

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO
URBANA

MONOGRAFIA

**Avaliação Visual de Risco: um Estudo de Caso sobre
Queda de Árvores em Borda de Fragmento Florestal**

Wiclef Barros dos Santos

2023



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

**AVALIAÇÃO VISUAL DE RISCO: UM ESTUDO DE CASO SOBRE
QUEDA DE ÁRVORES EM BORDA DE FRAGMENTO FLORESTAL**

WICLEF BARROS DOS SANTOS

Sob a Orientação do Professor
Jarbas Marçal de Queiroz

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
Maio de 2023

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

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

S237a Santos, Wiclef Barros dos, 1967-
Avaliação visual de risco: um estudo de caso sobre queda de árvores em borda de fragmento florestal / Wiclef Barros dos Santos. - Seropédica RJ, 2023.
27 f.: il.

Orientador: Jarbas Marçal de Queiroz. Trabalho de conclusão de curso (Especialização). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO URBANA, 2023.

1. Restauração florestal. 2. Arborização Urbana. 3. Schizolobium parahyba. I. Queiroz, Jarbas Marçal de, 1968-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Arborização Urbana III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta monografia, desde que seja citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS



TERMO Nº 637 / 2023 - PPGCAF (12.28.01.00.00.00.27)

Nº do Protocolo: 23083.035805/2023-00

Seropédica-RJ, 04 de junho de 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO URBANA
WICLEF BARROS DOS SANTOS

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em **Arborização Urbana** no Curso de Pós-Graduação em Arborização Urbana (Lato Sensu).

MONOGRAFIA APROVADA EM: 24/05/2023.

Jarbas Marçal de Queiroz. Dr. UFRRJ (Orientador)

Alexandre Monteiro de Carvalho. Dr. UFRRJ

Luiz Octavio de Lima Pedreira. Dr. SBAU

(Assinado digitalmente em 05/06/2023 08:02)
ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptPF (12.28.01.00.00.00.30)
Matricula: 1486653

(Assinado digitalmente em 04/06/2023 22:41)
JARBAS MARCAL DE QUEIROZ
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
PPGCAF (12.28.01.00.00.00.27)
Matricula: 1356331

(Assinado digitalmente em 05/06/2023 08:32)
LUIZ OCTAVIO DE LIMA PEDREIRA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 607.465.487-53

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: **637**, ano: **2023**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **04/06/2023** e o
código de verificação: **cbf473252e**

“A melhor época para plantar uma árvore foi há 20 anos, a segunda melhor é agora.”

(Provérbio Chinês)

DEDICATÓRIA

À minha amada avó Filomena que me levou pelo coração e pelas mãos a lida e ao amor pela terra.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus professores e amigos de sala pela generosidade do saber e leveza do conviver, ao Professor Gustavo Garcia pelo convite e incentivo e ao Professor Jarbas Marçal pela paciência na orientação desse aluno e trabalho.

Ao Harri Lorenzi por ter facilitado o início dessa jornada.

In memoriam ao meu querido amigo e parceiro Guarhana Ramos, que Deus o tenha guardado as melhores sementes para continuar tua sina de plantador de florestas.

A minha filha e esposa pelo apoio sempre presente em minha caminhada.

RESUMO

SANTOS, Wiclef Barros. **Avaliação visual de risco: um estudo de caso sobre queda de árvores em borda de fragmento florestal.** 2023. 27 p. Monografia (Especialização em Arborização Urbana). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

A seleção de espécies na restauração florestal em áreas urbanas deve ocorrer de forma criteriosa levando em consideração principalmente a avaliação de riscos nas bordas dos fragmentos florestais. O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação visual de risco emergencial para identificar a probabilidade de falha em indivíduos da espécie *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake em um fragmento florestal localizado em uma área urbana na região metropolitana do Vale do Paraíba, São Paulo. O estudo foi conduzido em um fragmento florestal localizado em um condomínio industrial. A avaliação de risco emergencial foi realizada de acordo com as normas da ABNT de nível dois após o pivotamento de um indivíduo de *S. parahyba* em borda do fragmento florestal sobre o canteiro de obras do empreendimento. Medições dendrométricas foram realizados nos indivíduos arbóreos e as avaliações do estado das árvores e os possíveis alvos. Foram avaliados 47 indivíduos de *S. parahyba* que apresentavam diâmetro médio de 56 cm e altura total média de 26 m, destes três indivíduos pivotaram sem danos aparentes nas árvores, apenas um indivíduo apresentava as raízes danificadas e 20 indivíduos apresentavam algum risco eminente de queda por pivotamento, sendo recomendada que fossem propostos manejos emergenciais para redução dos danos que poderiam ser ocasionados como desativação do canteiro de obras, placas de sinalização proibindo o estacionamento nas vias próximas as bordas do fragmento, supressão das árvores que apresentavam maior probabilidade de pivotamento e medidas compensatórias de acordo com as condicionantes do órgão ambiental. Este estudo fornece evidências para que profissionais da área de arborização urbana não selecionem *S. parahyba* para a composição de bordas de fragmentos florestais em locais com alvos frequentes.

Palavras-chave: Restauração florestal. Arborização Urbana. *Schizolobium parahyba*.

