v7.n11.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

MORFOLOGIA RADICULAR E QUEDA DE ÁRVORES EM UM FRAGMENTO FLORESTAL URBANO DE CASTANHAL-PA: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO À LUZ DA ETNOCONSERVAÇÃO

ROOT MORPHOLOGY AND TREE FALL IN AN URBAN FOREST FRAGMENT IN CASTANHAL, PARÁ, BRAZIL: AN EXPLORATORY STUDY IN THE LIGHT OF ETHNOCONSERVATION

MORFOLOGÍA RADICULAR Y CAÍDA DE ÁRBOLES EN UN FRAGMENTO FORESTAL URBANO DE CASTANHAL, PARÁ, BRASIL: UN ESTUDIO EXPLORATORIO A LA LUZ DE LA ETNOCONSERVACIÓN

Jeconias Monteiro de Araújo[1], André Luiz Pereira da Silva[2]

https://doi.org/10.47820/recima21.v7i11.9675

PUBLICADO: 11/2026

RESUMO

Este estudo analisou, por meio de registros fotográficos e anotações de campo, a relação entre a morfologia das raízes, as condições aparentes do solo e a queda de árvores em um fragmento florestal situado no campus de uma instituição de ensino em Castanhal-PA. Trata-se de um estudo qualitativo, descritivo e exploratório, baseado em uma única visita de campo, sem análises físicas do solo nem medições sistemáticas. As seis árvores caídas registradas foram classificadas pelo modo de morte, e as árvores em pé, pelo tipo de sistema radicular (raízes tabulares ou sapopemas, raízes-escora e base alargada). Cinco das seis árvores caídas (83%) tombaram por desenraizamento, com placas radiculares rasas, discoides e sem raiz pivotante aparente, e uma (17%), por quebra do fuste. As árvores em pé exibem estruturas que ampliam a base de apoio, coerentes com a literatura que atribui às sapopemas quase o dobro da resistência à ancoragem. Esses resultados são tratados como hipóteses: a existência de uma camada subsuperficial que limita o aprofundamento das raízes, compatível com o perfil de Latossolo Amarelo observado, e a ação do vento nas bordas do fragmento. Conclui-se que o fragmento apresenta indícios de vulnerabilidade a quedas, o que justifica monitoramento sistemático e uma gestão que reconheça o espaço como floresta vivida pela comunidade que o frequenta, em diálogo com a etnoconservação.

PALAVRAS-CHAVE: Sapopema. Raiz-escora. Desenraizamento. Fragmentação florestal. Etnoconservação.

ABSTRACT

This study analyzed, through photographic records and field notes, the relationship between root morphology, apparent soil conditions, and tree falls in a forest fragment located on the campus of an educational institution in Castanhal, Pará, Brazil. It is a qualitative, descriptive, and exploratory study based on a single field visit, without physical soil analyses or systematic measurements. The six fallen trees recorded were classified by mode of death, and standing trees by root system type (buttress roots, stilt roots, and widened trunk base).

[1] Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Estudos Antrópicos na Amazônia da Universidade Federal do Pará (PPGEAA/UFPA), especialista em Ciências Jurídicas e integrante do Laboratório de Antropização (L'ANTRO), com atuação em etnossaberes e tecnologias sociais.

[2] Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), professor visitante do Programa de Pós-Graduação em Estudos Antrópicos na Amazônia da Universidade Federal do Pará (PPGEAA/UFPA) e pesquisador do Laboratório de Antropização (L'ANTRO).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Five of the six fallen trees (83%) were uprooted, displaying shallow, disc-shaped root plates lacking an apparent taproot, and one (17%) fell by stem breakage. Standing trees exhibited structures that broaden their support base, consistent with the literature attributing to buttress roots nearly twice the anchorage resistance. These results are treated as hypotheses: the presence of a subsurface layer that restricts root penetration, compatible with the Yellow Latosol (Oxisol) profile observed, and the action of wind on the fragment edges. We conclude that the fragment shows signs of vulnerability to treefall, which justifies systematic monitoring and management that acknowledges this space as a forest lived by the community that uses it, in dialogue with ethnoconservation.

