF (12.28.01.00.00.00.30)  
Matrícula: 1486653

*(Assinado digitalmente em 07/04/2023 10:20 )*  
JOSE CARLOS ARTHUR JUNIOR  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)  
Matrícula: 2270076

*(Assinado digitalmente em 07/04/2023 10:25 )*  
GUSTAVO H L GARCIA  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: 324.429.838-93

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp>  
informando seu número: **356**, ano: **2023**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **07/04/2023** e o  
código de verificação: **ec1af47f44**

## DEDICATÓRIA

*Dedico* este trabalho aos meus pais, grandes incentivadores.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado força e sabedoria, proteção e saúde.

Agradeço à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por me proporcionar uma formação que mudou a maneira de analisar e interpretar assuntos importantes para o meu crescimento profissional, principalmente em análise de risco arbóreo.

Ao professor e orientador Arthur, à Nina e toda banca avaliadora, Alexandre Monteiro, Gustavo Garcia e Mayan Blank pelo carinho e inspiração no amadurecimento dos meus conhecimentos.

Aos amigos, Thiago Botelho, Fábio Xavier, Rodrigo, Diego, Marcelo Deschamps, Iolanda, Johannes pela parceria, disponibilidade e todo auxílio prestado.

Ao Tanai, fundamental no meu crescimento profissional, que me deu força e coragem para a concretização desta pesquisa.

Aos meus queridos pais, Tânia e Marco Antônio, por me apoiarem sempre em todas as escolhas, pelo o amor, paciência e compreensão.

Ao meu amor, vó Aldina, pelo carinho, dedicação e todo apoio recebido por toda minha vida.

E a todos profissionais da arboricultura e aos que contribuíram para a realização deste trabalho e que procuram sempre oferecer mais qualidade de vida aos munícipes, os meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

BARBOSA, Fabyana de Andrade. **Avaliação visual de risco das árvores da praça Tiradentes no município do Rio de Janeiro - RJ.** 2023. 76f. Monografia (Especialização em Arborização Urbana). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2023.

Locais arborizados podem oferecer riscos e para gerenciá-los e garantir a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores, deve-se aplicar critérios técnico-científicos padronizados que visem diagnosticar e avaliar o risco associado, além de orientar uma ordem de priorização dos manejos em função do grau de risco. Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar o risco e propor medidas de manejo para as árvores da Praça Tiradentes, localizada no município do Rio de Janeiro, RJ, através da metodologia desenvolvida pela ISA – *International Society of Arboriculture*, a fim de estabelecer a prioridade das árvores com maiores necessidades de intervenção. Foram avaliadas 42 árvores e uma não arbórea, distribuídas em seis famílias botânicas e sete espécies diferentes, das quais 88% são espécies nativas, sendo as mais frequentes a *Moquilea tomentosa* (oiti) e a *Libidibia ferrea* (pau ferro) que juntas, representam 84% do total. A classificação de risco resultou em 72% das árvores como de baixo risco e requerem apenas manejo de manutenção, como poda de limpeza, condução e/ou raleamento, além de cuidados com o solo. Os outros 28% das árvores avaliadas corresponderam aos riscos presentes na região ALARP (*As Low as Reasonably Practical*), representados por 23% os riscos de grau médio e 5% os riscos de grau de alta importância, exigindo ações de manejo de caráter técnico. A ordem de prioridade baseou-se na maior redução do risco pós-ação mitigadora, mantendo o risco tão baixo quanto possível. As árvores classificadas como de alto risco, inaceitáveis devido ao potencial de falha de galhos ou a estresses agudos e crônicos e alvos frequentes, exigiram intervenções de manejos emergenciais. Também foi possível constatar problemas mais graves na região do colo das árvores, com danos irreparáveis e muito avançados para serem tratados de maneira eficaz. Ações de manejo, como podas, não seriam suficientes para redução dos riscos e por questões de custo-benefício e riscos residuais insatisfatórios, foi indicada a remoção com replantio.

**Palavras-chave:** Avaliação visual de risco; Classificação de risco; Manejo arbóreo.

## ABSTRACT

BARBOSA, Fabyana de Andrade. **Visual risk assessment of trees in Praça Tiradentes in the city of Rio de Janeiro - RJ.** 2023. 76f. Monograph (Specialization in Urban Afforestation). Institute of Forests, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2023.

Wooded areas pose a risk, and in order to manage them and ensure the maintenance of ecosystem services provided by the trees, standardized technical-scientific criteria must be applied, aimed at diagnosing and assessing the associated risk and guiding an order of prioritization of management depending on the degree of risk. Therefore, this work aims to assess the risk and propose management measures for the trees in Praça Tiradentes, located in the city of Rio de Janeiro, RJ, through the methodology developed by ISA - International Society of Arboriculture in order to establish the priority of trees with the greatest need for intervention. Forty-two trees and one non-tree were evaluated, distributed in six botanical families and seven species, of which 88% are native, the most frequent being *Moquilea tomentosa* (oiti) and *Libidibia ferrea* (pau ferro) which together represent 84% of the total. The risk classification resulted in 72% of the trees as being low risk and requiring only maintenance management, such as cleaning pruning, driving and/or thinning, in addition to soil care. 28% of the trees corresponded to risks present in the ALARP region (As Low as Reasonably Practical), represented by 23% medium-level risks and 5% high-level risks, requiring technical management actions, whose order priority was based on the greatest risk reduction after the mitigation action, keeping the risk as low as possible. Tree individuals classified as high risk, unacceptable, due to the potential for branch failure or acute and chronic stresses and frequent targets, required emergency management. It was also possible to verify more serious problems in the region of the neck of the trees, irreparable damage, too advanced to be treated effectively, in which management actions, such as pruning, would not be enough and for reasons of cost-benefit and risks unsatisfactory residuals, removal with replanting was indicated.

**Keywords:** Visual risk assessment; risk assessment; Tree management.



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Aspecto da Praça Tiradentes na primeira metade do século XX. Fonte: Revista Fon- Fon: seminário alegre, crítico, político e esfuziante, edição de 27/7/1907. BN Digital, domínio público. ....	19
<b>Figura 2.</b> Desenhos esquemáticos que indicam intervenções ocorridas na praça Tiradentes ao longo do século XX. Fonte: Gonçalves, 2017. ....	20
<b>Figura 3.</b> Pirâmide de ALARP. Fonte: traduzido de Duntemann, 2018. ....	27
<b>Figura 4.</b> Mapa de localização da Praça Tiradentes, centro do município do RJ. Fonte: autora, 2023. ....	32
<b>Figura 5.</b> Desenho esquemático da metodologia TRAQ frente (A) e verso (B). Fonte: TRAQ (2013).....	33
<b>Figura 6.</b> Registro de dados referentes à análise de risco de risco na Praça Tiradentes, Rio de Janeiro. Fonte: autora, 2023.....	36
<b>Figura 7.</b> Fluxograma das matrizes de risco. Fonte: TRAQ (2013).....	38
<b>Figura 8.</b> Homogeneização da paisagem representada pelas espécies arbóreas mais frequentes na Praça Tiradentes. Fonte: Autora, 2023.....	41
<b>Figura 9.</b> Distribuição em linha das espécies arbóreas pau ferro (A) e oiti (B), espécies mais frequentes na praça. Fonte: Autora, 2023. ....	42
<b>Figura 10.</b> Vista da muda de pau ferro presente na praça Tiradentes. Fonte: Autora, 2023. ....	43
<b>Figura 11.</b> Cavidades ou lesões presentes do colo dos indivíduos arbóreos da praça Tiradentes, RJ. Fonte: Autora, 2023.....	46
<b>Figura 12.</b> Cavidades presentes no colo do tamarindo, bem como os resultados da avaliação de risco realizada para este espécime. Fonte: autora, 2023.....	47
<b>Figura 13.</b> Espécime de pau ferro com cavidade na região do colo recomendado para remoção. Fonte: autora, 2023. ....	48
<b>Figura 14.</b> Galhos e ramos secos, angulados e praguejados presentes nos indivíduos arbóreos da praça Tiradentes, RJ. Fonte: Autora, 2023.....	51
<b>Figura 15.</b> Cavidades ou lesões presentes no tronco dos indivíduos arbóreos da praça Tiradentes, RJ. ....	53

<b>Figura 16.</b> Raízes expostas, estranguladores e compactação da área de enraizamento dos indivíduos da praça Tiradentes, RJ. ....	54
<b>Figura 17.</b> Detecção de raízes superficiais de pau ferro com georadar. Fonte: SANTOS et al., 2022. ....	55
<b>Figura 18.</b> Pirâmide didática de ALARP da praça Tiradentes, RJ. Fonte: autora, 2023.	57
<b>Figura 19.</b> Mapa de risco do conjunto arbóreo da praça Tiradentes, RJ. Fonte: autora, 2023. ....	57
<b>Figura 20.</b> Mapa do gerenciamento dos riscos das árvores da praça Tiradentes, RJ. Fonte: autora, 2023. ....	58

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Frequência absoluta (FA) e frequência relativa (FR) dos indivíduos arbóreos presentes na praça Tiradentes, Rio de Janeiro, RJ.....	40
<b>Tabela 2.</b> Diâmetro médio (DAP) e altura média (Ht), em metros, dos indivíduos arbóreos da praça Tiradentes, RJ.....	43
<b>Tabela 3.</b> Tamanho e características das copas das árvores encontradas na praça Tiradentes/RJ.....	44
<b>Tabela 4.</b> Percentuais das regiões de falhas das árvores que apresentaram maior severidade, dentre copa, tronco, colo e área de enraizamento.....	45
Com a proposta de medidas de controle implementadas o percentual de risco residual estimado para o conjunto arbóreo presente na praça pode ser observado na tabela 5.....	58
<b>Tabela 5.</b> Percentuais de grau de risco e riscos residuais das árvores da Praça Tiradentes, RJ.....	58

## ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Tela da planilha em Excel para coleta de dados.....	34
<b>Quadro 2.</b> Categorização da probabilidade de falha .....	37
<b>Quadro 3.</b> Categorização da probabilidade de impacto.....	37
<b>Quadro 4.</b> Categorização da consequência da falha.....	38
<b>Quadro 5.</b> Matriz de probabilidade (probabilidade de falha x impacto) .....	39
<b>Quadro 6.</b> Matriz de graduação de risco .....	39
<b>Quadro 7.</b> Falhas encontradas na região do colo e suas respectivas categorizações quanto a probabilidade de falha, impacto, consequência da falha e seu respectivo grau de risco destacado pela cor. ....	46
<b>Quadro 8.</b> Falhas encontradas na região da copa e suas respectivas categorizações quanto a probabilidade de falha, impacto, consequência da falha e seu respectivo grau de risco destacado pela cor. ....	50
<b>Quadro 9.</b> Falhas encontradas na região do tronco e suas respectivas categorizações quanto a probabilidade de falha, impacto, consequência da falha e seu respectivo grau de risco destacado pela cor. ....	53
<b>Quadro 10.</b> Falhas encontradas na região da área de enraizamento e suas respectivas categorizações quanto a probabilidade de falha, impacto, consequência da falha e seu respectivo grau de risco. ....	54

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	16
3.1 Arborização urbana: importância e benefícios .....	16
3.2 Panorama da arborização da cidade do Rio de Janeiro .....	17
3.3 Riscos e perigos associados às árvores urbanas .....	21
3.4 Avaliação de risco de árvores urbanas .....	23
3.5 Análise visual de risco de quedas de árvores urbanas.....	26
3.6 Gerenciamento de risco da arborização.....	28
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1 Caracterização e descrição da área de estudo.....	31
4.2 Descrição e procedimentos.....	32
4.2 Coleta de dados.....	33
4.3. Análise e interpretação dos dados .....	37
4.3.1 Categorização dos riscos e medidas mitigadoras.....	37
4.3.2 Elaboração da pirâmide ALARP .....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
5.1 Espécies e características dendrométricas .....	40
5.2 Avaliação de risco das árvores da Praça Tiradentes.....	44
5.2.1 Região do colo.....	45
5.2.2 Região da copa.....	49
5.2.3 Região do tronco.....	52
5.2.4 Região da área de enraizamento .....	53
6. CONCLUSÃO.....	60
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	61
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
9. ANEXOS.....	67
10. APÊNDICE .....	68

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), a urbanização é um fenômeno global que se intensifica a cada ano, e o Brasil segue essa tendência. Atualmente, 55% da população mundial vive em áreas urbanas, e espera-se que essa proporção aumente para 70% até 2050 (ONU, 2020). No Brasil, cerca de 85% da população reside em áreas urbanas, sendo a região Sudeste, com 93%, a de maior percentual vivendo em cidades (IBGE, 2021). Este intenso processo de urbanização em que os limites da ocupação urbana são ultrapassados geram repercussão direta em demandas de natureza ambiental e urbanística.

Embora sejam elementos essenciais para o ambiente urbano, as árvores podem representar riscos para a segurança dos municípios, além de danificar propriedades e estruturas públicas e privadas de uma cidade. Esses riscos podem estar associados à queda da árvore inteira, mas também aos galhos, folhas e frutos, a fitossanidade, presença de insetos, incluindo fatores ambientais, chuva, vento e condições locais.

Garantir a presença de árvores seguras é fundamental em áreas urbanas. Uma gestão adequada e eficaz da arborização urbana deve planejar e executar com eficiência o manejo arbóreo a fim de minimizar ou eliminar os riscos, evitando quedas com a realização de podas preventivas, sistema de suportes e quando necessário, removendo indivíduos que apresentam riscos às pessoas e ao patrimônio (BIONDI; ALTHAUS, 2005; RIBEIRO, 2009). Uma das ferramentas fundamentais para orientar essas ações é a avaliação de risco de árvores, que analisa sua condição, sua estabilidade, determina o risco potencial e norteia as ações de manejo que devem ser aplicadas.

No Brasil, não há uma metodologia própria e bem definida, sendo geralmente utilizada, a ABNT NBR 16.246-3:2019 (ABNT, 2019), como também bibliografias estrangeiras para embasar métodos de avaliação de risco (ALFENAS et al., 2007). Uma metodologia amplamente utilizada e considerada por Dunster e Duntemann (2008) como uma das abordagens mais confiáveis para avaliação de risco de árvores em áreas urbanas é a avaliação qualitativa do risco arbóreo, *Tree Risk Assessment Qualification* (TRAQ), proposta pela Sociedade Internacional de Arboricultura (ISA). Nessa técnica são avaliadas as probabilidades de falha, de impacto e consequência desse impacto,

dados sobre risco residual e o intervalo para uma nova inspeção, informações importantes na eficácia de medidas de gerenciamento de risco.

Considerando que a análise de riscos e a identificação de prioridades são fatores fundamentais na gestão da arborização, as informações fornecidas pelo método TRAQ são essenciais para reduzir o grau de risco ao nível mais baixo possível, o que é crucial para garantir a eficácia na tomada de decisão.

O objetivo do estudo foi avaliar o risco visual das árvores, com o apoio da metodologia TRAQ, na Praça Tiradentes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil e propor medidas de manejo com intuito de preservar e conservar a saúde e estabilidade das árvores, tendo em vista a importância do conjunto arbóreo como patrimônio verde da cidade, e ao mesmo tempo garantir a segurança das pessoas que transitam ou visitam a praça.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar o risco de queda das árvores da praça Tiradentes no município do Rio de Janeiro, RJ, por meio da metodologia desenvolvida pela Sociedade Internacional de Arboricultura (ISA) e propor recomendações de manejos, a fim de contribuir para o processo de melhorias no planejamento estratégico de manutenção das árvores da cidade.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar análise visual das árvores da praça Tiradentes de acordo com o nível II da NBR ABNT 16246-3:2019;
- Identificar e avaliar a probabilidade de falha, impacto e consequência de cada uma das árvores da praça, de acordo com a metodologia TRAQ (ISA);
- Classificar cada árvore de acordo com o nível de risco identificado de acordo com a metodologia TRAQ (ISA);
- Recomendar o manejo e monitoramento individualizado para cada árvore e estabelecer prioridades para a adoção de medidas mitigadoras;

- Orientar os tipos de intervenções com poda com base na NBR ABNT 16246-1: 2013;
- Mapear o conjunto arbóreo da praça Tiradentes em função dos riscos e das necessidades de intervenção de manejo.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 Arborização urbana: importância e benefícios**

A urbanização é caracterizada pelo crescimento populacional e territorial da área urbana em detrimento da população e território rural. Quando esta urbanização se desenvolve precariamente em termos de infraestrutura, especialmente nas cidades mais populosas e localizadas em países em regiões com elevado grau de desigualdade social, potencializam os riscos de ocorrência dos desastres ambientais (IPEA, 2011).