ABSTRACT

SANTOS, Wiclef Barros. **Tree risk assessment: a case study of tree fall on the edge of an urban forest fragment.** 2023. 27p. Monograph (Specialization in Urban Afforestation). Forest Institute, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

The selection of species for forest restoration in urban areas must be carried out considering mainly the risks for people and urban equipment. The objective of this work was to carry out an emergency tree risk assessment to identify the probability of failure in individuals of the species *S. parahyba* (Vell.) Blake in a forest fragment located in an urban area in the metropolitan region of Paraíba Valley, São Paulo. The study was conducted in a forest fragment located in an industrial condominium. The tree risk assessment was carried out in accordance with ABNT level two after the tree pivot of an individual of *S. parahyba* on the edge of the forest fragment over the project's construction site. Dendrometric measurements and the evaluation of status and potential targets were measured. Forty-seven individuals of *S. parahyba* were evaluated, with an average diameter of 56 cm and an average total height of 26 m. Of these trees, three fell down without apparent wood damage, only one tree damaged roots, and 20 individuals presented some imminent risk of falling, and we recommended that emergency management could reduce damages, such as deactivation of the construction site, signage signs prohibiting parking on the roads near the edges of the fragment, suppression of the trees that are more likely to pivot and compensatory measures in accordance with the constraints of the environmental agency. This study provides evidence for professionals do not select *S. parahyba* for the composition of edges of urban forest fragments with frequent targets.

Keywords: Forest restoration; Urban Afforestation; *Schizolobium parahyba*.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Avaliação de indivíduos arbóreos de *S.parahyba* diâmetro a altura de 1,30 m do solo (DAP), altura total (Altura), estado das raízes (ER), estado da árvore (EA), localização e data de pivotamento. 9
- Tabela 2.** Diâmetro do torrão e espessura do torrão aderidos às raízes pivotadas dos indivíduos arbóreos de *S.parahyba*, 11

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Vista aérea do fragmento florestal urbano..... 5
- Figura 2.** Bordas dos fragmentos com possíveis alvos do pivotamento de raiz em Guapuruvu; A) Estacionamento, B) canteiro de obras C) equipamentos D) torres de alta tensão.6
- Figura 3.** Histórico de pivotamentos nas bordas do fragmento florestal próximo A) fios de alta tensão em 2021 e no B) canteiro de obras em 2021 C) rua de acesso do estacionamento em 2022 e D) rua de acesso do estacionamento em 2022. 7
- Figura 4.** Avaliação visual dos Guapuruvus encontrados no fragmento florestal. 10

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Importância de Áreas Verdes em Áreas Urbanas	2
2.2 Avaliação Visual de Risco	3
2.3 Guapuruvu na Recomposição de Fragmentos Florestais Urbanos	4
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3.1 Caracterização e Descrição da Área de Estudo	5
3.2 Histórico de Pivotamentos na Área	6
3.3 Coleta de Dados.....	8
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	13
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

1 INTRODUÇÃO

Inúmeros benefícios são proporcionados pelas áreas verdes em ambientes urbanos como melhoria da qualidade do ar, manutenção dos serviços ecossistêmicos, polinização, redução da poluição sonora, proteção das áreas de captação de água, mitigação das mudanças climáticas e estabelecimento da saúde física e mental das pessoas. Tais benefícios podem auxiliar as cidades e os países a cumprir 15 dos 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável das Nações Unidas (TURNER-SKOFF; CAVENDER, 2019). Entretanto, a dinâmica da ocupação do solo ocorre de forma pouco planejada, criando espaços construídos com pouca preocupação com os espaços verdes.

Embora a arborização urbana traga benefícios, esta pode representar riscos quanto maior for a densidade de árvores, como observado em bordas de fragmentos florestais urbanos, e menor for a distância aos alvos (ANDREASSEN *et al.*, 2012).

O guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) (Vell.) Blake) é uma árvore pioneira a secundária inicial, nativa da mata atlântica e presente em projetos de arborização e reflorestamento, devido ao seu crescimento vigoroso, efeito estético e importância ecológica (LORENZI, 1998). Este estudo se justifica pelo histórico de pivotamentos, que consiste na queda de árvores expondo as raízes ou parte delas, e a ocorrência de árvores inclinadas dentro do fragmento estudado com potencial de falhas sobre alvos, optou-se por uma avaliação de caráter emergencial para os indivíduos de guapuruvu que se encontravam nas bordas do fragmento florestal devido a maior probabilidade de falha sob alvos.

O objetivo deste trabalho foi descrever uma avaliação visual de risco emergencial para identificar a probabilidade de falha em indivíduos da espécie *S. parahyba* em um fragmento florestal. Este estudo pode auxiliar no planejamento de projetos de reflorestamento, principalmente em áreas urbanas e próximos a alvos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância de Áreas Verdes em Áreas Urbanas

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), atualmente 55% da população mundial reside em ambiente urbano e projeções indicam que em 2050, cerca de 70% da população viverá em cidades o que acarretará o aumento das demandas ambientais (ONU, 2019).