KEYWORDS: *Buttress roots. Stilt roots. Uprooting. Forest fragmentation. Ethnoconservation.*

RESUMEN
Este estudio analizó, mediante registros fotográficos y anotaciones de campo, la relación entre la morfología de las raíces, las condiciones aparentes del suelo y la caída de árboles en un fragmento forestal ubicado en el campus de una institución de enseñanza en Castanhal, Pará, Brasil. Se trata de un estudio cualitativo, descriptivo y exploratorio, basado en una única visita de campo, sin análisis físicos del suelo ni mediciones sistemáticas. Los seis árboles caídos registrados se clasificaron según el modo de muerte, y los árboles en pie, según el tipo de sistema radicular (raíces tabulares, raíces zancudas y base ensanchada). Cinco de los seis árboles caídos (83%) cayeron por desarraigo, con placas radiculares poco profundas, discoidales y sin raíz pivotante aparente, y uno (17%), por quiebre del fuste. Los árboles en pie presentan estructuras que amplían la base de apoyo, coherentes con la literatura que atribuye a las raíces tabulares casi el doble de resistencia al anclaje. Estos resultados se tratan como hipótesis: la existencia de una capa subsuperficial que limita la profundización de las raíces, compatible con el perfil de Latosol Amarillo observado, y la acción del viento en los bordes del fragmento. Se concluye que el fragmento presenta indicios de vulnerabilidad a caídas, lo que justifica un monitoreo sistemático y una gestión que reconozca el espacio como un bosque vivido por la comunidad que lo frecuenta, en diálogo con la etnoconservación.

PALABRAS CLAVE: *Raíces tabulares. Raíces zancudas. Desarraigo. Fragmentación forestal. Etnoconservación.*

1. INTRODUÇÃO

A queda de árvores é parte da dinâmica natural das florestas tropicais, mas sua frequência e sua forma dependem do solo, do relevo, do vento e da própria arquitetura das raízes. Na Amazônia Central, a mortalidade por desenraizamento e por quebra do fuste responde mais ao solo e à topografia do que a morte em pé, e essa relação se intensifica após tempestades (Toledo *et al.*, 2012). Em fragmentos florestais, o aumento abrupto da mortalidade e dos danos às árvores está entre os efeitos de borda mais marcantes, em parte porque ventos que aceleram sobre áreas desmatadas atingem as bordas e geram forte turbulência (Laurance *et al.*, 2002).

O campus de uma instituição de ensino em Castanhal-PA, circundado por rodovia e por bairros da cidade, abriga um fragmento de mata mantido como área de conservação. Em visita de campo realizada no âmbito da disciplina Etnoconservação da Natureza na Amazônia, observou-se um conjunto de árvores tombadas cujas raízes não haviam alcançado profundidade,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ao lado de árvores em pé com sistemas radiculares muito distintos, como sapopemas e raízes-escora. Esse contraste levanta a questão que orienta este trabalho: que características morfológicas das raízes e do solo ajudam a explicar por que algumas árvores caem e outras permanecem?

A pergunta interessa à etnoconservação porque, segundo Diegues (2019), os novos modelos de conservação devem integrar conhecimentos das ciências naturais, das ciências sociais e dos saberes tradicionais, e a conservação não pode se restringir às áreas protegidas formais. O fragmento estudado, área de conservação inserida na malha urbana de Castanhal, é um desses espaços, conhecido e usado pela comunidade que o frequenta. Compreender por que suas árvores caem contribui, portanto, para orientar a gestão de um tipo de área pouco contemplado pelos estudos de conservação.

O objetivo geral deste estudo é analisar, a partir de registros fotográficos e anotações de campo, as relações entre a morfologia radicular, as condições aparentes do solo e a queda de árvores no fragmento florestal estudado, discutindo as implicações para sua conservação.

Os objetivos específicos são: a) caracterizar e quantificar os modos de queda (desenraizamento e quebra do fuste) e descrever a arquitetura das placas radiculares das árvores caídas; b) descrever os tipos de raízes das árvores em pé (tabulares, escora e base alargada), relacionando cada forma às funções de sustentação descritas na literatura; c) discutir os fatores do solo e da paisagem possivelmente associados às quedas e suas implicações para a conservação do fragmento na perspectiva da etnoconservação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Etnoconservação e o mito da natureza intocada

Diegues (2000) analisa a origem do modelo de áreas protegidas sem moradores, consolidado nos Estados Unidos com a criação do Parque Nacional de Yellowstone, em 1872, e depois transposto para países tropicais. Esse modelo se apoia na ideia de um mundo natural selvagem e intocado, que o autor denomina neomito: a natureza em estado puro não existe, e muitas regiões tidas como naturais foram manejadas pelos seres humanos ao longo de gerações. Ao ser aplicado a territórios habitados por populações tradicionais, o modelo tende a gerar conflitos e a desconsiderar o conhecimento que esses grupos acumularam sobre o ambiente (Diegues, 2000).

Em contraposição, a etnoconservação é apresentada como uma vertente da etnociência que associa a conservação *in situ* aos conhecimentos tradicionais e ao manejo dos recursos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

naturais que esses conhecimentos sustentam (Pereira; Diegues, 2010). Os autores alinham essa perspectiva à ecologia social e se afastam de duas posições extremas: a idealização das populações tradicionais como naturalmente harmônicas com a natureza e a sua responsabilização como principais agentes de destruição. Propõem, em seu lugar, uma aliança entre o conhecimento científico e o conhecimento local, tratados como igualmente relevantes, e reconhecem que os seres humanos fazem parte da natureza que se pretende proteger (Pereira; Diegues, 2010).