Com o crescimento desordenado das cidades, áreas verdes, como parques e praças, têm se tornado cada vez mais escassos o que compromete a conservação do ambiente e a estética das áreas urbanas. Diante desse cenário, é fundamental consolidar políticas públicas que englobem o planejamento da arborização urbana com o objetivo de aumentar a quantidade de espaços verdes e promover benefícios ambientais, sociais e econômicos (SZEREMETA et al., 2013)

Nassauer et al. (2011) defendem a importância da adoção de políticas públicas para a preservação e aumento de áreas verdes nas cidades e a conscientização da população sobre a importância dessas áreas, uma vez que mais da metade da população mundial vive atualmente em áreas urbanas, o que torna a questão da qualidade de vida nessas áreas ainda mais relevante, enfatizando que medidas que defendem a necessidade de integrar a natureza nas cidades de maneira mais efetiva são fundamentais para a promoção da saúde pública, qualidade de vida e bem-estar dos cidadãos.

A falta de áreas verdes tem impactos negativos na saúde mental dos cidadãos, uma vez que oferecem locais para atividades físicas, lazer e relaxamento, além de estimularem a interação social e a sensação de pertencimento à comunidade (DUNTEMAN, 2019).



Dentre os diversos benefícios proporcionados com a arborização urbana estão: (i) adaptação às mudanças climáticas e eventos extremos, uma vez que ajudam a reduzir as emissões de gases de efeito estufa, capturando e armazenando carbono, além de interceptarem as águas das chuvas, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e aumentando a infiltração dos solos (CEMIG, 2011; MCPHERSON et al., 2013); redução do estresse hídrico em áreas urbanas; valorização imobiliária (STUART et al., 2017); promoção da justiça social nas cidades, já que a falta de espaços verdes é uma questão que afeta principalmente as comunidades de baixa renda e minorias étnicas. Entretanto, Biondi et al. (2019) ressaltaram que a escolha adequada das espécies de árvores e a manutenção regular são fundamentais para garantir os benefícios da arborização urbana.

### **3.2 Panorama da arborização da cidade do Rio de Janeiro**

Nos primeiros séculos do desenvolvimento da cidade do Rio de Janeiro/RJ, pouco se discutiu a respeito da arborização urbana. A cidade foi constituída por ruas estreitas, becos, travessas e passagens, seguindo o modelo português, e, por isso, não se considerava necessário plantar árvores nas ruas, já que elas eram sombreadas pelas edificações e entendia-se como suficiente a abundância de árvores existentes em chácaras, fazendolas, engenhos, jardins, quintais e também nas florestas (OLIVEIRA, 2009).

O serviço de arborização urbana na cidade do Rio de Janeiro teve como marco inicial a criação do Real Horto, porém, no entanto, as mudas produzidas só foram distribuídas na cidade a partir da abertura do Horto ao público, que ocorreu em 1822. (LAERA, 2006). Somente a partir do século XIX que se efetivou a presença de arborização urbana nas cidades do Brasil, considerada um importante componente do ambiente urbano (OLIVEIRA, 2009).

A presença do horticultor francês Auguste François Marie Glaziou foi fundamental para a implantação de praças, parques, jardins e arborização de ruas na cidade do Rio de Janeiro a partir de 1858. No século XX, a cidade passou por uma grande transformação urbana com o objetivo de se tornar uma cidade moderna. O prefeito Francisco Pereira Passos liderou essa transformação a partir de 1903,

implantando grandes avenidas com áreas de praças, jardins públicos, chafarizes e monumentos, além de arborização abundante. (AINBINDER & VÁRZEA, 2005).

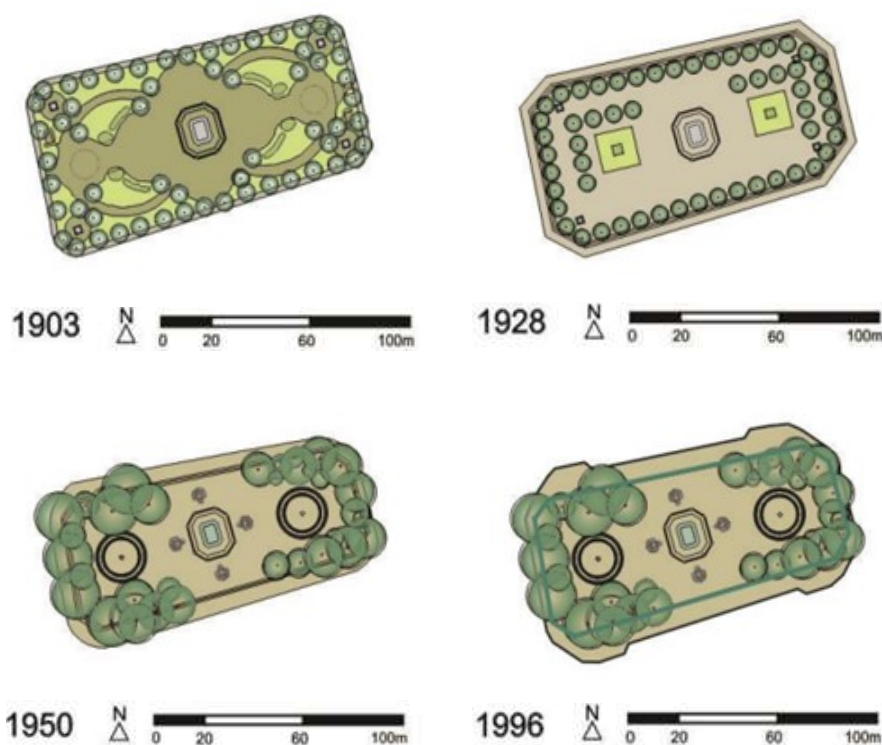
Na década de 1920 foi contratado um Plano Urbanístico para a cidade do Rio de Janeiro, sendo este desenvolvido pelo urbanista francês Alfred Agache e sua equipe, sendo inovador na sua proposta de que houvesse organização e, por consequência, de distribuição de espaços livres, deste modo, entendia-se a configuração natural da cidade como sendo propícia para a criação de jardins públicos, avenidas arborizadas e parques, propondo-se a incorporação das matas e reservas arborizadas, conservadas no seu estado natural, dentro deste sistema (OLIVEIRA, 2009).

A Praça Tiradentes é um importante logradouro localizado no Rio de Janeiro, construído no século XVII. Após a morte de Joaquim José da Silva Xavier, a praça recebeu seu nome em homenagem a ele, e nela encontra-se o monumento a D. Pedro I, inaugurado em 1860 (IBGE, 2023). Alguns historiadores discordam sobre a autoria do projeto paisagístico da Praça Tiradentes, mas há semelhanças com elementos utilizados no Passeio Público, reformado pelo paisagista francês Glaziou em 1862 (TERRA, 2013; GONÇALVES et al., 2018). Em 1903, durante a administração Pereira Passos, a praça passou por uma remodelação no projeto de ajardinamento, com o plantio de 149 árvores registradas no Plano Diretor de Arborização Urbana (2015) em dois momentos, 1906 e 1913. Essa reforma fez parte do processo de modernização da cidade, que descaracterizou o paisagismo original proposto por Glaziou (Figura 1).



**Figura 1.** Aspecto da Praça Tiradentes na primeira metade do século XX. Fonte: Revista Fon- Fon: seminário alegre, crítico, político e esfuziante, edição de 27/7/1907. BN Digital, domínio público.

Em 1928, a Praça foi redesenhada inspirada em jardins franceses e tornou-se um importante espaço cultural. As árvores foram plantadas nas calçadas, demonstrando a valorização do verde. No aspecto social, observa-se um maior fluxo de carros particulares que passam a ficar estacionados na praça. Em 1950, a praça se tornou mais moderna e priorizou a circulação livre. Em 1996, houve uma reforma para preservar a praça, mantendo as árvores e melhorando a iluminação (GONÇALVES, 2017) (Figura 2).



**Figura 2.** Desenhos esquemáticos que indicam intervenções ocorridas na praça Tiradentes ao longo do século XX. Fonte: Gonçalves, 2017.

Além do caráter histórico da Praça Tiradentes, esta também é testemunha da história ambiental da cidade do Rio de Janeiro, com as modificações na paisagem de grande influência desde a sua ocupação. A região da praça era originalmente composta por manguezais, pântanos e lagoas, mas ao longo dos séculos, foram dessecados e aterrados para permitir a expansão da cidade (ABREU, 1988). Recentemente, a praça foi alvo do projeto "Revitalização do Centro Histórico do Rio de Janeiro", conduzido pela Prefeitura Municipal do Rio, que incluiu o replantio de árvores, como o pau-ferro (*Libidibia ferrea*) e oiti (*Licania tomentosa*), além de melhorias relacionadas à infraestrutura, mobilidade e meio ambiente da região (2021).

Santana (2023) mencionou sobre a arborização urbana ser diretamente influenciada não apenas pelos parâmetros ligados diretamente a diferenças de adaptabilidade das espécies às condições ambientais urbanas, mas também às atividades pretéritas. E acrescentou que a existência de (sucessivos) aterros, por exemplo, é uma condição fundamental para o planejamento de plantios, com a seleção de espécies

adaptadas, e para a avaliação arbórea, considerando-se que solos compactados desta natureza acabam por eliminar a diferenciação entre sistemas radiculares.

No Rio de Janeiro, o rápido crescimento da cidade dificultou o planejamento adequado da ocupação do solo, o que afetou a qualidade de vida urbana, as árvores foram plantadas principalmente por leis municipais e a Fundação Parques e Jardins é responsável pela sua conservação (PDAU,2015). O Plano Diretor de Arborização Urbana da cidade foi instituído em 2015 para definir diretrizes para a implantação, monitoramento, conservação e desenvolvimento da arborização urbana, incluindo a participação social na gestão. No entanto, o plano não foi totalmente implementado, e se torna cada vez mais importante planejar ações a curto, médio e longo prazo para tornar a arborização urbana um elemento essencial da infraestrutura da cidade (PDAU, 2015).

O Projeto Rio Cidade foi implementado nas décadas de 1990 e 2000 com o objetivo de arborizar a cidade do Rio de Janeiro e renovar o mobiliário urbano, melhorando as calçadas com ênfase na acessibilidade, além de promover a drenagem urbana, iluminação pública e telefonia subterrânea. Mais de 12 mil árvores foram plantadas em bairros que receberam o projeto de arborização em 2000, e a construção da linha amarela como medida de compensação previa o plantio de 25 mil árvores. (EMERICK, 2021).

Recentemente, segundo a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2023), o Plano de Arborização Urbana foi retomado em uma reunião coordenada pela Fundação Parques e Jardins (FPJ) que objetivou um plano de monitoramento, conservação e expandir o número de árvores na cidade do Rio de Janeiro, através da produção de mudas no Rio, já que muitas das espécies plantadas atualmente vêm de outros estados. Participaram representantes de várias secretarias e institutos municipais e foi elaborado um cronograma de ações a partir deste encontro. A prioridade do plano foi arborizar as zonas Norte e Oeste, que possuem os maiores déficits de árvores.

### **3.3 Riscos e perigos associados às árvores urbanas**

A árvore é um ser vivo que pode possuir defeitos estruturais e mecânicos, ser acometida por doenças e pragas, conflitar com equipamentos urbanos e assim, representar risco à população e bens públicos e privados que devem ser avaliados e

gerenciados para garantir a segurança das pessoas e das propriedades próximas. Alguns exemplos de perigos e riscos associados às árvores urbanas incluem (EMERICK, 2021):

- i. Queda de galhos: galhos de árvores podem quebrar ou cair devido a danos, doenças, ventos fortes ou outras causas, representando um risco para as pessoas e veículos próximos.
- ii. Queda de árvores: árvores inteiras podem cair devido a condições precárias, como raízes comprometidas, doenças, pragas ou danos causados por intempéries
- iii. Danos às propriedades: raízes de árvores podem crescer em direção a fundações, paredes, calçadas e outras estruturas, causando prejuízos significativos
- iv. Obstrução de visibilidade: árvores altas ou densas podem obstruir a visibilidade do tráfego, tornando as estradas e cruzamentos mais perigosos
- v. Alergias e doenças respiratórias: algumas espécies de árvores liberam pólen e outras substâncias que podem causar alergias e problemas respiratórios em algumas pessoas

Ademais, algumas características inerentes à espécie ou a manejos realizados podem ainda aumentar a probabilidade de falha ou queda das árvores como:

- (i) Defeitos internos: as árvores são mais prevalentes quanto maiores e mais velhas (TATE 1984; LULEY et al., 2009; KOESER et al. 2016).
- (ii) Podas excessivas: escolha indevida das árvores em vias públicas, principalmente quando estas estão sob rede elétricas, acarretam em podas excessivas ou mal realizadas que afetam o desenvolvimento natural das árvores e as tornam susceptíveis a ação de organismos xilófagos, levando os indivíduos a queda.

Segundo a norma da Associação Brasileira de Norma Técnica ABNT NBR 16246-1 (2013) entende-se como podas prejudiciais aquelas denominadas drásticas quando há mais de 25% da copa removida. Mendes et al. (2022) apresentaram em seu estudo, as perdas ecossistêmicas geradas por podas indevidas no Bairro de Cambuí, em Campinas, São Paulo o que acarretou em uma redução dos serviços ecossistêmicos, estimados em R\$ 126.094,32.

- (iii) Compactação do solo: impede o desenvolvimento adequado das raízes e da sustentação das árvores, bem como, da água e dos nutrientes necessários. Além disto, intervenções antrópicas, como injúrias, corte de raízes para construção de calçadas ou instalação de cabos e tubulações, associados a podas inadequadas podem levar a queda desses indivíduos (SANTOS; TEIXEIRA, 2001; QUIGLEY, 2004; SANTOS et al., 2022).

A importância da análise do sistema radicular ficou mais evidente através da normativa publicada em 2019 pela NBR ABNT 16.246-3 em que, nas avaliações de árvores a nível 3, é recomendado o uso, por exemplo, do georadar, para mapeamento do sistema radicular (ABNT, 2019).

### **3.4 Avaliação de risco de árvores urbanas**

A avaliação de risco é uma prática que visa avaliar o potencial de falha de uma árvore e o que pode contribuir para essa falha, considerando os possíveis danos que podem ser causados (SNYDER, 2022). É importante para promover uma arborização de qualidade e segurança para a população, além de recomendar o manejo adequado e reduzir o risco de acidentes. A avaliação de risco é baseada em critérios técnico-científicos padronizados para assegurar a manutenção dos serviços ambientais prestados pelas árvores nas cidades.

Desta forma, a NBR ABNT 16.246-3 (2019), baseada na ANSIA 300-9 (2011) propõem de forma voluntária, ser um objeto de citação em regulamentos técnicos e estabelece requisitos para avaliação de risco de árvores que analise a integridade estrutural, mecânica, fitossanitária e os fatores que possam afetar o nível de risco às

pessoas, propriedades ou serviços públicos, com objetivo de integrar informações para o gerenciamento apropriado.

A norma estabelece um modelo de avaliação de risco que serve como orientação para a administração pública, principalmente municipal, concessionárias de serviços públicos e arboristas, na elaboração de laudos técnicos e aplicação de protocolos de avaliação de risco (ABNT, 2019).

É importante ressaltar que as árvores somente apresentam risco se houver o alvo presente, representado por pessoas, veículos, estruturas edificadas, equipamentos urbanos, ou qualquer ponto a ser atingido que possa ser prejudicado ou danificado (SNYDER, 2022).

Sendo assim, o alvo está diretamente relacionado ao grau de risco. Por exemplo, áreas onde a taxa de ocupação é alta, a probabilidade será maior de algo ser atingido, portanto, maior será o grau de risco. Já em áreas onde a taxa de ocupação é baixa e os exemplares arbóreos encontram-se isolados, raramente pessoas são atingidas (CEMIG, 2011).

Os atributos utilizados na aplicação da avaliação de risco arbórea desta norma levam em conta a análise do entorno, histórico do local, a velocidade do vento, índice pluviométrico, posicionamento da árvore, sua inclinação, a estabilidade e permeabilidade do solo e pavimentação. Também é avaliado o estado geral da árvore, análise do vigor da copa, sistema radicular, colo, fuste, aspecto fitossanitário, crescimento e presença de parasitas. E por fim, a avaliação interna de raízes, fuste, colo e galhos que propõem verificar e quantificar a biodeterioração da madeira ou defeitos da árvore (SNYDER, 2022).