A presença de árvores em áreas urbanas proporciona uma gama de benefícios para a população humana que incluem:

- (i) A interceptação da água das chuvas pelas copas das árvores, o que diminui a energia do impacto da gota minimizando a erosão do solo. As superfícies das estruturas aéreas promovem a retenção de água, constituindo um reservatório de retenção hídrica natural e diminuindo, conseqüentemente, o problema das enchentes (ARCOVA et al., 2020).
- (ii) Áreas arborizadas, quando comparadas àquelas expostas diretamente ao sol, sofrem menos com os fenômenos de contração e dilatação, diminuindo seu desgaste. Além disso, a copa das árvores filtra os raios solares, diminuindo os efeitos da foto exposição humana que, em excesso, pode causar doenças de pele e de visão. Assim, por meio da arborização, os órgãos públicos tendem a reduzir seus gastos na área de infraestrutura e saúde. (SAAE AMPARO, 2019)
- (iii) A arborização também viabiliza a conexão entre as populações de fauna em fragmentos de mata maiores. Além disso, as árvores abrigam muitos seres vivos como insetos, líquens, pássaros, enriquecendo o ecossistema urbano e aumentando sua biodiversidade. As flores e frutos presentes nas árvores também trazem à cidade um ganho ambiental significativo, pois se fazem atrativo e refúgio da avifauna urbana: algumas espécies vegetais, com ênfase nas frutíferas nativas, são responsáveis pelo abrigo e alimentação de aves, assegurando-lhes condições de sobrevivência (SANTOS et al., 2015). Toda essa biodiversidade traz benefícios para a saúde mental da população humana através de melhoria na qualidade de vida.
- (iv) As árvores ainda modificam os ventos pela obstrução, deflexão, condução ou filtragem do seu fluxo. Dessa forma, a vegetação quando arranjada adequadamente pode proteger as construções da ação dos ventos ou direcionar a passagem destes por um determinado local. As estruturas vegetais são até capazes de absorver ondas sonoras diminuindo a poluição sonora, além de melhorar a luminosidade, atenuando o incômodo causado pelas superfícies altamente reflexivas de determinadas edificações, que podem ofuscar a visão (SANTOS et al., 2015).
- (v) Por fim, as árvores capturam o gás carbônico da atmosfera por meio da fotossíntese e o utilizam na formação de suas estruturas vegetativas. Esse gás é um dos responsáveis pelo efeito estufa, portanto as árvores auxiliam no combate ao aquecimento global (KRONKA et al., 2005).

Evidentemente nem todas as espécies de árvores da nossa flora prestam-se para o plantio em áreas urbanas. Muitas apresentam porte muito elevado ou raízes muito volumosas, outras possuem frutos muito grandes ou quebram galhos facilmente com o vento, o que oferece risco a população (LORENZI, 1998).

Na Arborização Urbana, segundo CEMIG (2011) deve-se evitar o plantio de espécies de baixa resistência; de porte excessivamente grande em passeios, sobretudo aquelas suscetíveis à queda, especialmente nos locais onde é intenso o fluxo de veículos e pedestres; que perfilham; que contenham brotos ou flores alérgicas, frutos e folhas venenosos, frutos grandes ou que manchem, espinhos ou acúleos; que possuam folhagens que criem sombreamento excessivo, em locais de pouca incidência de luz solar; junto a imóveis com a existência de varandas e sacadas, de modo a permitir o acesso à residência ou que possam esconder vistas de interesse, considerando eixos de perspectivas.

A arborização urbana comporta árvores de pequeno, médio e grande porte, bastando que o projeto urbanístico ou paisagístico dimensione as áreas verdes adequadamente. No entanto, algumas espécies precisam de áreas planejadas com zonas de prevenção a acidentes (cercadas ou encanteiradas) e sem alvos, pois possuem algumas características indesejáveis, como histórico de falhas, acidentes, danos ao patrimônio ou pedestres.

2.2 Avaliação Visual de Risco

De acordo com Amaral (2021) os principais fatores que ocasionam falhas são: (i) fatores intrínsecos da árvore relacionadas com tipo de copa, propriedades físicas e mecânicas do lenho, inclinação do fuste, tensões de crescimento que podem provocar rachaduras no tronco, características dendrométricas, idade, resistência ou suscetibilidade natural a ataque de fitopatógenos, (ii) fatores extrínsecos, principalmente solo e suas propriedades mecânicas, seu estado de compactação ou de umidade excessiva, condições adversas de clima, pragas e doenças. e (iii) ação antrópica que pode atingir a árvore de modo direto ou indireto, como o plantio de árvores em locais inadequados, falta de conhecimento no preparo de cova e plantio, mudas de baixa qualidade, dentre outros.

A avaliação de risco de queda é uma forma preventiva de gerenciamento dos riscos e deve ser implementada nos programas de arborização urbana apesar de no Brasil não existir uma regulamentação bem definida, sendo geralmente utilizada a NBR 16.246-3:2019 (ABNT, 2019), além de outras metodologias complementares para avaliação de risco (ALFENAS et al., 2007).

A NBR 16.246-3:2019 é uma norma técnica que define as diretrizes para a avaliação visual do risco em árvores levando em consideração não apenas a probabilidade de queda da árvore, mas também o potencial de danos e prejuízos às pessoas, veículos, edificações, serviços ou equipamentos que venham a ser atingidos (alvos). A avaliação visual possui três níveis de abordagem. No nível 1, uma análise visual simples é realizada para identificar condições específicas ou defeitos claros, sem a utilização de equipamentos, podendo ser realizada por caminhamento ou veículo, com critérios técnicos claros para a tomada de decisão. O nível 2 consiste em uma análise visual 360°, abrangendo o sistema radicular, colo, tronco e copa da árvore, podendo ser utilizados equipamentos como trenas, hipsômetros, binóculos e martelo de borracha para detectar cavidades aparentes e não aparentes. O nível 3 inclui a avaliação em nível 2 com a incorporação de um ou mais métodos ou equipamentos de avaliação interna da árvore ou do solo, bem como, escalada da árvore, sistemas de instrumentação de árvores (elastômetro, clinômetro e sensores de movimentação) (ABNT, 2019).