Diegues (2019) retoma esse argumento ao propor a etnoconservação como um modelo mais democrático e socialmente inclusivo, que combina a proteção da biodiversidade com a melhoria das condições de vida das populações locais e se apoia, de forma complementar, no conhecimento científico e no tradicional. O autor defende ainda que a conservação se estenda para além das áreas protegidas formais, por meio de mosaicos que articulem áreas de proteção integral e de uso sustentável, uma vez que a maior parte da biodiversidade se encontra fora dessas áreas.

Três elementos desse referencial orientam a leitura do fragmento estudado. O primeiro é a crítica à natureza intocada: o fragmento não é floresta intocada, mas um espaço vivido, atravessado por trilhas e marcas de corte, cuja conservação depende de quem o conhece e o frequenta. O segundo é a complementaridade entre saberes: as observações de um interlocutor local sobre o histórico de quedas foram tratadas como informação de campo a ser cotejada com a literatura técnica. O terceiro é a conservação fora das áreas protegidas formais, condição de um fragmento inserido na malha urbana. Cabe uma ressalva: a comunidade que convive com o fragmento não corresponde às populações tradicionais estudadas por Diegues (2000, 2019); o que se aproveita aqui é o princípio de que o conhecimento empírico de quem convive com a floresta deve integrar sua gestão. O próprio vocabulário usado para descrever as raízes evidencia esse diálogo de saberes: “sapopema”, termo de uso popular amazônico, foi incorporado pela botânica como sinônimo de raiz tabular (Gonçalves; Lorenzi, 2011).

2.2. Morfologia do sistema radicular

O sistema radicular tem dupla função: absorver água e nutrientes e fixar a planta ao substrato. Ele pode ser axial (pivotante), com uma raiz principal que se aprofunda, ou fasciculado, com muitas raízes de calibre semelhante. Em plantas lenhosas de grande porte, raízes tabulares e, ocasionalmente, raízes-escora podem auxiliar no suporte (Gonçalves; Lorenzi, 2011).

As sapopemas são interpretadas como uma adaptação aos solos tropicais pobres. Elas permitem que a árvore mantenha um sistema radicular raso, nas camadas superficiais mais ricas

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

em nutrientes, sem perder a estabilidade e a ancoragem (Nölke *et al.*, 2015). Essas raízes estão associadas a solos pobres, a substrato raso para o crescimento radicular e à saturação hídrica (Johnson, 2010).

Crook, Ennos e Banks (1997) testaram a ancoragem de árvores tropicais tracionando-as até a ruptura. Árvores com sapopemas resistiram a um momento de 10,6 kN·m[1], quase o dobro das árvores sem sapopemas (4,9 kN·m). As sapopemas responderam por cerca de 60% da ancoragem e trabalharam tanto por tração, no lado do vento, quanto por compressão, no lado oposto. Apenas as árvores com sapopemas possuíam raízes verticais (*sinker roots*) partindo das extremidades das sapopemas. Johnson (2010) não encontrou relação clara entre exposição ao vento e forma das sapopemas, o que indica que sua formação depende de vários fatores ambientais.

2.3. Modos de morte e fatores de queda

Toledo *et al.* (2012) classificam a morte das árvores em três modos: em pé, desenraizada (placa radicular revirada com solo aderido) e quebrada (fuste partido). Na Reserva Ducke, em Manaus, a morte em pé predominou (54%), seguida da quebra (26%) e do desenraizamento (14%). O solo e a topografia explicaram 20% da variação no desenraizamento, mas pouco da morte em pé. Árvores tendem a desenraizar em solos arenosos e mal drenados e a morrer em pé em solos argilosos com lençol freático profundo. Toledo (2009) atribui a maior mortalidade nas áreas de baixio à baixa qualidade de ancoragem dos solos arenosos e encharcados, onde a oxigenação precária impede o enraizamento profundo.

Em fragmentos, o vento penetra a floresta: danos por vento podem alcançar 300 a 400 m a partir da borda, e as lianas, que aumentam perto das bordas, podem elevar ainda mais a mortalidade (Laurance *et al.*, 2002). Tempestades convectivas já causaram danos intensos sobretudo nos fragmentos estudados na Amazônia Central (Laurance *et al.*, 2011). Em floresta secundária periurbana de Belém, Cruz e Silva (2022) identificaram o vento como a segunda causa de morte mais frequente e o fuste quebrado como o modo de morte mais abundante, com provável padrão de queda na direção do vento.