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (2023), ainda se desconhece todos os critérios para diagnosticar corretamente uma árvore quanto ao estado fitossanitário (ocorrência de cupins, fungos apodrecedores e brocas de madeira). Essa situação pode acarretar sérias consequências, uma vez que as árvores, sem o manejo adequado, tornam-se mais sujeitas à queda, principalmente durante temporais com ventos fortes.

Desta forma, faz-se importante o detalhamento da avaliação, assim como a especificação dos tipos de níveis de risco aplicado. Os níveis de risco estabelecidos de



acordo com a NBR ABNT 16.246-3 (2019) dividem-se em três, sendo o nível I limitado a uma análise visual de risco a fim de identificar condições específicas ou defeitos claros, sem a utilização de equipamento. Pode ser realizada a avaliação por caminhamento, veículo, com critérios técnicos e bem esclarecidos para a tomada de decisão.

Já o nível II limita-se a uma análise, totalmente visual e externa de 360° entorno da árvore, avaliando e detalhando o sistema radicular, colo, tronco e copa da árvore, podendo ser utilizados equipamentos como para mensurar as dimensões da árvore como fita métrica, hipsômetro e outros para auxiliam na identificação de defeitos como binóculos e martelo de borracha

E por fim, o nível III que inclui além da avaliação a nível II um complemento técnico de um ou mais métodos ou equipamentos como, penetrógrafo, tomógrafo, georadar e outros (ABNT, 2019). Então, baseado no diagnóstico técnico que serve para coletar e analisar o risco arbóreo e desenvolver um julgamento racional, recomenda-se a mitigação desses riscos, dados estes que fazem parte de uma avaliação de risco.

No município do Rio de Janeiro, o protocolo de avaliação de risco de falha/queda de árvores estabelece procedimentos para análise técnica visual de risco de espécimes arbóreos, situados em áreas públicas e privadas (Portaria FPJ N° 136/2018). Esse protocolo é baseado em uma metodologia quantitativa que utiliza uma análise visual da árvore, com uma volta completa de 360°, avaliando seis parâmetros, incluindo: grau de esbeltez; integridade do colo e área de enraizamento; integridade do fuste e bifurcações primárias da copa; morfologia da copa; saúde da árvore e ambiente. Para cada parâmetro avaliado, é atribuído um grau de risco, com pontuação correspondente. A soma total das pontuações indicará o nível de risco, determinando o manejo e monitoramento adequados, conforme estabelecido no protocolo (Portaria FPJ N° 136/2018).

No entanto, este protocolo utilizado na cidade do Rio para avaliar o risco de árvores pode ser considerado falho em termos de eficiência técnica e induzir a erros. Ele tende a superestimar ou subestimar situações de risco, desconsiderar o local e potencial alvo, orientando intervenções inadequadas. Além disso, a correlação direta entre pontuação/grau de risco e manejo pré-determinado pode ser inadequado, prejudicando a

segurança das árvores e das pessoas e estruturas construídas ao seu redor. O protocolo não coleta informações essenciais sobre risco residual e monitoramento contínuo, sendo importante atualizá-lo para uma gestão mais adequada e segura das árvores nas áreas públicas da cidade.

Para uma avaliação visual de risco competente, é essencial ter um conhecimento profundo sobre a biologia da árvore e compreender as relações fundamentais entre a sua estrutura e a área em que se encontra. Isso é necessário para eliminar ou reduzir situações perigosas de forma adequada e implementar intervenções corretivas apropriadas (SNYDER, 2022).

### **3.5 Análise visual de risco de quedas de árvores urbanas**

O método TRAQ, que significa "*Tree Risk Assessment Qualification*", desenvolvido pela Sociedade Internacional de Arborização (ISA), é um método qualitativo que auxilia os profissionais na tomada de decisões na avaliação visual do risco em árvores. Esse método é considerado como uma avaliação de risco em nível 2 pela norma NBR ABNT 16.246-3:2019 e categoriza os riscos com base na probabilidade de falha, no impacto e na consequência. A probabilidade de falha é classificada em quatro categorias, assim como o impacto e a consequência.

Os riscos são classificados em quatro categorias: extremo, alto, moderado e baixo risco, e a mitigação dos riscos deve ser considerada para todos os riscos identificados, incluindo medidas de controle dos riscos. O risco residual é o risco que permanece após a mitigação dos riscos e deve ser avaliado para determinar se é aceitável ou não. Se o risco residual é considerado inaceitável, medidas como a remoção da árvore são necessárias (DUNSTER et al., 2013).

No livro "*Tree Risk Management*" de Julian Dunster e Mark Duntemann os autores discutem sobre a metodologia TRAQ ser uma abordagem padronizada e baseada em evidências, que já foi submetida a rigorosos testes e validações, e é amplamente reconhecida como um método confiável e objetivo para avaliar os riscos, além disso, está em conformidade com as normas internacionais de segurança de árvores, como a norma ISO 31000.

A metodologia TRAQ enfatiza a importância de uma abordagem holística para a avaliação de risco de árvores, levando em consideração uma ampla gama de fatores que podem afetar a saúde e estabilidade de uma árvore, incluindo seu ambiente circundante, histórico de danos e outras condições relevantes, fornecendo uma estrutura sistemática para gerenciar riscos associados a árvores (DUNSTER et al., 2013).

Além disso, o método também permite a construção da pirâmide de riscos ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*), que é um gráfico que resume toda a compreensão sobre o manejo de riscos e usado para hierarquizar os riscos e determinar as prioridades de gerenciamento de riscos, que é feita em função do seu potencial de dano e da probabilidade de ocorrerem (Figura 3). A zona ALARP é considerada aceitável, mas deve ser monitorada e gerenciada para garantir que o risco permaneça dentro de limites aceitáveis.

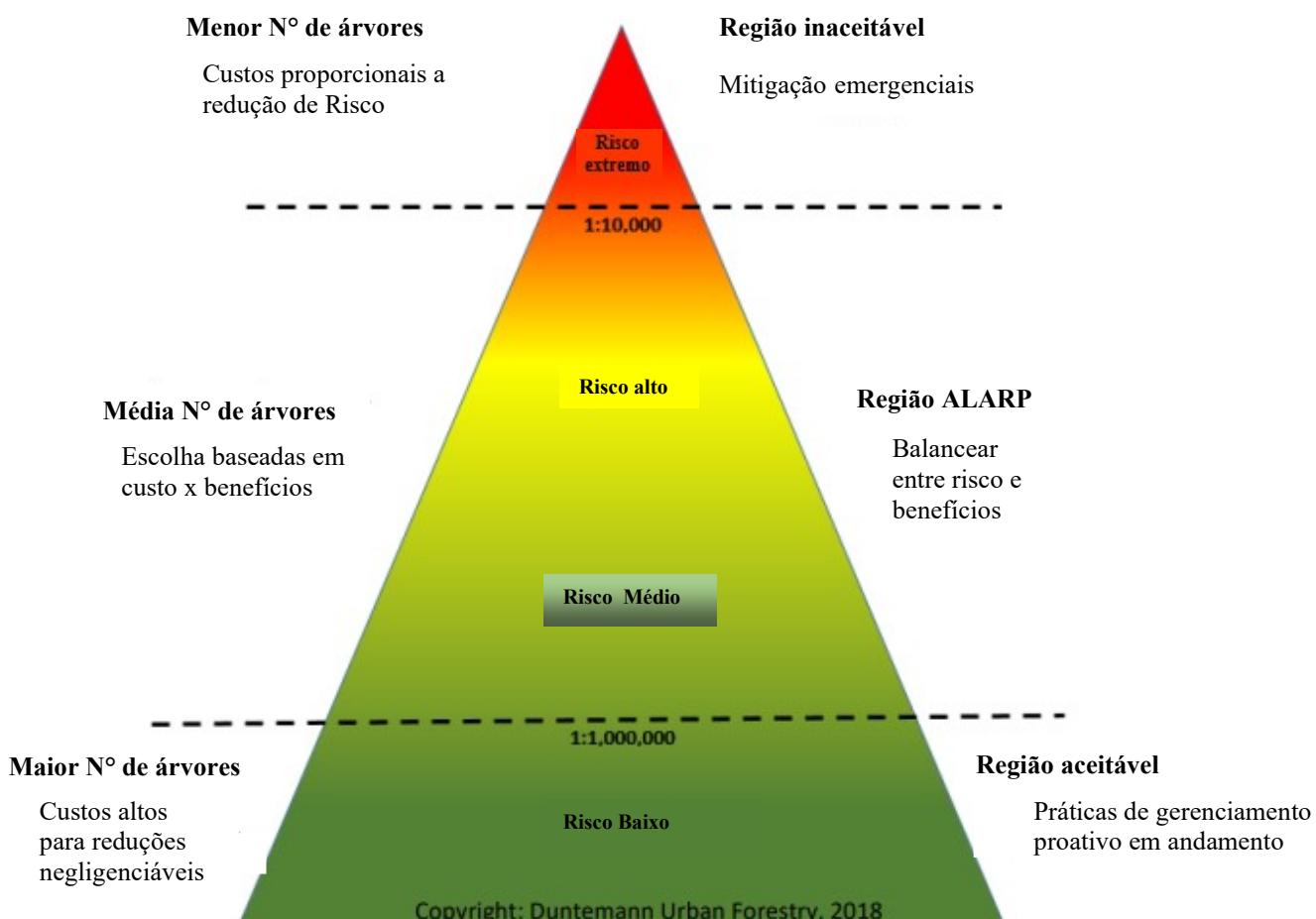


Figura 3. Pirâmide de ALARP. Fonte: traduzido de Duntemann, 2018.

No contexto da avaliação de risco de árvores em áreas urbanas, o gráfico de ALARP pode ser usado para ajudar os profissionais de arboricultura a avaliar o risco de uma árvore e identificar as medidas de controle de risco apropriadas para reduzir esse risco a um nível tolerável. Isso pode incluir a poda ou remoção da árvore, a instalação de suportes ou cabos, a criação de zonas de exclusão ou outras medidas. O gráfico mostra o total de árvores analisadas, representadas por seus respectivos níveis de risco e a urgência da necessidade de manejo (DUNSTER et al., 2013).

No entanto, o estudo de Koeser e Smiley (2017) destacou que a experiência do avaliador pode afetar as avaliações visuais de risco (TRAQ) e nas medidas de mitigação, cujos resultados mostraram que os profissionais mais experientes tinham classificações de risco mais baixas e eram menos propensos a prescrever mais medidas ativas de mitigação, como remoção de árvores.

Outros estudos como o de Reyes De La Barra (2018), destaca o método ISA como um dos mais apropriados para a avaliação visual de risco de árvores urbanas, mas ressalta a importância de considerar a natureza específica da árvore e do ambiente urbano em que ela está localizada antes de decidir qual método utilizar, além de treinar adequadamente os arboricultores para a realização de avaliações precisas e confiáveis.

### **3.6 Gerenciamento de risco da arborização**

O gerenciamento dos riscos envolvidos com as falhas de árvores urbanas garante a segurança das pessoas e das propriedades próximas de forma preventiva com a realização de podas e, quando necessária, remoção de indivíduos que apresentem riscos às pessoas e ao patrimônio público e privado (BIONDI e ALTHAUS, 2005).

Para gerenciar esses perigos, é importante realizar avaliações regulares de risco em árvores urbanas por profissionais capacitados, que podem identificar quaisquer condições precárias e recomendar medidas adequadas de prevenção ou mitigação, com uso de técnicas para fortalecer as árvores mais fracas ou a remoção de árvores perigosas (Sousa et al., 2019).

O programa Gerenciamento de Risco de Quedas ou Falhas de Árvores, implementado no Rio de Janeiro, é uma iniciativa da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB), empresa responsável por desenvolver o serviço de manejo da

arborização urbana em áreas públicas, em parceria com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente para prevenir acidentes causados por árvores em áreas públicas da cidade. Através desse programa, profissionais capacitados realizam inspeções regulares em árvores urbanas para identificar possíveis riscos e recomendar medidas preventivas, como a poda ou a remoção das árvores (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2021).

De acordo com CEMIG, 2011 as árvores apresentam em si riscos potenciais e a única forma de eliminar por completo o risco é através da remoção da árvore, no entanto, existem intervenções que se feitas de forma correta reduzem os riscos. Dentre as intervenções pode-se citar: remoção do alvo, remoção da árvore, colocar cabos, reforços e estais na árvore, utilizados como forma de suporte físico para galhos e troncos com problemas estruturais, podendo prolongar a permanência de uma árvore em determinados locais, prestar manutenção (adubação, irrigação, aplicação de cobertura morta, etc) e podas.

Segundo a norma da Associação Brasileira de Norma Técnica NBR ABNT 16246-1 (2013) existem 6 tipos de poda comumente utilizadas na arborização urbana:

i. poda de limpeza:

É a remoção de galhos mortos, senescentes, doentes, com sobrecarga, mal inseridos ou com pouco vigor.

ii. poda de raleamento ou desrama:

Remoção seletiva de galhos para melhorar a penetração de luz e a movimentação de ar na copa da árvore. Também reduz o peso de galhos muito pesados e a carga com a influência do vento, além de ajudar a manter o formato natural da árvore.

iii. poda de elevação da copa:

Poda seletiva com o intuito de fornecer espaços verticais.

iv. poda de redução de copa:

Visa reduzir o tamanho da árvore, de forma que sejam mantidas as proporções adequadas e é frequentemente utilizado para desobstrução de redes de energia

elétrica. A redução da altura ou do diâmetro da árvore é melhor obtida pelo corte do galho líder ou de galhos terminais junto a outro galho lateral a ele e de dimensão suficiente para assumir o papel de líder. Esse galho deve ter no mínimo um terço do galho a ser removido.

v. Poda de condução

Orienta-se a poda de limpeza com a remoção de galhos que possuem fraca ligação ou possam estar em atrito com outro galho ou equipamento urbano de uma cidade.

vi. Poda emergencial

É realizado de forma imediata, sem a necessidade de programação, pois visa resolver problemas emergenciais causados por galhos de árvores ou mesmo dela inteira.

Outra medida preventiva ainda pouco explorada no Brasil é a utilização de sistemas de suporte aos esforços gerados por cargas externas na estrutura das árvores. Esses suportes, que podem ser de cabeamento, estaiamento e escoras, limitam a movimentação da árvore e reduzem o risco de falhas, prologando a sua vida (SMILEY; LILLY, 2014).

Na cidade do Rio de Janeiro, no período de janeiro de 2012 à março de 2014, ocorreram 513 eventos de queda de árvore constatados pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB). A principal causa de quedas é a ocorrência de vento forte associado à chuva, o que corresponde a 88% dos casos (PDAU, 2015).

No Rio de Janeiro, o gerenciamento de risco de quedas ou falhas de árvores tem sido uma crescente preocupação, especialmente após a tragédia ocorrida em fevereiro de 2019, quando a queda de uma árvore em uma via pública causou a morte de quatro pessoas. Segundo informações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no momento do incidente, a velocidade do vento chegou a 87 km/h. Desde então, a prefeitura do Rio de Janeiro tem adotado medidas preventivas, como a realização de inspeções periódicas, a implementação de programas de poda e manutenção preventiva e a capacitação de equipes para lidar com situações de emergência (RIO DE JANEIRO,

2021). Tais medidas aumentam a segurança em relação às árvores urbanas próximas a locais de grande circulação de pessoas.

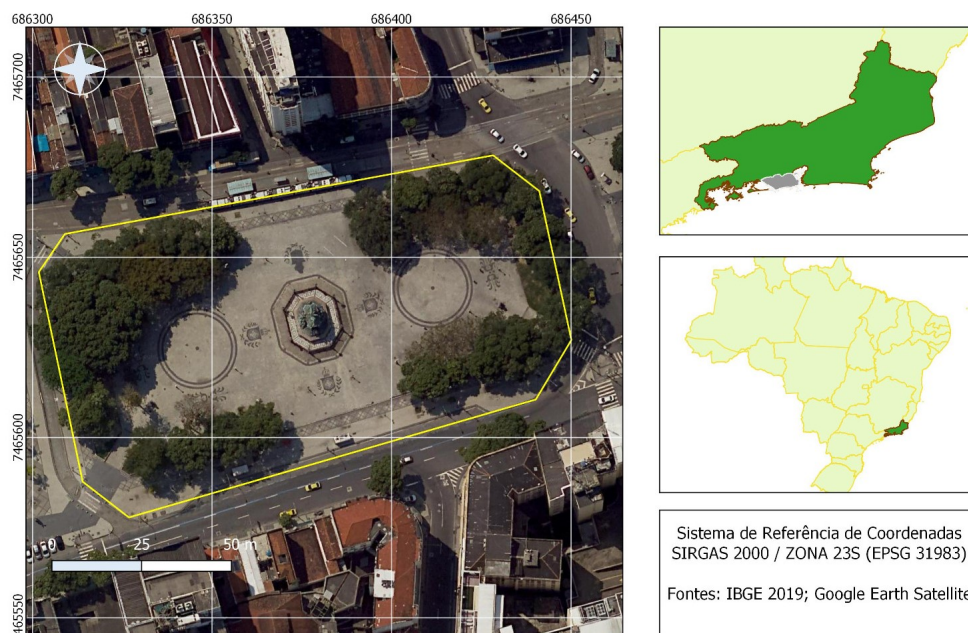
## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização e descrição da área de estudo

O presente estudo foi realizado na Praça Tiradentes, localizada no bairro da Lapa, região central do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, cujas coordenadas geográficas são 22°54'24"S de latitude, 43°10'58"W de longitude, de acordo com o software *Google Earth* (2023) (Figura 4).