O arborista deve avaliar diversos fatores como, a inclinação da árvore, a presença de raízes expostas, rachaduras no tronco, a presença de cavidades, podridões e danos causados por insetos e doenças, bem como, o ambiente em que a árvore está localizada, incluindo o tipo de solo, a topografia e a exposição a ventos e chuvas. Com base na avaliação visual, o avaliador deve atribuir um nível de risco de queda para a árvore, que varia de baixo a extremo, em casos de risco iminente de queda, por exemplo, uma comunicação formal e imediata, recomendação

de providências, isolamento da área, sinalização da árvore, remoção do alvo, manejo para mitigação e monitoramento (ABNT, 2019).

2.3 Guapuruvu na Recomposição de Fragmentos Florestais Urbanos

O guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) é uma espécie pioneira exigente de luz (JESUS, 1997). Sua madeira é muito leve (densidade 0,32g / cm³) e macia, de superfície irregularmente lustrosa, textura grossa e grã irregular, de baixíssima durabilidade sob condições naturais, com alborno e cerne indistintos. As árvores adultas da espécie podem alcançar de 10 a 40 m de altura e de 30 a 120 de diâmetro. Além de ocorrer na floresta primária, é comum na vegetação secundária, dominando as capoeiras altas e florestas secundárias. Pode formar grupamentos densos em grandes clareiras florestais. É raro na floresta alta e densa. No Estado de São Paulo, tem ocorrência espontânea e subespontânea na Floresta Estacional Semidecidual. Apresenta pouca exigência no que concerne à fertilidade química do solo, já que o mesmo ocorre naturalmente em todo o Vale do Paraíba, no entanto seu desenvolvimento é melhor em solos com boa fertilidade (CARVALHO, 2005). Em reflorestamentos para a recuperação ambiental, os galhos são preteridos para a nidificação do pássaro joão-de-barro (KUHLMANN & KUHN, 1947).

De acordo com Lorenzi (1998), o guapuruvu não é recomendado para arborização de lugares muito frequentados devido aos riscos de acidentes pela desrama natural em condições adversas como ventos fortes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização e Descrição da Área de Estudo

A pesquisa foi realizada em um fragmento florestal de aproximadamente 108.000m² localizado em uma propriedade privada na região metropolitana do Vale do Paraíba - SP. O bioma do local é o de mata atlântica numa área de transição (tensão ecológica) entre as eco regiões de floresta estacional latifoliada semidecídua e encraves de cerrado (INSTITUTO FLORESTAL, 2005) (Figura 1).

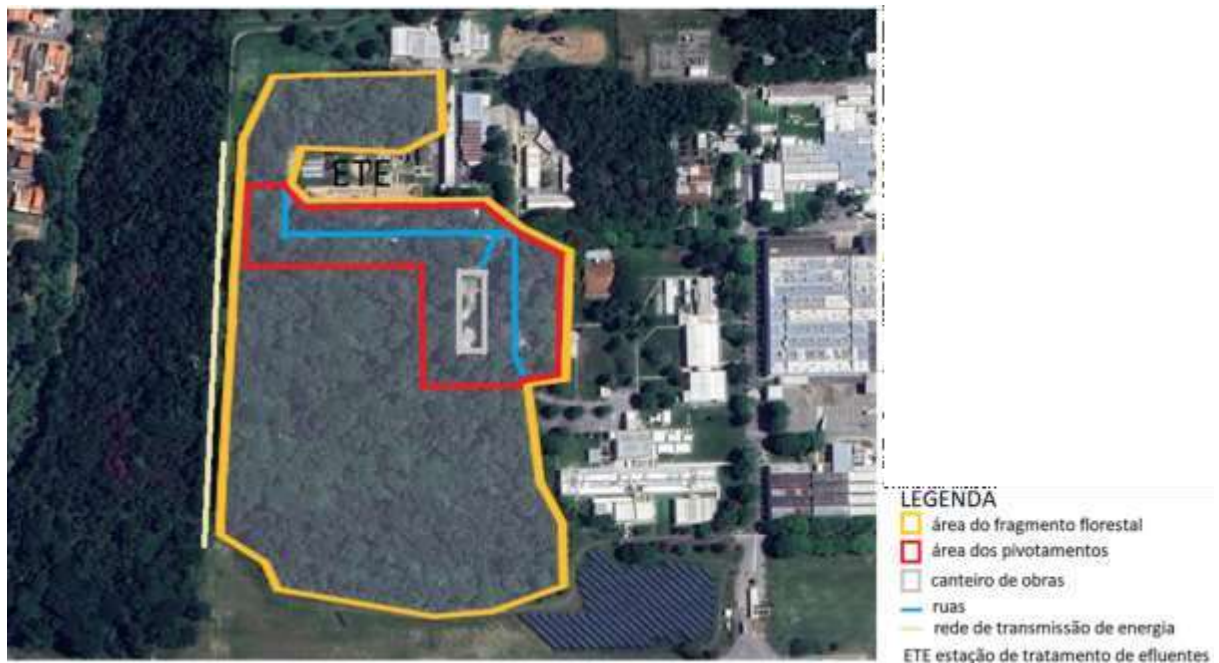


Figura 1. Vista aérea do fragmento florestal urbano.