[1] O quilonewton-metro (kN·m) é a unidade de momento de força, também chamado de torque: mede o efeito de giro produzido por uma força aplicada a certa distância de um ponto de apoio (força × distância). No ensaio, a força tracionava o tronco e o giro ocorria em torno da base da árvore. Para efeito de comparação, 10,6 kN·m equivalem, aproximadamente, ao giro produzido por uma massa de 1.080 kg suspensa na extremidade de uma alavanca de 1 m; 4,9 kN·m correspondem a cerca de 500 kg nas mesmas condições.

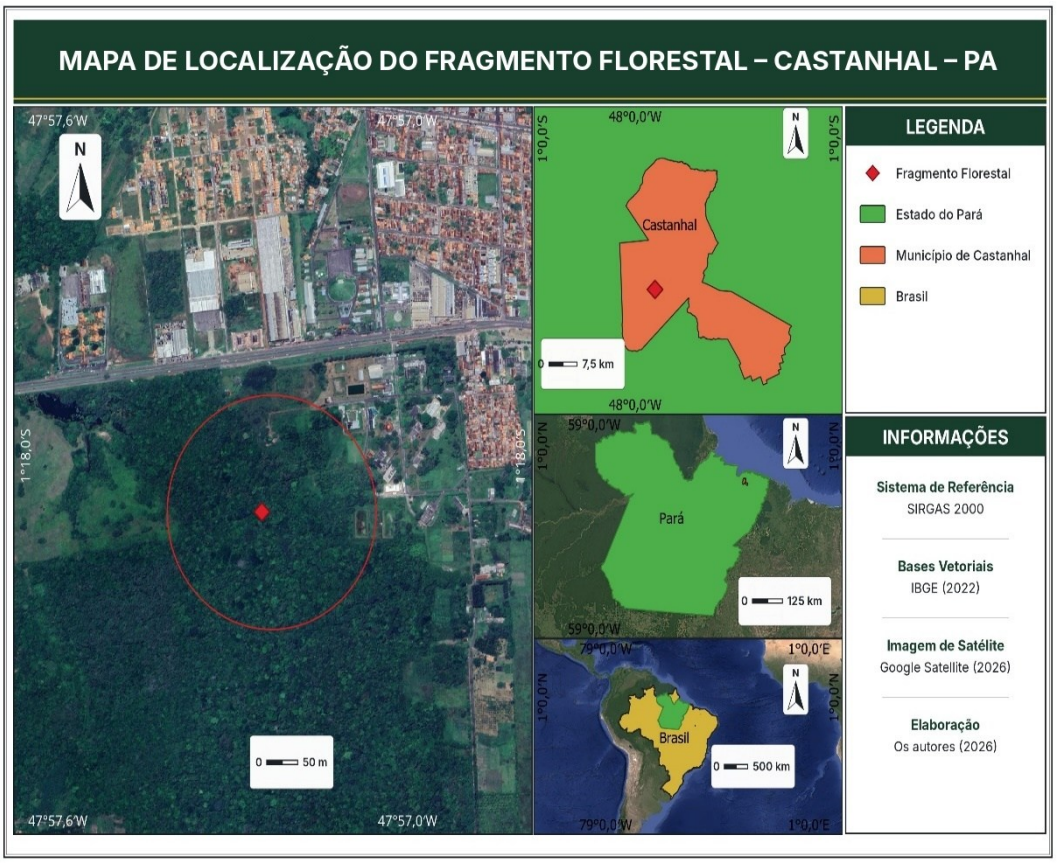
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento de mata mantido como área de conservação no campus de uma instituição de ensino (Figura 1), na borda oeste da área urbana de Castanhal, nordeste do Pará. O fragmento é circundado por rodovia e por bairros da cidade. No município predominam os Argissolos Amarelos Distróficos de textura arenosa/média associados a Latossolos Amarelos, que ocupam cerca de 49% da área (Embrapa Amazônia Oriental, 1999).

Figura 1. Mapa de localização do fragmento florestal estudado, Castanhal-PA



Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base em IBGE (2022).

A observação de campo indica um perfil compatível com Latossolo Amarelo. Sobre a superfície há um horizonte O, formado por serapilheira e matéria orgânica em decomposição; logo abaixo, um horizonte A pouco espesso e escurecido; e, em seguida, um horizonte B

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

amarelado, de aspecto maciço e homogêneo. Esse horizonte aparece exposto em toda a sua extensão na parede de uma voçoroca existente na área (Figura 2) e também aderido às raízes de uma das árvores caídas (Figura 3). Os Latossolos Amarelos são solos profundos e muito intemperizados, com horizonte B pouco diferenciado, e podem apresentar caráter coeso, isto é, horizontes subsuperficiais adensados, muito duros quando secos e resistentes à penetração das raízes (Santos *et al.*, 2018). A identificação do solo, neste estudo, baseou-se apenas em características morfológicas visíveis, sem confirmação analítica.