O município do Rio de Janeiro localiza-se na região Sudeste do Brasil, com uma área de 1.221,30 km<sup>2</sup> e uma população de 6.718.903 habitantes (IBGE, 2021). O clima é tropical com inverno seco, a temperatura média anual é de 23°C, com verões quentes e úmidos e invernos amenos e mais secos. A precipitação é distribuída ao longo do ano, com média anual de 1.100 mm (IBGE,2021). Cerca de 50% dos domicílios urbanos possuem arborização. O solo é diverso, com argissolos, latossolos e neossolos derivados de rochas ígneas e metamórficas.

Com uma área estimada de 10.000 m<sup>2</sup> a Praça Tiradentes encontra-se situada em uma área comercial bastante movimentada, cercada por importantes vias, edifícios históricos, teatros, lojas, restaurantes e bares. A praça é considerada uma das principais áreas urbanas da região, conhecida por sua riqueza cultural, arquitetônica e, sobretudo, por seu valor histórico, sendo frequentada por um grande número de pessoas diariamente, incluindo turistas, estudantes, trabalhadores, moradores locais, além de servir como um espaço de acolhimento para os moradores em situação de rua da região. Essa presença diversa na praça é uma prova do seu papel fundamental como espaço de lazer, cultura e apoio à comunidade local.



**Figura 4.** Mapa de localização da Praça Tiradentes, centro do município do RJ. Fonte: autora, 2023.

## 4.2 Descrição e procedimentos

Para a avaliação de risco das árvores presentes na praça Tiradentes, RJ, utilizou-se o método de avaliação de risco de árvore TRAQ. O Manual do Formulário de Avaliação de Riscos de Árvores da ISA (DUNSTER et al., 2013) serviu como referência para identificar, analisar e avaliar os riscos, resultando na determinação dos níveis de risco e das medidas mitigadoras adequadas a serem tomadas.

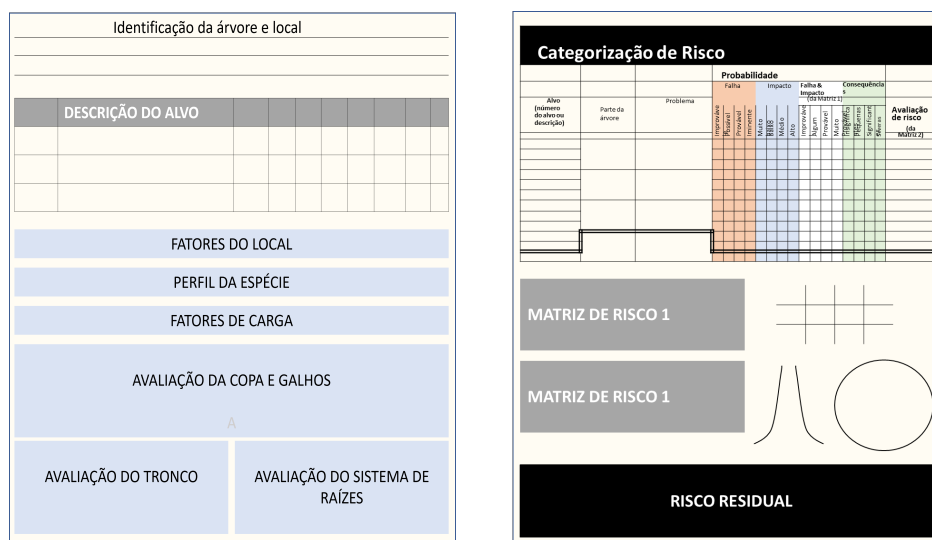
O método utilizado consistiu numa avaliação não invasiva, em nível II de acordo com a norma NBR ABNT 16.246-3:2019, que compreende em uma inspeção visual de uma volta de 360° ao redor da árvore. Essa inspeção visual foi conduzida por uma profissional com experiência, habilidade e treinamento nesse tipo de método, que analisou em detalhes, a copa, tronco, colo e área de enraizamento das árvores, bem como seu entorno. Dessa forma, foi possível identificar com maior acurácia as condições, características e conformidades das árvores avaliadas.

As ferramentas utilizadas na avaliação dos riscos foram: fita métrica para medição da circunferência da árvore a 1,30 m do solo, o martelo de borracha do arboricultor para distinguir o som da madeira funcional, disfuncional e em decomposição e um aparelho Apple iPhone 11 para os registros fotográficos e coleta



de informações em planilha criada através do *software* Excel que seguiu o modelo de ficha de campo proposto pela metodologia TRAQ (2013) (ANEXO I) adaptados ao presente estudo. O preenchimento da planilha foi conduzido com atenção, avaliando cuidadosamente e isoladamente as probabilidades de falha, impacto e consequência.

Para uma visualização mais simplificada das informações propostas pela metodologia aplicada, foi realizado um desenho esquemático do TRAQ (2013) (Figura 5).



**Figura 5.** Desenho esquemático da metodologia TRAQ frente (A) e verso (B). Fonte: TRAQ (2013).

Com os resultados foi possível determinar a quantidade de árvore por classe de risco, orientando o desenvolvimento da pirâmide “tão baixo quanto razoavelmente praticável” ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*).

#### 4.2 Coleta de dados

Os dados foram coletados em campo, em fevereiro de 2023, com o auxílio de uma planilha do software Excel contendo as seguintes informações (Quadro 1):

- I- Localização e identificação;
- II- Dimensões;
- III- Defeitos e condições que afetam a probabilidade de falha;
- IV- Categorização das probabilidades;
- V- Grau de risco;

VI- Propostas de mitigação e monitoramento;

VII- Risco residual.

**Quadro 1.** Tela da planilha em Excel para coleta de dados.

Nº da árvore	Espécie	DAP	HT	Copa	Defeitos que alteram a probabilidade de falha	P. de Falhas	P. de Impacto	Consequência da Falha	Grau de Risco	Manejo	Tipos de Poda	Avaliação a nível III	Risco Residual	Monitoramento
--------------	---------	-----	----	------	---	--------------	---------------	-----------------------	---------------	--------	---------------	-----------------------	----------------	---------------

Fonte: TRAQ adaptado (2013).

#### I- Localização e identificação

As árvores avaliadas foram numeradas sequencialmente e suas informações taxonômicas, incluindo nome científico, vulgar e família, foram registradas em campo. Em caso de dúvidas, o material foi fotografado para posterior comparação com a literatura e confirmação dos autores correspondentes. Além disso, utilizando o aplicativo *Time Stamp*, foram coletadas informações sobre a localização geográfica de cada árvore a fim de obter uma visão espacial da distribuição dos indivíduos na praça para confecção do mapa no Quantum GIS (QGIS).

#### II- Dimensões

Para obter os dados dendrométricos, realizou-se a medição da circunferência à altura do peito (CAP) de cada árvore, a 1,30 metros do solo, com o uso de uma fita métrica. Com base nessa medida, foi possível calcular o diâmetro à altura do peito (DAP) dividindo o resultado encontrado do CAP pelo número  $\pi$  (3,1416). Além disso, a altura da árvore foi estimada através da comparação com estruturas urbanas conhecidas por suas alturas, como postes de iluminação que têm aproximadamente 6 metros.

Adicionalmente, foram observadas características referentes à copa da árvore: normal, densa, descaracterizada e/ou desequilibrada.

#### III- Defeitos e condições que afetam a probabilidade de falha

Foram identificados possíveis defeitos estruturais e condições que poderiam aumentar a probabilidade de falha da árvore, que foram divididos em quatro categorias: copa, tronco, colo e área de enraizamento.

Na copa, foram observados galhos e ramos mortos, quebrados ou dependurados, além de outros problemas, como comprimento excessivo, angulados, estiolamento, deformidades, danos por pragas, brotações epicórmicas, presença de erva de passarinho e lesões. No tronco, foram identificados problemas como casca morta ou ausente, troncos codominantes com casca inclusa, rachaduras, troncos estiolados, ocos ou lesionados, cancrios, infestação de cupins, brocas, fungos ou formigas, presença de corpos de frutificação, cavidades aparentes e não aparentes e inclinação. E no colo e área de enraizamento, foram observadas características relacionadas a lesões ou ocos, infestação de cupins, brocas, fungos ou formigas, cavidades aparentes ou não aparentes, presença de raízes estranguladoras, compactadas, mortas ou expostas e corpos de frutificação.

#### IV- Categorização das probabilidades

Com o objetivo de delimitar o escopo desta pesquisa, a avaliação da probabilidade de falha foi restrita àquela que apresentasse a maior severidade de consequência, podendo ocorrer em qualquer parte da árvore, incluindo copa, tronco, colo ou área de enraizamento. Adicionalmente, vale ressaltar que foi estabelecido um período de um ano, a ser considerado pelo avaliador ao realizar a avaliação da probabilidade de falha.

Além disso, o foco desta pesquisa foi limitado às pessoas, considerando o seu uso e frequência na área avaliada. A taxa de ocupação do alvo foi mensurada a partir da projeção da falha. Quando a projeção da falha estivesse direcionada para fora da praça, o alvo, “pessoa” foi considerado como frequente. Já quando estivesse direcionada para dentro da praça o alvo foi considerado como ocasional.

E também foi avaliada a probabilidade de ocorrência de diversas consequências, incluindo mortes, ou ferimentos leves ou graves.

#### V- Grau de risco

Com o objetivo de determinar o nível de risco, foram analisados os dados referentes às probabilidades de falha, bem como ao impacto e às consequências esperadas para cada árvore avaliada.

## VI- Propostas de mitigação e monitoramento

Com base nos resultados do grau de risco identificado para cada árvore, foram propostas diversas opções de mitigação para minimizá-los, como: remoção do alvo ou restrição de acesso, tipos de poda recomendadas pela NBR ABNT 16246-1:2013 (como limpeza, raleamento, condução, elevação da copa, redução da copa e poda emergencial), sistemas de suporte auxiliares para árvores, controle fitossanitário, intervenções na compactação do solo, adequação da gola e avaliação a nível III (utilizando técnicas como tomografia, penetrografia e georadar) ou mesmo a remoção da árvore.

E por fim, foram recomendados intervalos de inspeção variando entre 3 e 12 meses para monitoramento.

## VII- Risco residual

Após a implementação de medidas de controle para redução dos riscos ao mínimo possível, foram avaliados os riscos residuais remanescentes, que se referem aos riscos que permanecem mesmo após a adoção das medidas de controle. Os riscos residuais foram classificados em diferentes níveis: baixo, moderado, alto, extremo e risco eliminado.



**Figura 6.** Registro de dados referentes à análise de risco de risco na Praça Tiradentes, Rio de Janeiro.

Fonte: autora, 2023.

### 4.3. Análise e interpretação dos dados

#### 4.3.1 Categorização dos riscos e medidas mitigadoras

Para a categorização dos riscos, foram empregadas escalas específicas para avaliar cada componente. A escala de probabilidade de falha foi categorizada em improvável, possível, provável e iminente. Já a escala de probabilidade de impacto foi categorizada em muito baixa, baixa, média e alta, enquanto a escala de consequências foi categorizada em desprezível, menor, significativa e grave.

Os quadros 2, 3 e 4, a seguir apresentam as descrições de cada alternativa possível das probabilidades de falha, impacto e consequência da falha.

#### Quadro 2. Categorização da probabilidade de falha

Improvável - A árvore ou parte dela não está sujeita à falha durante condições climáticas normais e não é esperado que venha a falhar em condições climáticas adversas, em dado período de tempo.
Possível - A falha pode ocorrer, mas não é esperado que ocorra em situações climáticas normais em um dado período de tempo.
Provável - A falha pode ocorrer em condições climáticas normais em um dado período de tempo.
Iminente - A falha já se iniciou ou pode ocorrer em um futuro próximo, mesmo que não haja vento ou cargas adicionais.

Fonte: TRAQ, 2013.

#### Quadro 3. Categorização da probabilidade de impacto

Alto - A árvore ou parte dela irá acertar o alvo (mais que 50% de chance)
Médio - A árvore ou parte dela pode acertar o alvo (50% de chance)
Baixo - Não é provável que a árvore ou parte dela acerte o alvo (Menos de 50% de chance)
Muito Baixo - é remota a chance de impacto da árvore ou parte dela em um alvo.

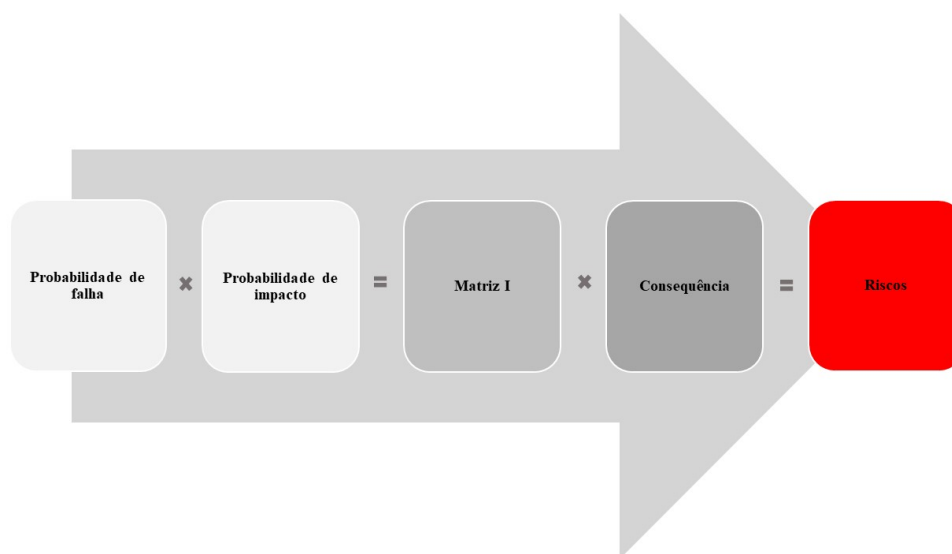
Fonte: TRAQ, 2013.

**Quadro 4.** Categorização da consequência da falha

Desprezível - Não há injúria pessoal, danos em propriedade de baixo valor ou interrupções que podem ser mitigadas ou reparadas com facilidade.
Menor - Injúrias pessoais pequenas, danos em propriedade de valor baixo à médio ou interrupção de atividades menores (como trânsitos).
Significantes - Injúrias pessoais, danos a propriedade de valor moderado ou interrupção de atividades moderadas.
Grave - grave injúria pessoal ou morte. Danos em propriedade de alto valor ou interrupção de atividades importantes (como interrupção distribuição de energia para um hospital).

Fonte: TRAQ, 2013.

Os resultados da avaliação das probabilidades de falha, impacto e consequência foram consolidados para criar uma classificação geral do risco associado a cada árvore, como ilustrado na Figura 7. Importante relatar que as alternativas selecionadas para cada uma das probabilidades foram avaliadas isoladamente, em cada árvore, não havendo influência no resultado final.



**Figura 7.** Fluxograma das matrizes de risco. Fonte: TRAQ (2013).

As informações obtidas pela probabilidade de falha foram combinadas ao impacto em uma matriz de risco (quadro 4) e, em seguida, combinado com a probabilidade de consequência da falha em uma segunda matriz (quadro 5) e o resultado, enquadrado em um dos quatro níveis de risco, que auxiliou a definir o melhor

manejo a ser adotado: risco máximo, alto, moderado e baixo (KOESER; SMILEY, 2017).

**Quadro 5.** Matriz de probabilidade (probabilidade de falha x impacto)

Probabilidade de falha	Probabilidade de atingir o alvo			
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta
<b>Iminente</b>	Improvável	Pouco provável	Provável	Muito provável
<b>Provável</b>	Improvável	Improvável	Pouco provável	Provável
<b>Possível</b>	Improvável	Improvável	Improvável	Pouco provável
<b>Improvável</b>	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável

Fonte: TRAQ (2013).