Fonte: Google Earth

Em toda a gleba e de forma isolada nos fragmentos existem duas espécies de maior ocorrência que crescem de forma espontânea, dentro e fora do fragmento e corroboram com a fitofisionomia classificada, a mamoinha-do-mato (*Mabea fistulifera* Mart) que é uma planta decídua ou semidecídua, heliófita, seletiva xerófila, pioneira, característica de terrenos arenosos, principalmente do Cerrado e de sua transição para a Floresta Semidecídua e a copaíba (*Copaifera langsdorffii*), planta semidecídua, heliófita, seletiva xerófila, característica das formações de transição de cerrado para a floresta latifoliada semidecídua (LORENZI, 1998).

Até 1996, o sub-bosque da mata era composto por espécies exóticas e nativas, sendo mensalmente roçado para receber resíduos (podas e rastelos) da manutenção dos jardins. A roçada foi eliminada no mesmo ano, permitindo a regeneração do sub-bosque. Inicialmente o fragmento possuía menos de 30 espécies, posteriormente entre 2019 e 2021, a área foi enriquecida com 3340 indivíduos nativos de 36 espécies diferentes. Vale ressaltar que a maioria dessas árvores é proveniente de processos compensatórios no manejo de árvores mortas (naturalmente) isoladas nas áreas mais urbanizadas da gleba.

O guapuruvu já constava na lista das espécies remanescentes, com exemplares com mais de 30 m de altura, produzindo sementes e distribuídas principalmente nas bordas do fragmento.

A seleção de espécies para recomposição florística do fragmento foi realizada obedecendo a ordem de sucessão vegetal de acordo com a combinação de muitas árvores nativas pioneiras e não pioneiras. As espécies pioneiras formaram rapidamente a estrutura e as não-pioneiras restituíram a riqueza florística.

O fragmento passa por um processo de restauração desde 2019. Esse manejo foi executado e acompanhado pelo autor desse trabalho e as informações e imagens foram coletadas *in loco* ou retiradas de arquivos pessoais do autor, além de dados obtidos em entrevistas com técnicos de outras áreas do empreendimento. Foram omitidas quaisquer informações como coordenadas geográficas, endereço, documentos, imagens e o nome de outros técnicos locados na gleba que colaboraram com as informações para preservar os direitos e privacidade dos proprietários do empreendimento. Os plantios, manutenções realizadas e relatórios foram devidamente enviados aos clientes e protocolados junto ao órgão ambiental.

O fragmento analisado consta na planta geral da gleba, estando dentro dos 20% de área verde urbana averbados pelo proprietário. Consta no inventário de caracterização de vegetal, documento necessário para averbação da área, o compromisso do fechamento de pequenas clareiras e erradicação de herbáceas e arbustos exóticos do sub-bosque da mata, assim como o adensamento e o enriquecimento do mesmo com o plantio de árvores nativas.

3.2 Histórico de Pivotamentos na Área

Parte do plantio deste fragmento foi realizado sobre um antigo canteiro de obras e não foram mensurados os riscos futuros do plantio, pois havia e ainda existem alvos na área (Figura 2).



Figura 2. Bordas dos fragmentos com possíveis alvos do pivotamento de raiz em Guapuruvu; A) Estacionamento, B) canteiro de obras C) equipamentos D) torres de alta tensão.

Os pivotamentos estudados neste trabalho aconteceram entre os anos de 2019 e 2023, atingindo alvos com danos materiais (Figura 3).



Figura 3. Histórico de pivotamentos nas bordas do fragmento florestal próximo A) fios de alta tensão em 2021 e no B) canteiro de obras em 2021 C) rua de acesso do estacionamento em 2022 e D) rua de acesso do estacionamento em 2022.

Para registrá-los, foi feita uma amostragem inicial por caminhamento na borda do fragmento buscando identificar indivíduos de guapuruvu que tenham pivotado atingindo ou não alvos.

Durante a avaliação visual de Nível 2, que é realizada anualmente em árvores isoladas deste Parque Industrial em perímetro urbano, observou-se uma forte inclinação do tronco de uma árvore no interior de fragmento florestal (cerca de 20 m de distância da borda). Mesmo o

fragmento estando fora do que foi contratado para a avaliação, como se tratava de uma área com histórico de pivotamentos e próxima a alvos, foi realizado uma investigação.

A avaliação da borda do fragmento foi iniciada após a evidência do início do pivotamento de raiz de um guapuruvu com aproximadamente 30 m de altura, inclinada e escorada em outra árvore da mesma espécie, com direção de queda sobre veículo estacionado em rua na borda do fragmento, ao mesmo o tempo em que foi solicitada a retirada do veículo estacionado dentro da área de risco.

3.3 Coleta de Dados

O método utilizado consistiu em uma avaliação de risco em nível 2 de acordo com a norma ABNT NBR 16.246 – 3: 2019, que compreende uma inspeção visual de 360° ao redor da árvore. Essa inspeção visual foi conduzida por 3 profissionais que analisaram em detalhes a copa, fuste, base e área de enraizamento de cada árvore inspecionada na borda do fragmento.

A avaliação visual de risco foi realizada em uma faixa de 30 m de largura (altura aproximada dos guapuruvus) por 900 m de comprimento (área com alvos), sendo que para qualquer indivíduo com pivotamento de raiz completo, incompleto, queda interrompida por escoramento ou em caso de risco iminente de queda foi realizado o isolamento da área e acionamento do setor de segurança da empresa.