Figura 2. Parede de voçoroca na área de estudo, com o horizonte B amarelado do Latossolo Amarelo exposto sob a cobertura florestal



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Nos pontos de queda, observou-se que a faixa do horizonte B ocupada pelas raízes é estreita e que o volume de solo efetivamente explorado se concentra nos horizontes O e A. Nessas condições, as raízes tendem a se espalhar lateralmente em vez de se aprofundar, o que forma placas radiculares rasas e pouco ancoradas. Em terrenos inclinados, o problema tende a se agravar, porque a mortalidade por desenraizamento é maior em encostas (Toledo *et al.*, 2012).

3.2. Coleta e análise dos dados

Os dados foram obtidos em visita de campo realizada em 30/09/2026, durante a disciplina Etnoconservação da Natureza na Amazônia. Percorreu-se a trilha interna do fragmento

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

com o acompanhamento de um interlocutor local, conhecedor da área, que compartilhou observações sobre o histórico de queda das árvores e a ausência recorrente de raiz pivotante no local. Ao longo do trajeto, foram identificadas e registradas com câmera de celular seis árvores caídas, bem como árvores em pé com sistemas radiculares visíveis, acompanhadas de anotações em caderno de campo. Pessoas presentes nas imagens serviram como referência de escala e tiveram a identidade preservada por desfoque.

As árvores caídas (N = 6) foram classificadas pelo modo de morte proposto por Toledo *et al.* (2012): desenraizada, quando a placa radicular aparece revirada com solo aderido, ou quebrada, quando o fuste se rompe acima do solo. Os modos de queda foram quantificados em número absoluto e porcentagem. Para as desenraizadas, descreveu-se visualmente a forma da placa radicular, a presença de raiz pivotante e a cor e o aspecto do solo aderido. As árvores em pé foram classificadas segundo a terminologia de Gonçalves e Lorenzi (2011) em: raízes tabulares (sapopemas), raízes-escora e base alargada.

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, descritiva e exploratória. As pesquisas exploratórias buscam oferecer uma visão geral e aproximada de determinado fato e são indicadas quando o tema é pouco estudado e ainda não permite formular hipóteses precisas. Nesse tipo de estudo, a observação simples aliada à escuta de relatos em campo, em que o pesquisador acompanha de forma espontânea os fatos tal como ocorrem, mostra-se adequada, pois favorece a construção de hipóteses (Gil, 2008).

O estudo apresenta limitações que restringem o alcance das inferências. Baseia-se em uma única visita de campo e em uma amostra de seis árvores caídas, sem identificação das espécies. Não foram realizadas análises físicas do solo, como textura, densidade e resistência à penetração, nem medições sistemáticas da profundidade das placas radiculares, da declividade do terreno ou da direção de queda. A classificação dos solos e dos sistemas radiculares baseou-se em observação visual e em registros fotográficos. Por isso, as relações causais discutidas neste trabalho são apresentadas como hipóteses a serem testadas em estudos posteriores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Modos de queda e arquitetura das placas radiculares

Das seis árvores caídas registradas, cinco (83%) tombaram por desenraizamento e uma (17%) por quebra do fuste (Tabela 1). O desenraizamento foi identificado pela placa radicular revirada, ainda com solo aderido, critério usado por Toledo *et al.* (2012) para esse modo de morte.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Tabela 1. Modos de queda das árvores caídas registradas no fragmento estudado

Modo de queda	Número de árvores	%
Desenraizamento	5	83,3
Quebra do fuste	1	16,7
Total	**6**	**100,0**

Fonte: Dados da pesquisa (2026).

A predominância do desenraizamento contrasta com a proporção registrada por Toledo *et al.* (2012) na Reserva Ducke, onde esse modo respondeu por 14% das mortes e a quebra por 26%. A comparação, contudo, é apenas indicativa: aquele estudo incluiu árvores mortas em pé e uma amostra muito maior, enquanto este registrou somente árvores caídas em uma única visita.

Na Figura 3, a placa expõe um bloco de solo amarelado, compacto e de aspecto maciço, correspondente ao horizonte B. As raízes se concentram na parte superior do bloco, e as raízes laterais aparecem rompidas, dispostas horizontalmente. Não se observa raiz pivotante. O conjunto sugere que as raízes cresceram lateralmente, na camada superficial, penetrando apenas uma faixa estreita do horizonte B.

Figura 3. Placa radicular de árvore desenraizada: solo amarelado compacto, raízes laterais rompidas e ausência de raiz pivotante visível



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A Figura 4 mostra outro padrão: uma massa densa de raízes finas envolvendo solo acinzentado. Raízes finas e numerosas favorecem a absorção de água e nutrientes, mas oferecem pouca resistência ao tombamento quando concentradas perto da superfície. A cor acinzentada do solo pode indicar textura arenosa ou períodos de encharcamento, condições que Toledo (2009) associa à baixa qualidade de ancoragem; sem análise do solo, porém, essa interpretação permanece hipotética.