**Quadro 6.** Matriz de graduação de risco

Probabilidade de falha e impacto	Consequências da falha			
	Desprezíveis	Menores	Significantes	Graves
<b>Muito provável</b>	Baixo	Moderado	Alto	Extremo
<b>Provável</b>	Baixo	Moderado	Alto	Alto
<b>Pouco provável</b>	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado
<b>Improvável</b>	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

Fonte: TRAQ (2013).

Posteriormente, esse mesmo conjunto de dados fornecidos pelas avaliações de risco em planilha Excel foram modelados em tabela dinâmica no software *Tableau* e apresentados em tabelas permitindo a visualização dos dados que auxiliaram a detalhar as informações desejadas, facilitando a interpretação dos dados referentes as probabilidades de falhas, da frequência dos alvos e os prejuízos que podem ocorrer, orientando na tomada de decisão na mitigação dos seus riscos e na melhoria do gerenciamento dos riscos da praça.

#### 4.3.2 Elaboração da pirâmide ALARP

Para a construção da pirâmide (ilustrativa) foram identificadas medidas de controle de risco que fossem aceitáveis ao risco em questão, a fim de reduzir o risco a um nível tolerável e a ordem de prioridade dessas ações mitigadoras seguiu a compreensão do risco residual deixado na árvore.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Espécies e características dendrométricas

A avaliação de risco realizada na praça Tiradentes identificou um total de 42 indivíduos arbóreos e 01 único não arbóreo (palmeira), distribuídos em seis famílias botânicas que pertencem a sete espécimes diferentes (Tabela 1). Além disso, no interior da praça havia uma muda da espécie *Libidibia ferrea* que foi mensurada, mas não participou da avaliação de risco do presente estudo.

**Tabela 1.** Frequência absoluta (FA) e frequência relativa (FR) dos indivíduos arbóreos presentes na praça Tiradentes, Rio de Janeiro, RJ.

Nome Científico	Nome popular	Família	Origem	FA	FR
<i>Ficus religiosa</i> L.	figueira	Moraceae	Exótica	1	2%
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	pau-ferro	Fabaceae	Nativa	15	35%
<i>Moquilea tomentosa</i> (Benth.)	oiti	Chrysobalanaceae	Nativa	21	49%
<i>Tamarindus indica</i> L.	tamarindo	Fabaceae	Exótica	2	5%
<i>Terminalia catappa</i> L.	amendoeira	Combretaceae	Exótica	1	2%
<i>Pterygota brasiliensis</i> Allemão	pau rei	Malvaceae	Nativa	2	5%
<i>Licuala grandis</i> H. Wendl. ex Linden	palmeira-leque	Arecaceae	Exótica	1	2%
<b>Total</b>				43	100%

Fonte: Autora, 2023.

Dentre as espécies encontradas na praça, 88% são nativas e 12% são exóticas. Esses dados podem ser considerados bastante satisfatório de acordo com Osako et al. (2016) que destacam as espécies nativas como as mais adequadas para compor a arborização urbana de uma cidade, pois possuem características que as tornam mais adaptadas às condições climáticas locais e maior compatibilidade com a fauna local o que contribui para a conservação da biodiversidade urbana e facilita o planejamento de plantios e manejos.

Verificou-se que a espécie *Moquilea tomentosa* (Benth.) (oiti) foi a mais representativa, com 21 indivíduos, correspondendo a 49% do total de árvores analisadas. A espécie *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz (pau-ferro) foi a segunda de maior ocorrência, com 15 indivíduos, representando 35% do total. Essas espécies também são comuns em outros locais da cidade do Rio de Janeiro e foram



incluídas na lista das espécies mais frequentemente utilizadas na arborização urbana, conforme o Plano Diretor de Arborização Urbana (2015) (Figura 8).



**Figura 8.** Homogeneização da paisagem representada pelas espécies arbóreas mais frequentes na Praça Tiradentes. Fonte: Autora, 2023.

O estudo conduzido por Zamproni, et al. (2018), sobre o diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária do município de Bonito (MS), evidenciou a frequência de 63,27% da espécie oiti na cidade. Silva Filho (2002) já destacou a dominância da espécie oiti (21,54%) na arborização de vias públicas do município de Jaboticabal-SP, indicando boa distribuição em relação a outras cidades, mas mostrou uma tendência preocupante de perda da diversidade, bem como de riscos para a arborização decorrentes dos novos plantios dessa mesma espécie.

Acredita-se que o uso excessivo do oiti como espécie predominante nas áreas públicas possa ser atribuído às suas características estéticas e outras qualidades desejáveis, como a adaptabilidade às condições urbanas, a capacidade de fornecer bom sombreamento e a baixa interferência com equipamentos urbanos. No entanto, é fundamental ressaltar a importância de incluir uma maior diversidade de espécies no planejamento da arborização urbana da cidade (RJ), a fim de garantir a sustentabilidade e a resiliência do ecossistema urbano e evitar a perda da biodiversidade.

Conforme as diretrizes de Santamour (1999), silvicultores urbanos e arboristas municipais devem plantar não mais do que 10% de qualquer espécie, 20% de qualquer

gênero e 30% de qualquer família para promover a diversidade de árvores em suas áreas de atuação. É altamente recomendável por Milano e Dalcin (2000) que esse número fique entre 10 e 20 espécies diferentes na arborização de uma cidade. Percentuais maiores que o sugerido por Santamour (1999), podem expor a inúmeros riscos, como pragas e patógenos, que podem agir de forma invisível e se proliferar facilmente, causando danos irreparáveis. E acrescentam que a distribuição das espécies também pode agravar a situação, especialmente quando alinhadas, aumentando a probabilidade de disseminação rápida de doenças ou pragas, conforme situação similar que ocorre na praça Tiradentes (Figura 9).



**Figura 9.** Distribuição em linha das espécies arbóreas pau ferro (A) e oiti (B), espécies mais frequentes na praça. Fonte: Autora, 2023.

O diâmetro médio a 1,30 cm acima do solo (DAP) das árvores amostradas foi de 0,48 m e a altura média foi de 10,45 m, o que indica que a grande maioria são indivíduos adultos (Tabela 2). Pelo valor mínimo do DAP observado, nota-se também a presença de indivíduos em estágio primário de desenvolvimento. De acordo com Pagliari e Dorigon (2013) o crescimento em diâmetro é influenciado pelo espaçamento,

fatores genéticos e interações com o ambiente, e em geral, primeiro a árvore cresce em altura e depois em diâmetro.

**Tabela 2.** Diâmetro médio (DAP) e altura média (Ht), em metros, dos indivíduos arbóreos da praça Tiradentes, RJ.

<b>Parâmetro</b>	<b>Média</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>DAP</b>	0,48	1,2	0,15
<b>Ht</b>	10,45	3	17,5

Além disso e como dito anteriormente, foi observada a presença de um exemplar jovem em estágio de muda, que apresentou boas condições fitossanitárias. No entanto, torna-se necessário o tutoramento (técnica de sustentação) assim como uma poda de condução, uma vez que o exemplar possui um diâmetro à altura do peito (DAP) de aproximadamente 0,01 m e altura de 2 m, dimensões inferiores aos padrões estabelecidos pela Resolução FPJ 112/2012 para a arborização pública do município (Figura 10).



**Figura 10.** Vista da muda de pau ferro presente na praça Tiradentes. Fonte: Autora, 2023.

Em relação ao tamanho e às características da copa das árvores, observou-se que apenas 9 indivíduos (21%) apresentaram uma copa com tamanho e densidade relativamente normais, no entanto, a maioria das árvores (67%) apresentou copas grandes e densas. De acordo GREY & DENEKE (1978) copas grandes e densas podem ter um impacto significativo na qualidade do serviço ambiental prestado pelas árvores, pois acreditam que a forma e o tamanho das folhas, a densidade foliar e o tipo de ramificação são determinantes ao avaliar o papel das árvores em fornecer benefícios ambientais, como a melhoria da qualidade do ar, conforto térmico e a proteção da biodiversidade. Salienta-se ainda que, 5% representaram copa descaracterizada e 7% copa desequilibrada com galhos crescendo na direção de ruas o que contribui para o aumento da probabilidade de ocorrência de queda de galhos sobre os transeuntes.

**Tabela 3.** Tamanho e características das copas das árvores encontradas na praça Tiradentes/RJ.

<b>Espécie</b>	<b>Normal</b>	<b>Descaracterizada</b>	<b>Desequilibrada</b>	<b>Densa</b>	<b>Total (%)</b>
Amendoeira			1		2%
Ficus religiosa				1	2%
Oiti	1			20	49%
Palmeira leque	1				2%
Pau Ferro	7	1	1	6	35%
Pau rei		1	1		5%
Tamarindo				2	5%
<b>Total (%)</b>	<b>21%</b>	<b>5%</b>	<b>7%</b>	<b>67%</b>	<b>100%</b>

## 5.2 Avaliação de risco das árvores da Praça Tiradentes

Todas as árvores da praça foram avaliadas e apresentaram algum grau de risco. Foram identificados os problemas mais comuns em cada parte das árvores que apresentaram maior severidade, tendo como foco a segurança das pessoas. Os resultados completos deste estudo encontram-se disponíveis nos apêndices A e B, que contêm, respectivamente, uma planilha geral da avaliação visual de risco de todas as árvores da praça Tiradentes e um relatório fotográfico dessas árvores.

Constatou-se que a região do colo foi a mais afetada, representada por 15 indivíduos (35%) (Tabela 4). Em seguida, a copa foi identificada como a segunda parte mais suscetível a problemas em 14 indivíduos (32%). Já a área de enraizamento e o

tronco apresentaram proporções menores, com 9 (21%) e 5 indivíduos (12%), respectivamente.

**Tabela 4.** Percentuais das regiões de falhas das árvores que apresentaram maior severidade, dentre copa, tronco, colo e área de enraizamento.

<b>Espécie</b>	<b>Copa</b>	<b>Tronco</b>	<b>Colo</b>	<b>Área de enraizamento</b>	<b>Total (%)</b>
Amendoeira		1			2%
Ficus religiosa	1				2%
Oiti	5	2	5	9	49%
Palmeira leque			1		2%
Pau Ferro	6	1	8		35%
Pau rei	2				5%
Tamarindo		1	1		5%
<b>Total (%)</b>	<b>32%</b>	<b>12%</b>	<b>35%</b>	<b>21%</b>	<b>100%</b>

Um estudo similar realizado nas vias públicas de Nova Olímpia, Paraná, identificou a região do colo como a mais preocupante em termos de risco de queda, com uma alta frequência de problemas graves, avaliados com nota 5, o que corresponde a 4,69% (EMERICK, 2021). Embora seja importante monitorar essa região para garantir a segurança da população e a preservação do patrimônio arbóreo da cidade, estudos indicam que a quebra de ramos é sete vezes mais comum do que a queda de árvores inteiras (COELHO-DUARTE et al., 2021).

### 5.2.1 Região do colo

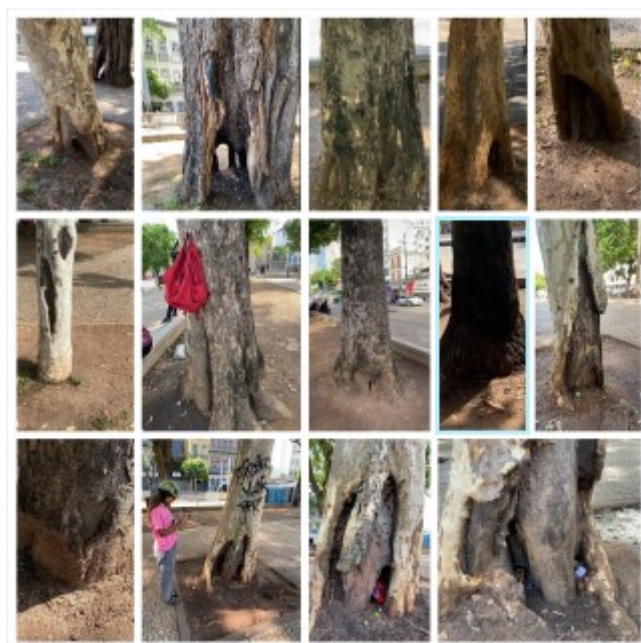
Ao avaliar os parâmetros relacionados às falhas de maior severidade na região do colo das árvores, observou-se que 11 indivíduos apresentaram cavidades aparentes, representando 26% do total de espécimes avaliados (Quadro 7). Desses, sete pertencem à espécie pau ferro, um à espécie tamarindo e três à espécie oiti. Além disso, foram identificados quatro indivíduos com ocos ou lesões, representando 9% do total de indivíduos avaliados. Entre esses indivíduos, dois pertencem a espécie oiti, um à espécie de pau ferro e um à espécie de palmeira leque.

Ainda no Quadro 7 pode-se encontrar, na primeira coluna, o número da árvore que apresentou a falha. As imagens dessas falhas podem ser visualizadas na Figura 11,

enquanto detalhes completos de todas as árvores encontram-se disponíveis nos Apêndice A (planilha geral da avaliação de risco) e B (registros fotográficos).

**Quadro 7.** Falhas encontradas na região do colo e suas respectivas categorizações quanto a probabilidade de falha, impacto, consequência da falha e seu respectivo grau de risco destacado pela cor.

Nº da árvore	Espécie	Defeitos ou condições que afetam a P. de Falha	Probabilidade de Falha	Probabilidade de Impacto	Probabilidade de Consequência	Grau de Risco
1	Pau Ferro	Cavidade aparente	Iminente	Baixo	Graves	Moderado
2	Tamarindo	Cavidade aparente	Iminente	Médio	Graves	Alto
8	Oiti	Cavidade aparente	Possível	Médio	Graves	Baixo
9	Pau Ferro	Cavidade aparente	Possível	Baixo	Graves	Baixo
12	Oiti	Cavidade aparente	Possível	Médio	Graves	Baixo
18	Pau Ferro	Cavidade aparente	Provável	Baixo	Graves	Baixo
20	Pau Ferro	Oco ou lesão	Improvável	Baixo	Graves	Baixo
23	Oiti	Oco ou lesão	Improvável	Médio	Graves	Baixo
25	Oiti	Cavidade aparente	Possível	Médio	Graves	Baixo
31	Palmeira leque	Oco ou lesão	Possível	Médio	Graves	Baixo
32	Pau Ferro	Cavidade aparente	Iminente	Baixo	Graves	Moderado
35	Oiti	Oco ou lesão	Possível	Médio	Graves	Baixo
38	Pau Ferro	Cavidade aparente	Iminente	Baixo	Graves	Moderado
40	Pau Ferro	Cavidade aparente	Iminente	Médio	Graves	Moderado
42	Pau Ferro	Cavidade aparente	Iminente	Médio	Graves	Alto



**Figura 11.** Cavidades ou lesões presentes do colo dos indivíduos arbóreos da praça Tiradentes, RJ. Fonte: Autora, 2023.

Na região do colo, foram identificados seis indivíduos (14%) classificados como iminentes, ou seja, cujas falhas já iniciaram ou podem ocorrer em um futuro próximo mesmo sem carga adicional. Para esses indivíduos, observou-se a presença de cavidades aparentes com alto grau de criticidade, resultando em risco moderado (9%) e alto (5%). Nesses casos, medidas de controle como podas de redução de massa foliar, tratamentos fitossanitários, sistemas de suporte e avaliações de risco avançada, não seriam eficazes para minimizar os riscos de queda, além de altos custos de manutenção e risco residual inaceitável para a segurança de pessoas. Portanto, a recomendação mais adequada foi a supressão arbórea desses seis exemplares, eliminando o risco residual e dispensando a necessidade de monitoramento futuro. Vale destacar que, dentre esses seis exemplares, cinco pertencem à espécie pau ferro e apenas um exemplar da espécie tamarindo. Devido à urgência da situação, recomendou-se a remoção imediata do espécime de tamarindo, enquanto os outros exemplares receberam apenas a recomendação de remoção (Figura 12).



Alternativa de mitigação: Remoção imediata  
 Intervalo de inspeção recomendado: N/A  
 Risco residual: Eliminado

**Figura 12.** Cavidades presentes no colo do tamarindo, bem como os resultados da avaliação de risco realizada para este espécime. Fonte: autora, 2023.

Para os indivíduos classificados como risco baixo (21%), foram recomendadas medidas de controle, como a realização de podas de limpeza para a remoção de galhos secos, quebrados ou infestados por pragas; a poda de raleamento indicada para reduzir o efeito de vela causado pelos ventos e, em casos específicos, a poda de redução de copa para diminuir o peso sobre as raízes.