As informações avaliadas por indivíduo foram: se estava vivo, morto ou debilitado; se havia pivotamentos de raiz completos, parciais, inclinações e escoramentos do tronco na direção de alvos; altura, diâmetro a altura de 1,30 m em relação ao solo (DAP), diâmetro e espessura do torrão e estado das raízes. Para reduzir o tempo da avaliação, não foram verificadas as condições fitopatológicas da árvore e de solo, apenas se esses fatores estivessem muito evidentes, pois o objetivo era dar celeridade a avaliação e a tomada de decisão quanto ao risco iminente de queda.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados um total de 47 indivíduos da espécie *S.parahyba* que apresentavam diâmetro médio de 56 cm ($\pm 0,14$) e altura total média de 26 m ($\pm 5,46$) (Tabela 1).

Tabela 1. Avaliação de indivíduos arbóreos de *S.parahyba* diâmetro a altura de 1,30 m do solo (DAP), altura total (Altura), estado das raízes (ER), estado da árvore (EA), localização e data de pivotamento (continua).

N	DAP (m)	Altura (m)	ER	EA	Zona de Risco	Data Pivotamento
1	1,2	30	Não-avaliado	Pivotada viva	Canteiro de obras	01/04/2021
2	1	4	Não-avaliado	-	Canteiro de obras	
3	0,75	30	Não-avaliado	Viva	Canteiro de obras	
4	0,75	30	Não-avaliado	Viva inclinada	Canteiro de obras	
5	0,55	30	Não-avaliado	Viva	Canteiro de obras	
6	0,6	30	Não-avaliado	Viva	Canteiro de obras	
7	0,65	30	Não-avaliado	Viva	Canteiro de obras	
8	0,3	25	Não-avaliado	Viva	Canteiro de obras	
9	0,3	25	Não-avaliado	Viva	Canteiro de obras	
10	0,7	35	Não-avaliado	Viva	Canteiro de obras	
11	0,35	20	Não-avaliado	Viva inclinada	Canteiro de obras	
12	0,55	30	Não-avaliado	Viva	Canteiro de obras	
13	0,5	20	Deteriorada	Pivotada viva	Rua do estacionamento	10/08/2022
14	0,6	25	Não-avaliado	Viva inclinada	Rua do estacionamento	
15	0,38	15	Não-avaliado	Viva inclinada	Rua do estacionamento	
16	0,3	15	Não-avaliado	Viva inclinada	Rua do estacionamento	
17	0,4	20	Não-avaliado	Viva inclinada	Rua do estacionamento	
18	0,85	30	Não-avaliado	Viva inclinada	Rua do estacionamento	
19	0,7	30	Não-avaliado	Viva inclinada	Rua do estacionamento	
20	0,7	30	Não-avaliado	Viva inclinada	Rua do estacionamento	
21	0,5	25	Não-avaliado	Viva inclinada	Rua do estacionamento	
22	0,6	30	Não-avaliado	Viva inclinada	Rua do estacionamento	
23	0,5	20	Não-avaliado	Viva inclinada	Rua do estacionamento	
24	0,7	30	Não-avaliado	Viva inclinada	Rua do estacionamento	
25	0,7	30	Não-avaliado	Viva	Rua do estacionamento	
26	0,6	30	Não-avaliado	Viva inclinada	ETE*1	
27	0,8	30	Não-avaliado	Pivotada escorada	ETE	
28	0,35	25	Não-avaliado	Viva	ETE	
29	0,7	30	Não-avaliado	Viva	ETE	
30	0,7	30	Não-avaliado	Viva inclinada	ETE	
31	0,7	30	Íntegra	Pivotada viva	ETE	18/03/2021
32	0,57	30	Íntegra	Pivotada viva	ETE	18/03/2021
33	0,34	18	Não-avaliado	Vivo	ETE	
34	0,5	30	Íntegra	Pivotada viva	ETE	

Continuação da Tabela 1.

N	DAP	Altura	ER	EA	Zona de Risco	Data Pivotamento
35	0,48	25	Não-avaliado	Vivo		ETE
36	0,5	30	Não-avaliado	Vivo		ETE
37	0,5	30	Não-avaliado	Vivo		ETE
38	0,45	30	Indeterminado	PM		ETE
39	0,6	30	Indeterminado	Pivotada escorada		ETE
40	0,3	15	Não-avaliado	Vivo		ETE
41	0,56	30	Íntegra	Pivotada morta		ETE
42	0,6	30	Não-avaliado	Vivo		ETE
43	0,45	30	Íntegra	Pivotada morta		ETE
44	0,5	20	Não-avaliado	Vivo		ETE
45	0,3	8	Não-avaliado	Vivo		ETE
46	0,4	18	Não-avaliado	Vivo		ETE
47	0,45	15	Não-avaliado	Vivo		ETE

*¹Estação de Tratamento de Efluentes.

A análise mostra um número bem maior de indivíduos pivotados do que com potencial de queda sobre alvos, estando alguns escorados em situação de eminente queda (Figura 4).

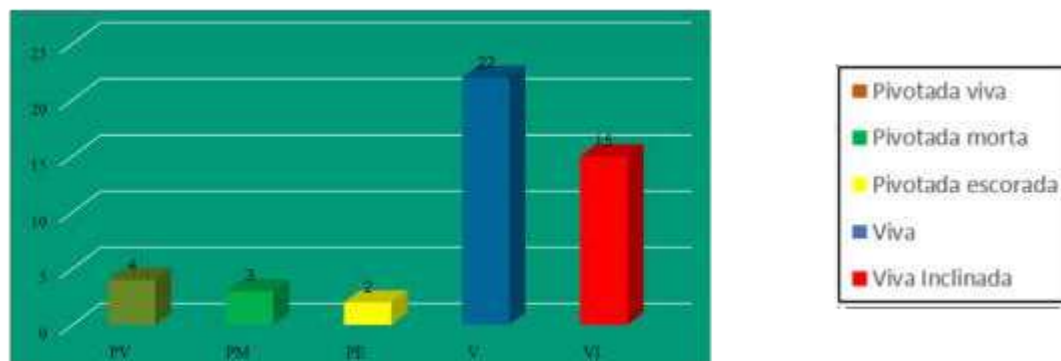


Figura 4. Avaliação visual dos guapuruvus encontrados no fragmento florestal.