Figura 4. Placa radicular com massa densa de raízes finas e solo acinzentado aderido



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Na Figura 5, a placa está em posição vertical, perpendicular ao solo, ao lado da cova de onde foi arrancada. Vista lateralmente, a placa é larga e pouco espessa, em forma de disco. Nesse formato, o braço de alavanca que resiste ao tombamento é curto: sob a carga de vento sobre a copa, a árvore tende a girar sobre a borda da placa e a arrancar o bloco de solo.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 5. Placa radicular discoide em posição vertical, com a cova de desenraizamento ao lado



Fonte: Acervo dos autores (2026).

A quebra do fuste foi registrada em uma árvore. Na Figura 6, um tronco aparece lascado, com fibras expostas, e vários troncos estão empilhados. Um deles está envolvido por lianas (cipós). As lianas acrescentam peso à copa e ligam árvores vizinhas, de modo que a queda de uma pode arrastar outras; Laurance *et al.* (2002) apontam que elas aumentam perto das bordas e podem elevar a mortalidade. Toledo *et al.* (2012) registraram que 16% das mortes ocorreram por árvores derrubadas por outras, sobretudo entre as menores.

Figura 6. Troncos caídos e empilhados, com fuste lascado (à direita) e tronco envolvido por lianas (em primeiro plano)



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A Figura 7 mostra o resultado acumulado: uma clareira com vários troncos deitados na mesma direção geral, tendo uma pessoa como escala. Troncos alinhados são compatíveis com um evento de vento, como o padrão de queda na direção do vento observado por Cruz e Silva (2022) em Belém, embora a direção de queda não tenha sido medida neste estudo. A abertura do dossel, por sua vez, expõe as árvores vizinhas a mais vento e luz, o que pode ampliar a clareira com o tempo.

Figura 7. Clareira com troncos caídos em direção semelhante; a pessoa ao fundo, com identidade preservada por desfoque, serve de escala



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Os relatos do interlocutor local sobre a ausência generalizada de raízes pivotantes e a frequência de tombamentos convergem com o padrão estrutural registrado em campo. Essa convergência indica que o saber empírico de quem convive com o espaço pode orientar a observação científica e reforça a premissa da etnoconservação de que a gestão de fragmentos florestais deve integrar a percepção dos atores locais que convivem com a floresta (Diegues, 2000, 2019; Pereira; Diegues, 2010).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

4.2. Sistemas radiculares das árvores que permanecem em pé

As árvores em pé exibem três formas com uma característica em comum: todas alargam a base de apoio sem depender de uma raiz profunda.

Raízes tabulares (sapopemas). A maior árvore observada possui sapopemas que se estendem por vários metros ao longo do tronco (Figura 8). Cada sapopema atua como uma estrutura laminar vertical que liga o tronco às raízes laterais: no lado do vento, trabalha por tração; no lado oposto, por compressão. No estudo de Crook, Ennos e Banks (1997), árvores com sapopemas resistiram a quase o dobro do esforço das árvores sem elas, e as sapopemas responderam por cerca de 60% da ancoragem. Essa arquitetura permite à árvore explorar a camada superficial, mais rica em nutrientes, sem perder estabilidade (Nölke *et al.*, 2015), o que pode ser vantajoso em solos como os descritos para Castanhal.

Figura 8. Árvore de grande porte com sapopemas altas (rosto de pessoa desfocado para preservar a identidade)



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A Figura 9 mostra a mesma forma vista de baixo, com tocos cortados em primeiro plano. Esses tocos são vestígios de intervenção humana no fragmento e indicam que a mata não constitui uma natureza intocada (Diegues, 2000).

Figura 9. Sapopemas vistas de baixo, com tocos cortados em primeiro plano



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Raízes-escora. Várias árvores de menor diâmetro apresentam raízes que partem do tronco acima do solo e descem em arco até o chão (Figuras 10 e 11). Essas raízes distribuem o peso por vários pontos de apoio e afastam esses pontos do eixo do tronco, o que amplia a base mesmo quando as raízes não se aprofundam. Gonçalves e Lorenzi (2011) registram que raízes-escora podem auxiliar no suporte; a hipótese aqui é que elas atuem de modo análogo às sapopemas, ampliando a base de ancoragem.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 10. Árvore com raízes-escora



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Figura 11. Detalhe de raízes-escora partindo do tronco acima do solo



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Base alargada. Outras árvores têm sapopemas baixas e curtas, que formam uma base em forma de sino (Figura 12). Trata-se de uma forma intermediária, que aumenta a área de contato com o solo e reduz a concentração de esforço na transição entre tronco e raiz. Como as sapopemas costumam se desenvolver com a idade e o tamanho da árvore (Nölke *et al.*, 2015), parte dessas bases pode estar em estágio inicial de formação.