Matriz de Probabilidade (falha x impacto = matriz I)

Probabilidade de falha	Probabilidade de atingir o alvo			
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta
<b>Iminente</b>	Improvável	Pouco provável	<b>Provável</b>	Muito provável
Provável	Improvável	Improvável	Pouco provável	Provável
Possível	Improvável	Improvável	Improvável	Pouco provável
Improvável	Improvável	Improvável	Improvável	Improvável

Matriz de Graduação de Risco

Probabilidade de falha e impacto	Consequências da falha			
	Desprezíveis	Menores	Significantes	Graves
<b>Muito provável</b>	Baixo	Moderado	Alto	Extremo
<b>Provável</b>	Baixo	Moderado	Alto	<b>Alto</b>
<b>Pouco provável</b>	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado
<b>Improvável</b>	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

Além disso, nas árvores que foram sugeridas as podas, também foi recomendado a avaliação a nível III segundo a NBR ABNT 16.246-3:2019, que utiliza técnicas como tomografia e penetrografia para avaliar a qualidade e resistência da madeira. O monitoramento sugerido para essas árvores, de uma nova inspeção, foi de um intervalo de três a seis meses. Tais medidas de controle recomendadas visaram garantir a estabilidade das árvores e evitar riscos de queda ou supressão antecipada.

No entanto, um único exemplar da espécie pau ferro classificado como risco baixo, apresentou alto comprometimento estrutural irreversível na região do colo, tornando a sua permanência no local inviável (Figura 13). Nesse caso, foi recomendada a remoção da árvore, uma vez que ela não apresenta condições seguras. É importante ressaltar que esse exemplar se trata de um indivíduo jovem e ainda está em fase de desenvolvimento, o que permite a sua substituição, ao invés de gastar custos elevados com medidas de controle irremediáveis. Portanto, considerando o custo-benefício, a remoção e substituição da árvore é a opção mais indicada.



**Figura 13.** Espécime de pau ferro com cavidade na região do colo recomendado para remoção. Fonte: autora, 2023.



Ainda de acordo com os resultados do Quadro 7, observou-se que 21% indicaram uma frequência média de alvos (pessoas) na qual a árvore pode atingir o alvo com uma chance de 50%. Isso sugere que a falha encontra-se projetada para fora da praça, local de maior tráfego de pedestres. Já os outros 14% indicaram uma frequência baixa, o que sugere que é menos provável que a árvore possa atingir um alvo, com menos de 50% de chance, uma vez que a falha foi projetada para dentro da praça, onde há menos pessoas circulando.

Por fim, a consequência da falha foi categorizada como grave, uma vez que a falha encontra-se localizada na região do colo e há um alto risco de queda total da árvore, o que poderia resultar em sérias lesões pessoais ou até mesmo morte, especialmente considerando a possibilidade de pessoas serem atingidas.

Os resultados revelaram que, quando a cavidade compromete a estabilidade da árvore e a segurança dos munícipes, alvos frequentes e com risco de morte, a remoção da árvore é recomendada. No entanto, em alguns casos, mesmo árvores com cavidades menores podem representar um risco de queda, especialmente se a cavidade estiver associada a podridões internas ou fissuras extensas no tronco como informado no Guia do Arborista (LILLY, 2015) ou à inclinação (WEBER; BRAZOLIN, 2022) ou mesmo se estiver localizada em áreas de grande circulação de pessoas ou veículos. De acordo com Brobowski (2016), a base do tronco é uma das regiões mais críticas de uma árvore em termos de risco de queda. Isso ocorre porque a base do tronco é responsável por suportar o peso da árvore e resistir às forças exercidas pelo vento e outras condições climáticas adversas. Portanto, qualquer defeito que comprometa a integridade estrutural dessa região pode aumentar significativamente o risco de queda da árvore.

### 5.2.2 Região da copa

Ao analisar os parâmetros relacionados às falhas mais severas na região da copa das árvores, constatou-se que 6 indivíduos, (14% do total de espécimes avaliados) apresentaram galhos e ramos mortos (Quadro 8). Dessas ocorrências, três pertenciam à espécie oiti, dois à espécie pau rei e um à espécie pau ferro. Além disso, foram observados cinco indivíduos com galhos angulados ou deformados, totalizando 11% do total de indivíduos avaliados (Figura 14). Desses, quatro pertenciam à espécie pau ferro

e um à espécie oiti. Ainda, apenas um exemplar de figueira (2%) apresentou um galho de DAP de 0,35 m com sinais de praga e dois paus ferros (5%) apresentaram galhos quebrados ou dependurados.

Galhos secos podem quebrar facilmente em ventos fortes, enquanto galhos angulados podem apresentar estruturas frágeis e propensas a quebras. A remoção desses galhos pode ser necessária para prevenir acidentes e garantir a saúde da árvore. A poda de limpeza e condução são técnicas usadas para remover galhos mortos, doentes ou indesejáveis, visando a saúde, segurança e estética da árvore. É essencial monitorar regularmente e remover esses galhos para manter um ambiente seguro ao redor delas, pois de acordo com SEITZ (1990), a copa deve ser manejada apenas quando necessário ou quando servir para direcionar a ocupação do espaço.

**Quadro 8.** Falhas encontradas na região da copa e suas respectivas categorizações quanto a probabilidade de falha, impacto, consequência da falha e seu respectivo grau de risco destacado pela cor.

Nº da árvore	Espécie	Defeitos ou condições Copa e Galhos	Probabilidade de Falhas	Probabilidade de Impacto	Probabilidade de Consequências	Grau de Risco
3	Pau Ferro	Galhos angulados/ deformados	Provável	Baixo	Menores	Baixo
5	Pau Ferro	Galhos angulados/ deformados	Provável	Baixo	Menores	Baixo
7	Pau Ferro	Galhos angulados/ deformados	Provável	Baixo	Menores	Baixo
10	Oiti	Galhos angulados/ deformados	Provável	Médio	Menores	Baixo
13	Oiti	Galhos e ramos mortos	Iminente	Médio	Menores	Moderado
14	Pau Ferro	Galhos angulados/ deformados	Provável	Baixo	Menores	Baixo
15	Oiti	Galhos e ramos mortos	Provável	Médio	Menores	Baixo
19	Oiti	Galhos e ramos mortos	Iminente	Baixo	Menores	Baixo
24	Pau Ferro	Galhos e ramos mortos	Iminente	Baixo	Menores	Baixo
26	Pau rei	Galhos e ramos mortos	Iminente	Baixo	Significantes	Moderado
28	Pau Ferro	Galhos quebrados ou dependurados	Iminente	Baixo	Menores	Baixo
29	Pau rei	Galhos e ramos mortos	Iminente	Baixo	Significantes	Moderado
34	Ficus religiosa	Galho praguejado	Provável	Médio	Graves	Moderado
37	Oiti	Galhos quebrados ou dependurados	Iminente	Baixo	Menores	Baixo



**Figura 14.** Galhos e ramos secos, angulados e praguejados presentes nos indivíduos arbóreos da praça Tiradentes, RJ. Fonte: Autora, 2023.

Constatou-se que sete indivíduos (correspondentes a 16% do total de árvores na praça) apresentaram risco iminente na região da copa devido à presença de galhos e ramos secos, quebrados e/ou pendurados, propensos a cair em condições climáticas normais. Os galhos secos representam 7% do grau de risco moderado na região da copa, possivelmente explicado pela sua projeção do galho direcionado à rua, local considerado frequente na pesquisa, com consequência “menores” ou também quando esses galhos secos projetados para dentro da praça, local considerado ocasional, mas com o cenário em que há injúrias em pessoas, consequência considerada “significantes”. Enquanto o restante, 16% dos indivíduos, compostos em sua maioria por galhos angulados ou deformados do pau ferro, foram classificados como prováveis. Isso significa que a falha desses galhos pode ocorrer em condições climáticas normais no prazo de um ano, intervalo de tempo de nova avaliação de risco.

Dos 32% que representam as falhas na região da copa das árvores da praça, constatou-se que 5 indivíduos (12%) são representados por oitis, possivelmente devido a sua frequência, mas como já mencionado anteriormente, apenas um único indivíduo foi categorizado como moderado, os outros quatro foram categorizados como riscos baixo,

que podem ser facilmente manejados com uma poda de limpeza, monitorados e gerenciados. Em um estudo conduzido por Mendes et. al. (2020) sobre valoração monetária do patrimônio arbóreo de Piracicaba/SP baseado na magnitude da copa, estimou em R\$ 40.899.373,00 o um patrimônio arbóreo anual da cidade, na qual o oiti foi uma das espécies em destaque, com mais de R\$ 1.000,00 por ano de benefícios.

### 5.2.3 Região do tronco

Em resumo, a análise dos defeitos nos troncos das árvores indicou que a maioria delas apresenta riscos baixos e podem ser corrigidas com podas de condução. No entanto, os casos de risco moderado requerem atenção especial e medidas específicas para garantir a saúde e segurança das árvores.

Durante a análise dos defeitos nos troncos, foi observada a codominância do tronco com casca inclusa, que pode apresentar falhas, mas é improvável que ocorram em condições climáticas normais. Essas falhas representam um risco baixo (5%) e podem ser corrigidas com podas de condução. Além disso, apenas 2% dos casos de risco baixo foram encontrados em um exemplar de oiti, que se encontra em estado satisfatório e apresenta apenas uma leve inclinação que é improvável que ocorra.

No entanto, dois indivíduos arbóreos apresentaram risco moderado, sendo um exemplar da espécie tamarindo que apresentou uma cavidade não aparente que para corrigir o problema, é recomendado realizar poda de limpeza para remover a erva de passarinho encontrada, poda de redução de copa e raleamento, além de uma avaliação a nível III com o auxílio de tomografia, penetrografia e georadar.

A medida de controle recomendada pode ser confirmada por Brazolin et al. (2009) que nesses casos o recomendável é manter o monitoramento constante nessas situações, uma vez que a presença de cavidades ou deterioração da madeira interna pode não ser evidente através da avaliação visual externa, especialmente quando não há aberturas externas de cavidades, conforme observado em campo. O intervalo de inspeção recomendado foi de 6 meses.

**Quadro 9.** Falhas encontradas na região do tronco e suas respectivas categorizações quanto a probabilidade de falha, impacto, consequência da falha e seu respectivo grau de risco destacado pela cor.

Nº da árvore	Espécie	Tronco	Probabilidade de Falhas	Probabilidade de Impacto	Probabilidade de Consequência	Grau de Risco
11	Oiti	Troncos codominantes com casca inclusa 1 troncos	Possível	Médio	Graves	Baixo
16	Pau Ferro	codominantes Cavidade não	Possível	Baixo	Graves	Baixo
27	Tamarindo	aparente	Provável	Médio	Graves	Moderado
33	Amendoeira	Inclinação	Provável	Médio	Graves	Moderado
39	Oiti	Inclinação	Improvável	Médio	Graves	Baixo



**Figura 15.** Cavidades ou lesões presentes no tronco dos indivíduos arbóreos da praça Tiradentes, RJ.

#### 5.2.4 Região da área de enraizamento

Ao avaliar os parâmetros relacionados à área de enraizamento percebeu-se a exposição de raízes (14%) categorizadas como risco baixo, pois mesmo que expostas foram classificadas como falha improvável de acontecer; presença de raízes estranguladoras (5%) na qual sintomas são difíceis de se diagnosticar na avaliação

visual, pois de acordo com o Guia do arborista para certificação (LILLY, 2015), no geral, essas raízes estranguladoras se parecem com distúrbios associados a outros elementos causadores de estresse. E a compactação do solo que foi avaliada como a falha de maior severidade para um único exemplar listado no Quadro 10, porém é um problema que acomete a todas as árvores da praça.

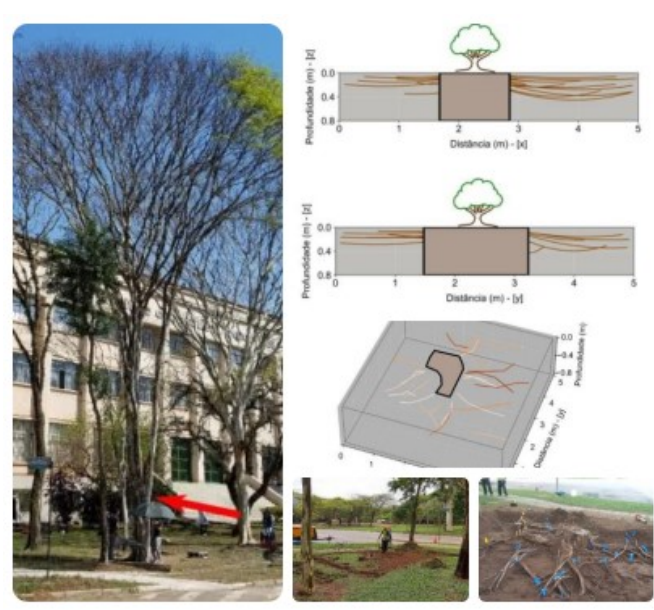
**Quadro 10.** Falhas encontradas na região da área de enraizamento e suas respectivas categorizações quanto a probabilidade de falha, impacto, consequência da falha e seu respectivo grau de risco.

Nº da árvore	Espécie	Área enraizamento	Probabilidade de Falhas	Probabilidade de Impacto	Probabilidade de Consequência	Grau de Risco
4	Oiti	Raízes expostas	Improvável	Médio	Graves	Baixo
6	Oiti	Raízes expostas	Improvável	Médio	Graves	Baixo
17	Oiti	Raízes estranguladoras	Possível	Médio	Graves	Baixo
21	Oiti	Raízes estranguladoras	Possível	Médio	Graves	Baixo
22	Oiti	Compactação da área radicular	Improvável	Médio	Graves	Baixo
30	Oiti	Raízes expostas	Possível	Médio	Graves	Baixo
36	Oiti	Raízes expostas	Improvável	Médio	Graves	Baixo
41	Oiti	Raízes expostas	Improvável	Médio	Graves	Baixo
43	Oiti	Raízes expostas	Improvável	Médio	Graves	Baixo



**Figura 16.** Raízes expostas, estranguladores e compactação da área de enraizamento dos indivíduos da praça Tiradentes, RJ.

No estudo recomendou-se para esses exemplares além de poda de raleamento que objetivam a redução de tensões sobre as raízes, a avaliação a nível III com o uso do georadar para mapeamento do sistema radicular e ocorrência de raízes de ancoragem. Santos et al. (2022) destacaram a importância dessas análises, demonstrando o potencial do georadar na detecção e caracterização das raízes e do solo. Os resultados do estudo de Santos (2022) indicaram que o solo apresentava más condições, como excesso de água ou alta porosidade, aumentando o risco de pivotamento. Para comprovar as raízes mapeadas, foi necessário a escavação e exposição do sistema radicular (Figura 17).



**Figura 17.** Detecção de raízes superficiais de pau ferro com georadar. Fonte: SANTOS et al., 2022.

De acordo com a metodologia TRAQ utilizada neste estudo, a maioria das árvores avaliadas apresentaram baixo risco (72%), enquanto 23% foram classificadas como risco médio e apenas 5% como alto risco. Esses resultados são semelhantes aos encontrados pelo PDAU do município do RJ, que apontou que a grande maioria das árvores avaliadas (91%) apresentava baixo ou médio risco, com apenas 7% sendo classificadas como risco médio a alto (PDAU, 2015).