Na faixa do fragmento avaliado (até 30 m do limite da borda), os indivíduos arbóreos encontrados nas bordas dos fragmentos foram os mais afetados por pivotamentos. Em um dos indivíduos pivotados da borda do fragmento foi encontrado resíduos da construção civil na camada abaixo das raízes pivotadas o que pode ter sido uma das causas do pivotamento. Este fato provavelmente ocorreu em função de um aterramento anterior para a construção do canteiro de obras. Além disso, por não terem sido encontradas evidências de que as árvores foram acometidas por fitopatógenos, pode ser que os eventos climáticos extremos, como a presença de ventos fortes e chuvas, adicionado à altura das árvores pode ter contribuído para o histórico de pivotamentos no fragmento florestal.

A estabilidade mecânica de uma árvore e a sua resistência à queda dependem da altura (POPA, 2000), força das raízes e a área ao redor da base da árvore, conhecida como placa de

raízes, que é responsável pela ancoragem no solo. Em um estudo sobre inclinação da placa de raízes de espécies florestais utilizadas na arborização urbana, Carvalho (2020) encontrou que árvores plantadas em condições ideais apresentaram maior estabilidade mecânica.

Souza et al. (2020) avaliando a ruptura de árvores em Belo Horizonte, MG, nos anos de 2015 a 2018 observaram que a condição de plantio onde houve falta de espaço ou dificuldade de enraizamento no solo urbano, teve relação direta com a queda, evidenciando a dificuldade de ancoragem em árvores de grande porte.

Vale ressaltar que durante o plantio das mudas no local, os berços foram preparados com uma profundidade de 0,30 m, pois naquele momento não se sabia sobre as implicações que isto poderia ocasionar. A utilização de berços com uma profundidade de 0,60 m de profundidade durante a implantação poderia ter proporcionado um bom desenvolvimento radicular inicial, o que poderia ter diminuído o número de casos de pivotamento.

Mesmo que existam indicadores favoráveis na área reflorestada, como indivíduos adultos aparentemente saudáveis, ausência de ataques visíveis de fitopatógenos, torrões bem formados e aderidos às raízes (Tabela 2), poderia ser realizado um levantamento da condição do solo na área, investigando a resistência a penetração, impedimentos como afloramentos rochosos, podendo esse estudo se valer de documentos e mapas históricos, relatos dos locais e prospecção do solo. Um estudo mais detalhado, como o realizado por Carvalho (2020) sobre a qualidade da ancoragem de espécies da arborização urbana, com base no comportamento de inclinação da placa de raízes, poderia ser realizado para o melhor entendimento das causas do pivotamento encontrado neste trabalho.

Tabela 2. Diâmetro do torrão e espessura do torrão aderidos às raízes pivotadas dos indivíduos arbóreos de *S.parahyba*,

N*	Diâmetro do Torrão	Espessura do Torrão
1	3,30	0,70
31	3,00	1,00
32	2,00	1,00
34	2,80	1,30
38	1,50	0,70
39	2,6	1,10
41	3,00	1,38
43	3,8	0,60

*Identificação das árvores.

Depois de identificados os riscos presentes, espécies suscetíveis ao pivotamento devem ser plantadas no centro do agrupamento. A distribuição das árvores deve ainda considerar os critérios de resistência e resiliência das espécies florestais e aquelas mais adequadas devem ser plantadas nas bordas, prevalecendo a segurança nas bordas dos fragmentos.

A supressão de 30 indivíduos da espécie *Schizolobium parahyba* nas zonas de risco deve ser considerado, pois os pivotamentos aconteceram próximos, num curto espaço de tempo, envolvendo principalmente indivíduos saudáveis, nas bordas do fragmento, havendo a possibilidade de novos eventos indesejáveis.

Caso a supressão destes indivíduos seja aprovada pelo órgão ambiental, pode-se realizar o plantio compensatório de 750 árvores na mesma área das supressões optando por árvores que não tenham um histórico de pivotamentos, principalmente nos grupos sucessionais secundários tardios (secundários e clímax), que podem enriquecer geneticamente o fragmento e conferir maior segurança a área.

A implementação de um plano de manejo que contemple não só a avaliação das árvores isoladas compondo o paisagismo das ruas, mas também a faixa do fragmento com alcance e próximos a alvos também deve ser considerado.

Com relação ao fragmento analisado, algumas ações podem ser realizadas desde que haja um entendimento entre as partes, e a autorização do órgão ambiental:

- (i) O isolamento do canteiro de obras.
- (ii) A retirada do material armazenado no raio de queda dos guapuruvus escorados.
- (iii) A proibição da permanência de caminhões e motoristas na rua próxima aos eventos de queda.
- (iv) Para reduzir o número de guapuruvus a serem suprimidos, pode-se estudar a relocação do canteiro de obras existente (aprox. 1.768m²) para uma área fora do fragmento e posterior plantio de 300 árvores no local, integrando todo o fragmento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a dificuldade para o plantio, manutenção e sobrevivência de árvores isoladas nas ruas das cidades brasileiras com suas calçadas estreitas e espaço aéreo congestionado com fios e cabos diversos, e constante alargamento de vias para desafogar o tráfego viário, é indiscutível que devemos preservar os fragmentos florestais urbanos pois estrategicamente ajudam a compensar o déficit ambiental da arquitetura urbana pouco planejada para o indivíduo árvore.