Figura 12. Base alargada com sapopemas baixas



Fonte: Acervo dos autores (2026).

4.3. Síntese: o que prejudica e o que favorece a permanência das árvores

O Quadro 1 compara as formas observadas. O padrão sugere que a estabilidade das árvores em pé está associada à largura e à rigidez da base, o que é coerente com a hipótese de que o solo não favorece o desenvolvimento de raízes profundas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Quadro 1. Formas radiculares observadas e seu efeito provável sobre a estabilidade

Forma observada	Figuras	O que se vê	Efeito provável sobre a estabilidade
Placa radicular rasa e discoide	3, 4, 5	Raízes concentradas na superfície, sem pivotante, laterais rompidas	Prejudica: a árvore gira sobre a borda da placa e desenraiza
Massa de raízes finas superficiais	4	Raízes finas e densas em solo acinzentado	Prejudica: boa absorção, pouca resistência ao tombamento
Copa com lianas e árvores interligadas	6, 7	Cipós envolvendo troncos, troncos empilhados	Prejudica: mais peso e quedas em cadeia
Raízes tabulares (sapopemas)	8, 9	Chapas verticais altas ligando tronco e raízes	Favorece: tração e compressão; cerca de 60% da ancoragem
Raízes-escora	10, 11	Raízes aéreas em arco até o solo	Favorece: base larga com vários pontos de apoio
Base alargada	12	Sapopemas baixas, base em sino	Favorece: maior área de contato e transição mais rígida

Fonte: Elaborado pelos autores (2026) com base em Crook, Ennos e Banks (1997), Gonçalves e Lorenzi (2011), Nölke *et al.* (2015) e Laurance *et al.* (2002).

4.4. Fatores do solo e da paisagem

A ausência de raiz pivotante e a forma discoide das placas sugerem uma barreira ao aprofundamento das raízes. Duas explicações, não excludentes, são compatíveis com o solo da área de estudo. A primeira é a pequena espessura do horizonte B explorada pelas raízes nos pontos de queda, possivelmente associada ao caráter coeso dos Latossolos Amarelos, que torna o horizonte subsuperficial adensado e resistente à penetração quando seco (Santos *et al.*, 2018); o bloco maciço e amarelado da Figura 3 é coerente com essa hipótese. A segunda é o encharcamento sazonal, que reduz a oxigenação e impede o enraizamento profundo (Toledo, 2009); o solo acinzentado da Figura 4 é coerente com ela. Sem análises físicas do solo, não é possível distinguir entre essas explicações. Em ambos os casos, as raízes se espalham lateralmente, e a estabilidade da árvore passa a depender da largura da base.

O vento é o fator desencadeante mais provável das quedas. No regime amazônico, chuvas intensas encharcam o solo e reduzem sua resistência justamente quando as rajadas são mais fortes, e a mortalidade por desenraizamento cresce após tempestades (Toledo *et al.*, 2012). Por estar cercado por rodovia e por bairros urbanizados, o fragmento está exposto ao vento que acelera sobre essas áreas abertas e gera turbulência nas bordas (Laurance *et al.*, 2002). Ao contrário dos efeitos microclimáticos, o dano por vento tende a não diminuir com o envelhecimento da borda (Laurance *et al.*, 2002). Como não houve registro de eventos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

meteorológicos nem da direção de queda, essa relação também deve ser entendida como hipótese.

4.5. Implicações para a conservação do fragmento

Se as hipóteses se confirmarem, o fragmento tende a perder árvores de raízes rasas sempre que houver tempestades fortes, e as clareiras abertas podem favorecer novas quedas. Isso não implica a perda inevitável da cobertura florestal: as árvores com sapopemas e raízes-escora indicam a presença de espécies adaptadas a esse solo.

Na perspectiva da etnoconservação, a resposta não é isolar a mata como natureza intocada, mas reconhecê-la como espaço vivido e manejá-la com quem a conhece (Diegues, 2000, 2019). No campus, isso inclui estudantes, professores e trabalhadores da instituição, além de moradores dos bairros do entorno, cujo conhecimento sobre espécies, quedas recentes e direção dos ventos pode orientar o manejo, em uma aliança entre conhecimento científico e conhecimento local (Pereira; Diegues, 2010). Com base nas observações realizadas, sugerem-se três ações: monitorar as quedas, registrando data, modo de morte e direção, como fizeram Cruz e Silva (2022); priorizar, no enriquecimento das clareiras, espécies nativas que desenvolvem sapopemas ou raízes-escora; e usar as placas radiculares expostas e as árvores com sapopemas e raízes-escora como recurso de educação ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo cumpriu, em caráter exploratório, o objetivo geral de relacionar morfologia radicular, solo e queda de árvores no fragmento estudado, com base em fotografias e anotações de uma única visita de campo.