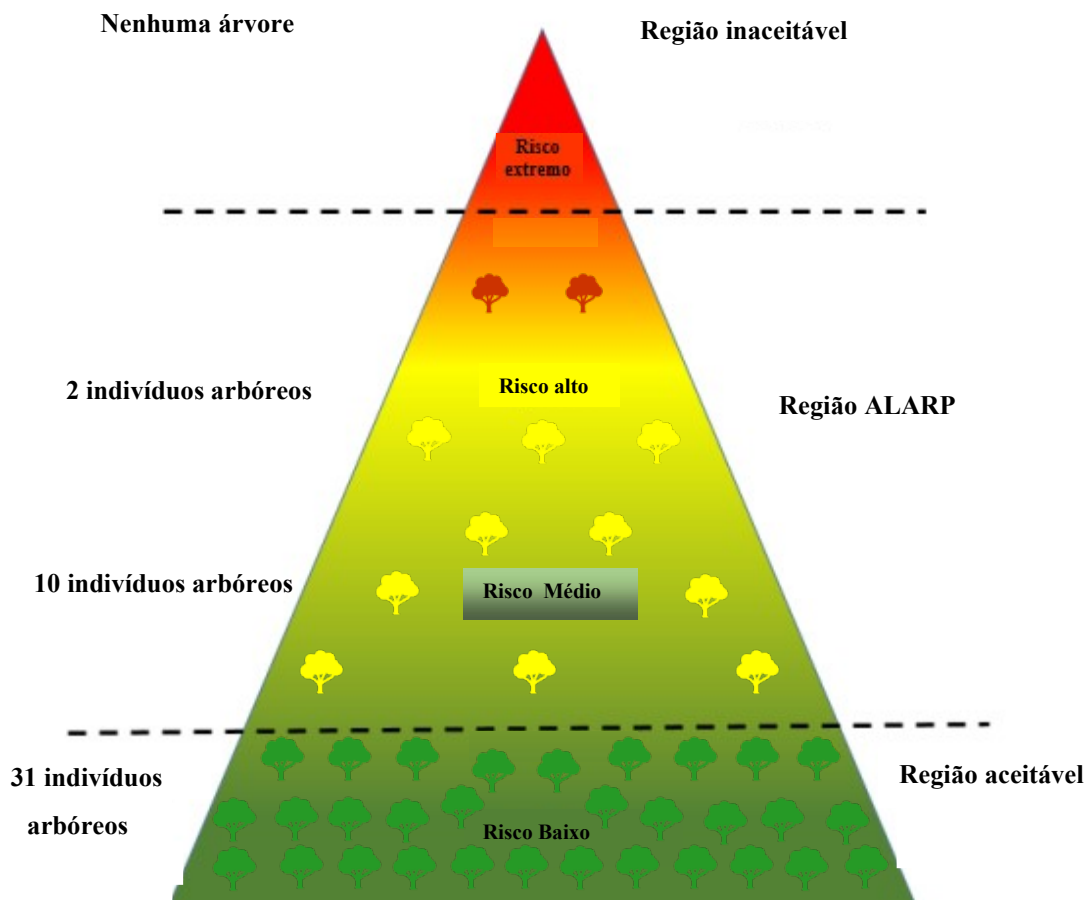
No entanto, os resultados deste estudo diferem daqueles obtidos por Emerick (2021) e Weber; Brazolin (2022), que avaliaram o risco de queda de árvores de uma única espécie. Esses estudos destacaram que 85% e 42% das árvores avaliadas

apresentavam risco de média importância, enquanto 14%, 66% e 38% foram consideradas em risco de elevada importância, exigindo ações de manejo mais urgentes. As demais árvores foram classificadas como de baixo risco.

Os resultados obtidos na avaliação do grau de risco das árvores presentes na praça foram fundamentais para o desenvolvimento da pirâmide (ilustrativa) de ALARP (Figura 18). Tal ferramenta reuniu informações essenciais que orientam em um programa efetivo de gerenciamento de risco de árvores, o qual visa garantir a saúde das árvores e a segurança dos frequentadores da praça e dos transeuntes.

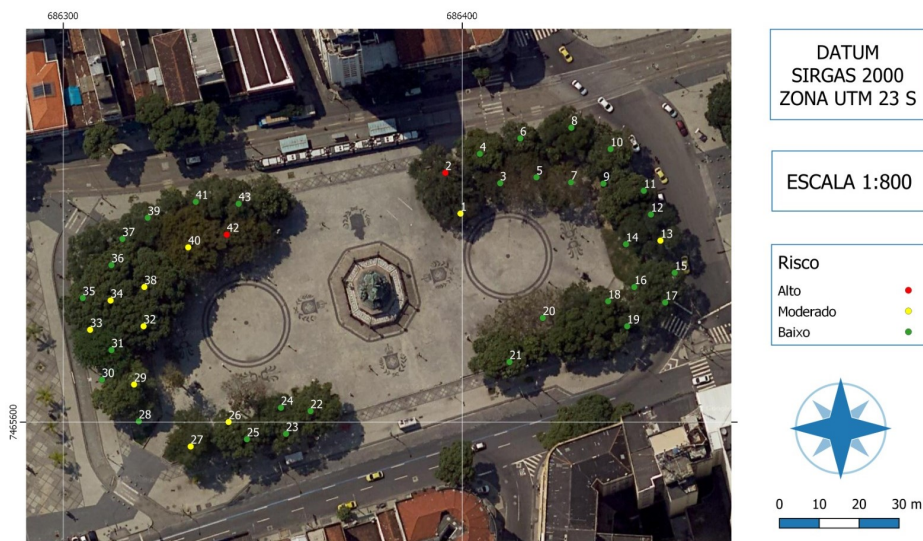
A pirâmide de ALARP (Figura 18) demonstra que, na base da pirâmide, onde os riscos são baixos, o número de árvores foi elevado (31 indivíduos), porém os custos para reduzir ainda mais o risco são altos e os benefícios são negligenciáveis. Na região de ALARP, que compreende o intervalo entre médio e alto risco (12 indivíduos), a escolha das medidas de mitigação deve equilibrar os riscos toleráveis, ou custos, com os benefícios das árvores. Nessa faixa, foram removidos seis indivíduos de pau-ferro e um tamarindo, pois para preservá-los os custos superariam os benefícios e o risco residual permaneceria alto diante das falhas em área que sustentam a árvore. Os riscos extremos, que não foram encontrados nesta pesquisa, são considerados inaceitáveis e os custos para reduzi-los são proporcionais à redução do risco.





**Figura 18.** Pirâmide didática de ALARP da praça Tiradentes, RJ. Fonte: autora, 2023.

Com a finalidade de garantir a segurança das pessoas, foi elaborado um mapa de risco das árvores localizadas na praça Tiradentes (Figura 19).



**Figura 19.** Mapa de risco do conjunto arbóreo da praça Tiradentes, RJ. Fonte: autora, 2023.

Esse mapa possibilitou uma análise da distribuição dos perigos associados às árvores presentes no local, cuja cor vermelha representou o risco alto, a cor amarela o risco moderado e a cor verde o risco baixo. A partir desse mapa de risco foi possível obter outro mapa que orientou no gerenciamento dos riscos e minimização dos perigos com as recomendações de manejos, aos quais orienta-se que seja conduzido de maneira gradual e segura, minimizando o impacto na paisagem (Figura 20).



**Figura 20.** Mapa do gerenciamento dos riscos das árvores da praça Tiradentes, RJ. Fonte: autora, 2023.

No mapa a cor vermelho escuro representou a supressão imediata de um exemplar de tamarindo, na cor vermelha a remoção de seis exemplares de pau ferro, e na cor verde a realização de podas e cuidados com o solo nas demais árvores presentes na praça Tiradentes.

Com a proposta de medidas de controle implementadas o percentual de risco residual estimado para o conjunto arbóreo presente na praça pode ser observado na tabela 5.

**Tabela 5.** Percentuais de grau de risco e riscos residuais das árvores da Praça Tiradentes, RJ.

Grau de risco - pré manejo	Risco Residual - pós manejo			Total	Percentual
	Baixo	Moderado	Risco eliminado		
Alto			2	2	5%
Baixo	30		1	31	72%
Moderado	4	2	4	10	23%
<b>Total</b>	34	2	7	43	100%
<b>Percentual (%)</b>	79%	5%	16%	100%	

Com base nos resultados (Tabela 5), observou-se que os riscos de grau alto foram completamente eliminados (5% do total dos riscos). Já os riscos moderados reduziram em 69% com as medidas de controle implementadas, restando apenas 5% de indivíduos arbóreos que apresentam risco moderado na praça, portanto, recomenda-se a avaliação mais detalhada dos custos e benefícios oferecidos por estes exemplares arbóreos. Por fim, em relação aos riscos baixos representados por 79% após medida mitigadora, apenas um exemplar o risco foi eliminado, sendo o pau ferro em fase de desenvolvimento que foi recomendado sua supressão.

O monitoramento das árvores foi realizado com base no resultado do risco residual, o qual indica que é recomendável realizar inspeções anuais para os casos de risco baixo e inspeções que variam de três a seis meses para os casos de risco moderado.

## 6. CONCLUSÃO

A avaliação risco classificou dos 43 indivíduos avaliados, 72% como de baixo risco, sendo a maioria oiti e requerem apenas manejo de manutenção, como poda de limpeza, condução e/ou raleamento, além de cuidados com o solo; 23% foram responsáveis pelos riscos de grau médio e 5% de risco de grau de alta importância, dos quais recomenda-se para essa região de ALARP, a remoção imediata de um exemplar de tamarindo e a remoção de seis exemplares de pau ferro.

Os riscos de grau alto foram completamente eliminados, enquanto que nos casos de risco moderado, houve uma redução significativa para risco baixo e alguns exemplares permaneceram, exigindo uma avaliação mais detalhada dos custos e benefícios oferecidos pelas árvores.

Com relação ao monitoramento das árvores, o resultado do risco residual deverá ser baseado em inspeções anuais para casos de risco baixo e inspeções que variam de três a oito meses para casos de risco moderado, garantindo a segurança contínua da população e minimizando os riscos associados à presença das árvores.

Em suma, a avaliação de risco realizada forneceu informações valiosas para a gestão da arborização urbana na região estudada, permitindo a identificação de árvores com risco significativo e a tomada de medidas necessárias para garantir a segurança da população e a manutenção da biodiversidade urbana.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia TRAQ consistiu em uma ferramenta útil para o gerenciamento de risco das árvores presentes na praça Tiradentes/ RJ. Além disso, permitiu identificar os perigos em potencial e os níveis de risco que foram encontrados, como, condições inseguras e indesejadas que auxiliaram no desenvolvimento do gráfico de ALARP, que por sua vez, identificou com êxito as medidas de controle de risco viáveis e proporcionais ao risco a um nível tolerável, que viabilizassem a preservação dos vegetais, bem como, os serviços ecossistêmicos proporcionados por estes, com nível de segurança aceitável, e custos reduzidos.

Contudo, o estudo permitiu ampliar o debate de manejo de árvores urbanas a fim de reduzir riscos de acidentes, promover melhorias das condições e prosperidade das árvores. Também contribuiu para subsidiar o diagnóstico de árvores urbanas, qualificar práticas de manejo e proporcionar melhores condições de segurança para os munícipes da cidade do Rio de Janeiro, fomentando a expansão do mercado da arboricultura, como estratégia de ratificar a importância da arborização urbana, de modo a demonstrar a necessidade da continuidade de ações para a conservação, incluindo a realização de inspeções periódicas principalmente em árvores próximas a locais de grande circulação de pessoas, a implementação de programas de poda e manutenção preventiva, tratamentos fitossanitários o seu monitoramento, e principalmente o gerenciamento, apresentando os serviços e soluções sustentáveis para a cidade.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, Maurício de A. Evolução urbana do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IPLANRIO / Zahar, 1988.
- AINBINDER, R.; VÁRZEA, M.; DUARTE, C. *Árvore Cidade Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Desiderata, 2005.
- ALFENAS, A.C.; FERREIRA, F.A.; MAFIA, R.G.; GONÇALVES, R.C. Métodos em Fitopatologia. Edição: Alfenas, A.C.; Mafia, R.G. Cap. Métodos Diagnósticos da Podridão do Lenho de Árvores Vivas. p.356-367.2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16246: Florestas urbanas — Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas Parte 3: Avaliação de risco de árvores. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma brasileira NBR 16246- 1:2013. Florestas urbanas: manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas Parte 1: Poda. ABNT, 2013.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M. *Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo*. Curitiba: FUPEF, 2005. 177 p.
- BIONDI, D.; MORAES, R. M.; CAMARGO, J. C. Arborização urbana como estratégia de mitigação dos efeitos da poluição atmosférica nas cidades. *Ambiente & Sociedade*, v. 22, 2019.
- 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. doutorado Tese, Recursos Florestais, ESALQ—Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP—Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2009.
- BROBOWSKI, R. Problemas e distinções entre métodos de avaliação da condição geral de árvores urbanas. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*. Piracicaba, v.11, n.2, p. 01 – 11, 2016.
- CEMIG. Eficiência energética e meio ambiente: arborização urbana. Belo Horizonte: CEMIG, 2011. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/sustentabilidade/meio-ambiente/Paginas/arborizacao-urbana.aspx>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- COELHO-DUARTE, Ana Paula et al. Tree Risk Assessment: Component analysis of six visual methods applied in an urban park, Montevideo, Uruguay. *Urban Forestry & Urban Greening*, [s.l.], v. 59, p. 127005, 2021. ISSN 1618-8667. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127005>. Acesso em: 01 abr. 2023.

DUNSTER, J.; DUNTEMANN, M. Tree Risk Management. Champaign, IL: ISA Press, 2008. 292 p.

DUNSTER, J. A., SMILEY, E. T., MATHENY, N., LILLY, S. Tree Risk Assessment Manual. International Society of Arboriculture, Champaign, 2013.

DUNTEMANN, N. (2019). The Role of Trees in Sustainable Cities. Sustainable Development, 27(6), 964-972."Dunster, J.A. and Duntemann, M., Tree Risk Management, ISA Press, Champaign, Illinois, USA, 2008."

DUNTEMANN, Mark; PALAT, Mike. Tree Risk Management in an Urban Forestry Context. PARMA Annual Conference - Monterey, CA, February 14th, 2017. Copyright: Duntemann Urban Forestry, 2018.

EMERICK, T. G. Risco de queda de árvores urbanas: associação entre os parâmetros da análise visual, tomogramas e ocorrência de queda. 134 fl. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2021.

GONÇALVES, Camila Caixeta. "Praça Tiradentes: O espaço público através da imaginária urbana (Séculos XIX, XX e XXI)." 2017. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GREY, G. W., & DENEKE, F. J. (1978). Urban Forestry. New York: John Wiley.

IBGE. Cidades. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>. Acesso em: 17 fev. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 17 fev. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: Cidades e Estados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/rio-de-janeiro.html>. Acesso em: 17 fev. 2023.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD Contínua. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/17270-pnad-continua.html>. Acesso em: 1 mar. 2023.

IPEA. Atlas do desenvolvimento humano no Brasil. Brasília: IPEA, 2011. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/>. Acesso em: 22 fev. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Índice de Desenvolvimento Humano – IDH. Rio de Janeiro; 2022. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br> acessado em: 4 fev. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Análise de risco de queda de árvores. São Paulo: IPT, [s.d.]. Disponível em: [https://www.ipt.br/solucoes/350-analise\\_de\\_risco\\_de\\_queda\\_de\\_arvores.htm](https://www.ipt.br/solucoes/350-analise_de_risco_de_queda_de_arvores.htm). Acesso em: 01 mar. 2023.

ISA - International Society of Arboriculture. Tree Risk Assessment Qualification (TRAQ). 2013.

KOESER, A. K. et al. Municipal tree risk assessment in the United States: Findings from a comprehensive survey of urban forest management. *Arboricultural Journal*, v. 38, n. 4, p. 218-229, 2016.

KOESER, A.K., SMILEY, E.T. Impact of Assessor on Tree Risk Assessment Ratings and Prescribed Mitigation Measures, *Urban Forestry and Urban Greening* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.027>

LAERA. L. H. N. Valoração economizada arborização: valorarão dos serviços ambientais para a eficiência e manutenção do recurso ambiental urbano, 2006. 137 f Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ, 2006.

LILLY, S.J. 2015. Guia de Estudo para a certificação do arborista. ISA. 377 p.

LULEY, Christopher J. et al. Frequency and severity of trunk decay in street tree maples in four New York cities. *Journal of Arboriculture*, v. 35, n. 2, p. 94, 2009.

MCPHERSON, E. G. et al. Urban forestry and climate change mitigation: summary of current knowledge and public policy recommendations. *Journal of Environmental Management*, v. 115, p. 34-43, 2013.

MENDES, F. H., Romero, H., Lopes, A. M. S., Franco, M. A. R., & Silva Filho, D. F. (2020). Valoração monetária da arborização urbana baseada na magnitude da copa em Piracicaba/SP/Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 12(2), e 20192047.

MENDES, F. H. et al. Perdas ecossistêmicas geradas por podas indevidas na arborização urbana do bairro cambuí, em campinas/sp. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v.17(3), p.1-15, 2022.

MILANO, M. S.; DALCIN, E. C. Arborização de vias públicas. Rio de Janeiro: Light, 2000. 226 p.

NASSAUER, J. I. et al. The ecological basis for urban design. *Landscape and Urban Planning*, v. 100, n. 4, p. 392-399, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.12.006>. Acesso em: 22 fev. 2023.



OLIVEIRA, S. M. Q. (Org.). Planos Urbanos do Rio de Janeiro: Plano Agache. Secretaria Municipal de Urbanismo / Centro de Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro, 2009.

ONU. Department of Economic and Social Affairs. World Urbanization Prospects. 2020. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2020-Report.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2023.