A gestão de áreas verdes, em bordas de fragmentos principalmente com alvos, deve dispensar a mesma atenção dada aos os indivíduos arbóreos isolados, com avaliação de risco, técnicas e regulares.

A intensidade e a periodicidade de eventos climáticos extremos tendem a se intensificar e em áreas com alvos onde já existe histórico de tombamento / pivotamento deve-se adotar medidas para prevenir acidentes, como por exemplo evitar instalações muito próximas a borda de fragmentos florestais.

O plantio e manutenção de espécies com madeira de baixa densidade, com histórico de falhas (quebra) ou pivotamento (tombamento) devem ser evitadas. Árvores adultas dependendo dos alvos existentes, uso da área e estado do vegetal deve-se considerar a remoção do indivíduo. Para um mínimo de manejo (supressões) deve-se considerar alternativas locais e readequação de usos das áreas,

Na borda de fragmentos florestais urbanos, quando necessária a remoção de um ou outro indivíduo para prevenir acidentes por falhas ou tombamentos, que as compensações ocorram dentro do próprio fragmento, na forma de enriquecimento do sub-bosque com espécies nativas resistentes, estratégica e tecnicamente plantadas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCOVA, F. C. S., RANZINI, M., DE CICCIO, V., & GALVANI, E. Repartição da chuva em floresta nebulosa montana na serra do mar. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, 2020.
- ADESOYE, P. O.; DONDOFEMA, F. Assessing and classifying the health and risk status of avenue trees. **Arboricultural Journal**, v. 43, n. 2, p. 93-114, 2021.
- 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.
- AMARAL, R. D. de A. M.; MORATO, R. G.; MARIANO, R. S.; FERREIRA, J. M. R. Ferramentas para a gestão da floresta urbana. **Journal of Environmental Management & Sustainability – Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, v.10, n.1, p.1-10, 2021.
- ANDREASSEN, K., FJELD, D., GOBAKKEN, T. Tree failure and probability of hitting targets during storms: A case study from southern Norway. **Urban Forestry & Urban Greening**, 11(3), 293-301. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT 1246-3. Florestas urbanas — Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas Parte 3: Avaliação de risco de árvores. ABNT, Rio de Janeiro-RJ, 2019.
- 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.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma brasileira NBR 16246- 3: 2019. Florestas urbanas: manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas Parte 3: Avaliação de risco de árvores. ABNT, 2019.
- CARVALHO, P. E. R. Guapuruvu. Colombo: Embrapa Florestas, 2005.10 p. (Embrapa Florestas, **Circular Técnica**, 104)
- CARVALHO, Thamires de Souza. **Inclinação da placa de raízes em espécies da arborização urbana com o uso de Tree Motion Sensors – TMS**. Orientador: Angeline Martine. 2020.Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020. Disponível em: <https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2021/03/THAMIRES-DE-SOUZA-CARVALHO-Mestrado.pdf>. Acesso em 10 fev 2023.

GERAIS-CEMIG, COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS. Manual de arborização. Belo Horizonte: CEMIG/Fundação Biodiversitas, 2011.

JESUS, R. M. Restauração florestal na Mata Atlântica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. Do substrato ao solo: trabalhos voluntários. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 544-557.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998.

KRONKA, F.J.N. et al. Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo. 2005.

KUHLMANN, M.; KUHN, E. A Flora do Distrito de Ibiti. São Paulo: Instituto de Botânica, 1947. 221 p.

NAÇÕES UNIDAS. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>. Acesso em: 22 fev.2023.

MATTHES, L. A. F.; LEITÃO FILHO, H. de F.; MARTINS, F. R. Bosque dos Jequitibás (Campinas, SP): composição florística e estrutura fitossociológica do estrato arbóreo. In: **CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO**, 5., 1987, Botucatu. Anais. São Paulo: Sociedade Botânica de São Paulo, 1988. p. 55-76.

NICOLINI, E. M. **Composição florística e estrutura fitossociológica do estrato arbóreo em mata mesófila semidecídua no Município de Jahu, SP**. 1990. 179 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

ORTEGA, V. R.; ENGEL, V. L. Conservação da biodiversidade em remanescentes de Mata Atlântica na região de Botucatu-SP. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v. 4, pt. 3, p. 839-852, 1992. Edição dos Anais do 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 1992, São Paulo.

POPA, I. The analysis of tree stability at the wind action by uniform couples method. **Bucovina Forestiera (IX)**, p. 1-2, 2000.

RCOVA, F. C. S.; RANZINI, M.; GICCO, V.; GALVANI, E. Repartição da chuva em floresta nebulosa montana na serra do mar. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, 2020.

SAAE AMPARO. Guia de Arborização Urbana. Amparo, 2019. Disponível em: https://saaeamparo.sp.gov.br/uploads/anexos/4911guia_arborizacao.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

SANTOS et al. Manual Técnico da Arborização Urbana. São Paulo, 2015.122 p.

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

TURNER-SKOFF, J. B.; CAVENDER, N. The benefits of trees for livable and sustainable communities. **Plants, People, Planet**, v. 1, n. 4, p. 323-335, 2019.