Quanto ao primeiro objetivo específico, das seis árvores caídas, cinco (83%) tombaram por desenraizamento, com placas radiculares rasas, discoides e sem raiz pivotante visível, e uma (17%) por quebra do fuste; observaram-se também indícios de quedas em cadeia associadas a lianas. Quanto ao segundo, as árvores em pé apresentam sapopemas, raízes-escora e bases alargadas, formas que ampliam a base de apoio sem depender de raízes profundas e que, no caso das sapopemas, segundo a literatura, quase dobram a resistência à ancoragem. Quanto ao terceiro, as observações são compatíveis com uma camada subsuperficial que limita o aprofundamento das raízes, seja pela pequena espessura do horizonte B explorada pelas raízes, seja por encharcamento, combinada ao vento que atinge um fragmento cercado por rodovia e por bairros urbanos.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Esses resultados devem ser interpretados com cautela. A amostra é pequena e provém de uma única visita, e as interpretações sobre o solo e o vento não foram verificadas por análises físicas ou por medições. Assim, os resultados não permitem estabelecer relações de causa nem generalizações para outros fragmentos; eles indicam hipóteses plausíveis para a área estudada.

Em síntese, as observações sugerem que a combinação de raízes rasas e base estreita desfavorece a permanência das árvores, enquanto uma base larga e rígida a favorece. Para a conservação, o fragmento deve ser tratado como espaço vivido, monitorado e manejado com a comunidade que o frequenta, como propõe a etnoconservação.

Recomenda-se que estudos futuros realizem análises físicas do solo (textura, densidade e resistência à penetração) junto às covas de desenraizamento, meçam a profundidade das placas radiculares e a declividade do terreno, identifiquem as espécies, registrem a direção de queda e acompanhem o fragmento ao longo das estações, de modo a testar as hipóteses aqui levantadas.

REFERÊNCIAS

CROOK, M. J.; ENNOS, A. R.; BANKS, J. R. The function of buttress roots: a comparative study of the anchorage systems of buttressed (*Aglaia* and *Nephelium ramboutan* species) and non-buttressed (*Mallotus wrayi*) tropical trees. **Journal of Experimental Botany**, v. 48, n. 9, p. 1703-1716, 1997. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/48.9.1703.

CRUZ, D. S.; SILVA, J. C. **Monitoramento da mortalidade de árvores em uma floresta secundária periurbana localizada em Belém, Pará**. 2022. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2022. Disponível em: https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/4485. Acesso em: 8 out. 2026.

DIEGUES, A. C. **O mito moderno da natureza intocada**. 3. ed. São Paulo: Hucitec: NUPAUB-USP, 2000.

DIEGUES, A. C. Conhecimentos, práticas tradicionais e a etnoconservação da natureza. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 50, p. 116-126, abr. 2019. DOI: https://doi.org/10.5380/dma.v50i0.66617.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Mapa de solos do município de Castanhal – Pará**. Escala 1:100.000. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/991302. Acesso em: 3 out. 2026.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. **Morfologia vegetal**: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares. 2. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malhas territoriais**: malha municipal 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais. Acesso em: 7 out. 2026.

JOHNSON, B. **Structure and function of buttress roots in tropical oaks of** *Quercus* **spp. in windward and leeward cloud forest**. Monteverde: Monteverde Institute, 2010. (Tropical Ecology and Conservation, 568). Disponível em: https://digitalcommons.usf.edu/tropical_ecology/568. Acesso em: 1 out. 2026.

LAURANCE, W. F. *et al.* Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, n. 3, p. 605-618, 2002. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.01025.x.

LAURANCE, W. F. *et al.* The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. **Biological Conservation**, v. 144, n. 1, p. 56-67, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.021.

NÖLKE, N. *et al.* On the geometry and allometry of big-buttressed trees: a challenge for forest monitoring: new insights from 3D-modeling with terrestrial laser scanning. **iForest – Biogeosciences and Forestry**, v. 8, n. 1, p. 574-581, 2015. DOI: https://doi.org/10.3832/ifor1449-007.

PEREIRA, B. E.; DIEGUES, A. C. Conhecimento de populações tradicionais como possibilidade de conservação da natureza: uma reflexão sobre a perspectiva da etnoconservação. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 22, p. 37-50, jul./dez. 2010. DOI: https://doi.org/10.5380/dma.v22i0.16054.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TOLEDO, J. J. **Influência do solo e topografia sobre a mortalidade de árvores e decomposição de madeira em uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. 2009. 75 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2009. Disponível em: https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Tese_Toledo_Jose.pdf. Acesso em: 2 out. 2026.

TOLEDO, J. J. *et al.* Tree mode of death in Central Amazonia: effects of soil and topography on tree mortality associated with storm disturbances. **Forest Ecology and Management**, v. 263, p. 253-261, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.09.017.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.