OSAKO, L. K.; Takenaka, E. M. M.; Silva, P. A. Arborização urbana e a importância do planejamento ambiental através de políticas públicas. Revista Científica "ANAP Brasil", v. 9, n. 14, p. 1-8, 2016. <https://doi.org/10.17271/1984324091420161318>

PAGLIARI, S.C.; DORIGON, D. B. Arborização urbana: importância das espécies adequadas. Revista Unoesc Ciência - ACET, v.4, n.2, p.139-148, 2013.

PDAU-RJ. Projeto do Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: Prefeitura do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4683370/4212609/Podaremopub.pdf>>. Acessado em: 10 fev. 2023.

PORTARIA FPJ N° 136. Estabelece procedimentos para Análise Técnica Visual de Espécimes Arbóreos, situados em áreas públicas e privadas, nas solicitações de remoção, poda e transplante e dá outras providências. Julho de 2018. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/7573144/4219409/PORTARIAFPJn136de2018.pdf>>. Acessado em: 10 de dezembro de 2022.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Plano de arborização urbana do Rio começa a sair do papel. Disponível em: <https://prefeitura.rio/cidade/plano-de-arborizacao-urbana-do-rio-comeca-a-sair-do-papel/>. Acesso em: 01 abr. 2023.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Arborização urbana. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/sma/exibeconteudo?id=2693729>. Acesso em: 17 fev. 2023.

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

REYES DE LA BARRA, J., PONCE-DONOSO, M., VALLEJO-BARRA, O., DANILUKMOSQUERA, G. Y COELHO-DUARTE, A.P. Comparación de cuatro métodos de evaluación visual del riesgo de árboles urbanos. Colombia Forestal, v. 21, n. 2, p. 161-173, 2018.

SANTAMOUR, Frank S. Árvores para plantio urbano: diversidade uniformidade e senso comum. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1999, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: [s.n.], 1999. p. 33-44.

SANTANA, Claudio Alexandre de Aquino. Arborização Urbana na Praça Tiradentes: Uma Análise Histórica e Ambiental - Entrevista com Claudio Alexandre de Aquino Santana. Entrevistadora: Barbosa, Fabyana de Andrade. Rio de Janeiro, 26 de fevereiro de 2023.

SANTOS, Vinicius Rafael Neris et al. Tecnologia “ANDAS” para mapeamento 3d do sistema radicular de árvores utilizando georadar e eletrorresistividade. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 17, n. 1, p. 17-36, 2022.

SANTOS, N.R.Z., TEIXEIRA, I.F. Arborização de Vias Públicas: Ambiente X Vegetação, 1ª Ed. Gráfica Editora Palloti, Porto Alegre-RS, 2001.

SEITZ, R. A. A poda de árvores urbanas. Curitiba: FUPEF, 1996. 41 p. (Série Técnica, 19).

SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira da et al. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. Revista Árvore, v. 26, p. 629-642, 2002.

SMILEY, E. T. and LILLY, S. 2014. Best Management Practices: Tree Support Systems – Cabling, Bracing Guying, and Propping. Champaign, IL: International Society of Arboriculture. Smiley, E. T., Matheny, N. and Lilly, S. 2011.

SNYDER, Casey. Tree Risk Assessment Qualification Prep Webinar - LIVE with Casey Snyder. [S.l.]: ArborMaster Training, Inc., 2022. 1 vídeo (1h 52min 15s). Publicado pelo canal ArborMaster Training, Inc. em 24 fev. 2022. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=qEVLwmhji\\_0](https://www.youtube.com/watch?v=qEVLwmhji_0). Acesso em: 26 fev. 2023.

STUART, G. et al. The impact of urban greening on property value: A review of existing evidence. Journal of Sustainable Real Estate, v. 9, n. 1, p. 1-21, 2017.

SZEREMETA, J. et al. Arborização urbana: princípios e técnicas. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

TATE, R. L. Municipal tree management in New Jersey [Urban forestry]. Journal of Arboriculture (USA), 1984.

WEBER, Andrea Saldanha; BRAZOLIN, Sérgio. Avaliação de risco de queda de árvores de *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze na 'rua mais bonita do mundo', em Porto Alegre, RS, Brasil. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 17, n. 4, p. 23-40, 2022.

ZAMPRONI, K. et al. Diagnóstico quali -quantitativo da arborização viária de Bonito, Mato Grosso do Sul. Floresta, Curitiba, PR, v. 48, n. 2, p. 235-244, 2018.

## 9. ANEXOS

ANEXO A. Formulário de avaliação de risco de árvore básica (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 alborno  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

## 10. APÊNDICE

### APÊNDICE A- Resultados gerais da avaliação de risco das árvores na praça Tiradentes.

Nº da árvore	Espécie	Região da falha de maior severidade	Defeitos que alteram a probabilidade de falha	P. de Falhas	P. de Impacto	Consequência da Falha	Grau de Risco	Manejo	Tipos de Poda	Avaliação a nível III	Risco Residual	Monitoramento
1	Pau Ferro	Colo	Cavidade aparente	Iminente	Baixo	Graves	Moderado	Remoção	N/A	N/A	Risco eliminado	N/A
2	Tamarindo	Colo	Cavidade aparente	Iminente	Médio	Graves	Alto	Remoção imediata	N/A	N/A	Risco eliminado	N/A
3	Pau Ferro	Copa	Galhos angulados/deformados	Provável	Baixo	Menores	Baixo	Poda, Adequação da gola	Poda de limpeza, Poda de condução	N/A	Baixo	12 meses
4	Oiti	Área de enraizamento	Raízes expostas	Improvável	Médio	Graves	Baixo	Poda	Poda de raleamento	Georadar	Baixo	12 meses
5	Pau Ferro	Copa	Galhos angulados/deformados	Provável	Baixo	Menores	Baixo	Poda, Adequação da gola	Poda de limpeza, Poda de condução	N/A	Baixo	12 meses
6	Oiti	Área de enraizamento	Raízes expostas	Improvável	Médio	Graves	Baixo	Poda	Poda de raleamento	Georadar	Baixo	12 meses
7	Pau Ferro	Copa	Galhos angulados/deformados	Provável	Baixo	Menores	Baixo	Poda, Adequação da gola	Poda de limpeza, Poda de condução	N/A	Baixo	12 meses
8	Oiti	Colo	Cavidade aparente	Possível	Médio	Graves	Baixo	Poda	Poda de limpeza, Poda de raleamento	Tomografia, Penetrografia, Georadar	Baixo	6 meses
9	Pau Ferro	Colo	Cavidade aparente	Possível	Baixo	Graves	Baixo	Poda, Controle fitossanitário	Poda de limpeza, Poda de raleamento	Tomografia, Penetrografia	Baixo	6 meses
10	Oiti	Copa	Galhos angulados/deformados	Provável	Médio	Menores	Baixo	Poda, Cuidado com o solo	Poda de raleamento, Poda de condução	N/A	Baixo	12 meses
11	Oiti	Tronco	Troncos codominantes com casca inclusa	Possível	Médio	Graves	Baixo	Poda, Sistema de Suporte, Controle fitossanitário, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento, Poda de condução	Tomografia, Penetrografia	Baixo	6 meses
12	Oiti	Colo	Cavidade aparente	Possível	Médio	Graves	Baixo	Poda, Controle fitossanitário, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento, Poda de condução, Poda de redução de copa	Tomografia, Penetrografia	Baixo	6 meses
13	Oiti	Copa	Galhos e ramos mortos	Iminente	Médio	Menores	Moderado	Poda, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento, Poda de condução	N/A	Baixo	12 meses
14	Pau Ferro	Copa	Galhos angulados/deformados	Provável	Baixo	Menores	Baixo	Poda, Cuidado com o solo, Adequação da gola	Poda de limpeza, Poda de condução	N/A	Baixo	12 meses
15	Oiti	Copa	Galhos e ramos mortos	Provável	Médio	Menores	Baixo	Poda, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento, Poda de condução	N/A	Baixo	12 meses
16	Pau Ferro	Tronco	Troncos codominantes com casca inclusa	Possível	Baixo	Graves	Baixo	Poda, Sistema de Suporte, Controle fitossanitário, Cuidado com o solo, Adequação da gola	Poda de limpeza, Poda de raleamento	Tomografia, Penetrografia	Baixo	12 meses
17	Oiti	Área de enraizamento	Raízes estranguladoras	Possível	Médio	Graves	Baixo	Poda, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento	Georadar	Baixo	12 meses
18	Pau Ferro	Colo	Cavidade aparente	Provável	Baixo	Graves	Baixo	Remoção	N/A	N/A	Risco eliminado	N/A
19	Oiti	Copa	Galhos e ramos mortos	Iminente	Baixo	Menores	Baixo	Poda, Cuidado com o solo	Poda de limpeza	N/A	Baixo	12 meses
20	Pau Ferro	Colo	Oco ou lesão	Improvável	Baixo	Graves	Baixo	Poda, Adequação da gola	Poda de limpeza, Poda de condução	Tomografia, Penetrografia	Baixo	12 meses
21	Oiti	Área de enraizamento	Raízes estranguladoras	Possível	Médio	Graves	Baixo	Poda, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento	Georadar	Baixo	12 meses
22	Oiti	Área de enraizamento	Compactação da área radicular	Improvável	Médio	Graves	Baixo	Poda, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento	Georadar	Baixo	12 meses
23	Oiti	Colo	Oco ou lesão	Improvável	Médio	Graves	Baixo	Poda	Poda de limpeza	Georadar	Baixo	12 meses
24	Pau Ferro	Copa	Galhos e ramos mortos	Iminente	Baixo	Menores	Baixo	Poda	Poda de limpeza	N/A	Baixo	12 meses
25	Oiti	Colo	Cavidade aparente	Possível	Médio	Graves	Baixo	Poda, Controle fitossanitário, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento, Poda de redução de copa	Tomografia, Penetrografia	Baixo	6 meses
26	Pau rei	Copa	Galhos e ramos mortos	Iminente	Baixo	Significantes	Moderado	Poda	Poda de limpeza, Poda de condução	N/A	Baixo	12 meses
27	Tamarindo	Tronco	Cavidade não aparente	Provável	Médio	Graves	Moderado	Poda, Sistema de Suporte, Controle fitossanitário, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento	Tomografia, Penetrografia	Moderado	6 meses

28	Pau Ferro	Copa	Galhos quebrados ou dependurados	Iminente	Baixo	Menores	Baixo	Poda	Poda de limpeza, Poda de condução	N/A	Baixo	12 meses
29	Pau rei	Copa	Galhos e ramos mortos	Iminente	Baixo	Significantes	Moderado	Poda	Poda de limpeza, Poda de condução	N/A	Baixo	12 meses
30	Oiti	Área de enraizamento	Raízes expostas	Possível	Médio	Graves	Baixo	Poda, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento	Georadar	Baixo	8 meses
31	Palmeira leque	Colo	Oco ou lesão	Possível	Médio	Graves	Baixo	Poda, Cuidado com o solo	Poda de limpeza	Tomografia, Penetrografia, Georadar	Baixo	6 meses
32	Pau Ferro	Colo	Cavidade aparente	Iminente	Baixo	Graves	Moderado	Remoção	N/A	N/A	Risco eliminado	Não se aplica
33	Amendoeira	Tronco	Inclinação	Provável	Médio	Graves	Moderado	Poda, Sistema de Suporte, Controle fitossanitário, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento, Poda de redução de copa	Tomografia, Penetrografia	Moderado	6 meses
34	Ficus religiosa	Copa	Galho praguejado	Provável	Médio	Graves	Moderado	Poda, Sistema de Suporte, Controle fitossanitário, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento, Poda de redução de copa	Tomografia, Penetrografia	Baixo	6 meses
35	Oiti	Colo	Oco ou lesão	Possível	Médio	Graves	Baixo	Poda, Controle fitossanitário, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de condução	Tomografia, Penetrografia	Baixo	12 meses
36	Oiti	Área de enraizamento	Raízes expostas	Improvável	Médio	Graves	Baixo	Poda, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento	Georadar	Baixo	12 meses
37	Oiti	Copa	Galhos quebrados ou dependurados	Iminente	Baixo	Menores	Baixo	Poda	Poda de limpeza	N/A	Baixo	12 meses
38	Pau Ferro	Colo	Cavidade aparente	Iminente	Baixo	Graves	Moderado	Remoção	N/A	N/A	Risco eliminado	Não se aplica
39	Oiti	Tronco	Inclinação	Improvável	Médio	Graves	Baixo	Poda, Cuidado com o solo	Poda de limpeza	N/A	Baixo	12 meses
40	Pau Ferro	Colo	Cavidade aparente	Iminente	Médio	Graves	Moderado	Remoção	N/A	N/A	Risco eliminado	Não se aplica
41	Oiti	Área de enraizamento	Raízes expostas	Improvável	Médio	Graves	Baixo	Poda	Poda de limpeza, Poda de raleamento	Georadar	Baixo	12 meses
42	Pau Ferro	Colo	Cavidade aparente	Iminente	Médio	Graves	Alto	Remoção imediata	N/A	N/A	Risco eliminado	Não se aplica
43	Oiti	Área de enraizamento	Raízes expostas	Improvável	Médio	Graves	Baixo	Poda, Cuidado com o solo	Poda de limpeza, Poda de raleamento	Georadar	Baixo	12 meses

APÊNDICE B- Relatório Fotográfico das árvores avaliadas com apoio da metodologia TRAQ (ISA).



Figura 1 - Árvore nº 1



Figura 2 - Árvore nº 2



Figura 3 - Árvore nº 3



Figura 4 - Árvore nº 4



Figura 5 - Árvore nº 5



Figura 6 - Árvore nº 6



Figura 7 - Árvore nº 7



Figura 8 - Árvore nº 8



Figura 9 - Árvore nº 9



Figura 10 - Árvore 10°



Figura 11 - Árvore ° 11



Figura 12 - Árvore nº 12



Figura 13 - Árvore 13°



Figura 14 - Árvore 14°



Figura 15 - Árvore 15°



Figura 16 - Árvore 16°



Figura 17 - Árvore 17°



Figura 18 - Árvore 18°



Figura 19 - Árvore 19°



Figura 20 - Árvore 20°



Figura 21 - Árvore 21°





Figura 22 - Árvore 22°



Figura 23 - Árvore 23°



Figura 24 - Árvore 24°



Figura 25 - Árvore 25°



Figura 26 - Árvore 26°

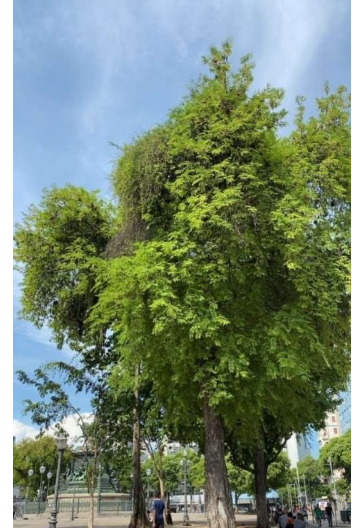


Figura 27 - Árvore 27°



Figura 28 - Árvore 28°



Figura 29 - Árvore 29°



Figura 30 - Árvore 30°



Figura 31 - Árvore 31°



Figura 32 - Árvore 32°



Figura 33 - Árvore 33°



Figura 34 - Árvore 34°

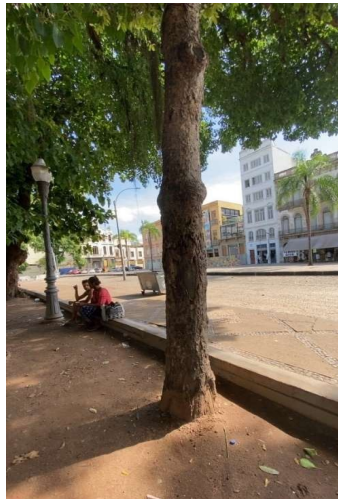


Figura 35 - Árvore 35°



Figura 36 - Árvore 36°



Figura 37 - Árvore 37°



Figura 38 - Árvore 38°



Figura 39 - Árvore 39°



Figura 40 - Árvore 40°

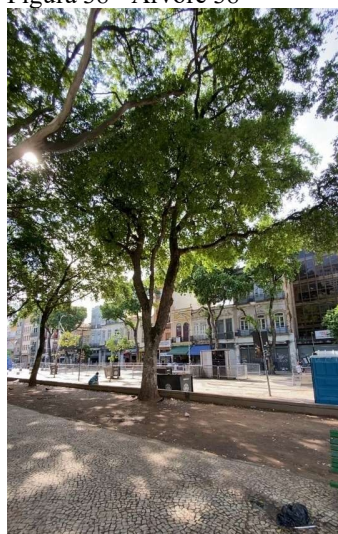


Figura 41 - Árvore 41°



Figura 42 - Árvore 42°



Figura 43 - Árvore 43°