

MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS UTILIZANDO O BAMBU PARA CONTENÇÕES DE DESLIZAMENTOS EM ÁREAS DE RISCO

 Liliane Frosini Armelin ^{1*},  Henrique Dinis ¹,  Alberto Alonso Lázaro ¹

¹ Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, CEP 01302-907, São Paulo, SP, Brasil. *E-mails:* liliane.armelin@mackenzie.br, henrique.dinis@mackenzie.br, alberto.alonso@mackenzie.br

*Autor correspondente



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

RESUMO

Um dos grandes problemas enfrentados atualmente no Brasil é a ocupação urbana informal, especialmente em encostas sob risco de movimentos de massa. Loteamentos informais abrigam segmentos da população em condições de vulnerabilidade, que ficam normalmente expostos a desastres naturais. Em ambientes construídos, soluções sustentáveis tornam-se cada vez mais presentes, mediante uso de novas tecnologias, que almejam, além dos preceitos da sustentabilidade nas construções, como a redução do consumo de recursos naturais e a otimização dos custos envolvidos. Nesse contexto, recursos naturais renováveis, a exemplo do bambu, surgem como alternativa competitiva, por atuar favoravelmente na estabilidade e minimização da erosão de taludes, a custos passíveis de serem absorvidos pelo poder público. Ressalta-se ainda sua ação no combate às mudanças climáticas e efeitos positivos na modificação da paisagem urbana, constituindo-se como elemento integrador para a formação de cidades inteligentes. Este estudo visa a demonstrar as características favoráveis das raízes e rizomas de uma espécie alastrante de bambu como elemento estruturante em ações voltadas para mitigar deslizamentos e erosões superficiais do solo. Desenvolveu-se, em laboratório, experimentos para observação do crescimento de mudas em vasos com inclinações variadas ensaios físicos e mecânicos em rizomas extraídos das mudas, visando estabelecer parâmetros de resistência a esforços de tração e dobramento. Os resultados destacam a formação de uma rede entrelaçada de raízes e rizomas capaz de melhorar a coesão e a estabilidade do solo, contribuindo para a compreensão do potencial do bambu como alternativa sustentável para a proteção de taludes e o desenvolvimento urbano resiliente ao clima.

Palavras-chaves: Risco geológico; Movimentos de massa; Soluções não-estruturais; Bambu alastrante; Resiliência climática; Soluções Baseadas na Natureza.

ABSTRACT

NON-CONVENTIONAL TECHNIQUES USING BAMBOO FOR LANDSLIDE MITIGATION IN GEOLOGICAL RISK AREAS. Informal urban occupation remains one of the major challenges faced in Brazil, particularly on hillslopes susceptible to mass-movement processes. Informal settlements often house vulnerable populations who are routinely exposed to natural hazards. In built environments, sustainable solutions have become increasingly relevant through the adoption of

innovative technologies that aim not only to reduce the consumption of natural resources but also to optimize construction and maintenance costs. In this context, renewable natural materials—such as bamboo—emerge as competitive alternatives, as they can contribute to slope stability and erosion control at costs that are manageable for public administrations. Bamboo also plays a role in mitigating climate change and improving urban landscapes, functioning as an integrating element in the development of smart and resilient cities. This study aims to demonstrate the favorable mechanical and morphological characteristics of the roots and rhizomes of a running bamboo species as a structural element in actions designed to mitigate shallow landslides and surface erosion. Laboratory experiments were conducted to observe the growth of seedlings in pots with different inclinations, along with physical and mechanical tests on rhizomes extracted from these plants to establish parameters of tensile and bending resistance. The results highlight the formation of an interwoven root–rhizome network capable of increasing soil cohesion and improving slope stability. These findings contribute to advancing the understanding of bamboo’s potential as a sustainable alternative for slope protection and climate-resilient urban development.

Keywords: Geological risk; Mass movements; Non-structural solutions; Running bamboo; Climate resilience; Nature-based Solutions.

RESUMEN

TÉCNICAS NO CONVENCIONALES UTILIZANDO EL BAMBÚ PARA LA MITIGACIÓN DE DESLIZAMIENTOS EN ZONAS DE RIESGO GEOLÓGICO. La ocupación urbana informal sigue siendo uno de los principales desafíos enfrentados en Brasil, especialmente en laderas susceptibles a procesos de movimientos en masa. Los asentamientos informales suelen albergar poblaciones vulnerables que están rutinariamente expuestas a peligros naturales. En entornos construidos, las soluciones sostenibles han adquirido creciente relevancia mediante la adopción de tecnologías innovadoras que buscan no solo reducir el consumo de recursos naturales, sino también optimizar los costos de construcción y mantenimiento. En este contexto, los materiales naturales renovables – como el bambú – surgen como alternativas competitivas, ya que pueden contribuir a la estabilidad de taludes y al control de la erosión con costos manejables para la administración pública. El bambú también desempeña un papel en la mitigación del cambio climático y en la mejora del paisaje urbano, actuando como un elemento integrador en el desarrollo de ciudades inteligentes y resilientes. Este estudio tiene como objetivo demostrar las características mecánicas y morfológicas favorables de las raíces y rizomas de una especie de bambú alastrante como elemento estructural en acciones destinadas a mitigar deslizamientos superficiales y la erosión del suelo. Se realizaron experimentos de laboratorio para observar el crecimiento de plántulas en macetas con diferentes inclinaciones, junto con ensayos físicos y mecánicos en rizomas extraídos de estas plantas, con el fin de establecer parámetros de resistencia a tracción y flexión. Los resultados destacan la formación de una red entrelazada de raíces y rizomas capaz de aumentar la cohesión del suelo y mejorar la estabilidad de los taludes. Estos hallazgos contribuyen a ampliar el entendimiento del potencial del bambú como una alternativa sostenible para la protección de taludes y el desarrollo urbano resiliente al clima.

Palabras clave: Riesgo geológico; Movimientos en masa; Soluciones no estructurales; Bambú rastrero; Resiliencia climática; Soluciones Basadas en la Naturaleza.

1 INTRODUÇÃO

Diante da preocupante situação das áreas de risco, obras estruturantes de contenção têm sido realizadas para a melhoria das condições de risco geológico alto, porém, embora eficazes, são dispendiosas e de complexa execução e dependem de elevadas montas de recursos financeiros para sua realização, o que, em geral, muitas administrações municipais não possuem.

De acordo com estimativas, até janeiro de 2023 foram identificadas 13.297 áreas de risco geológico em 1.600 municípios, onde vivem cerca de 3,9 milhões de pessoas (Serviço Geológico do Brasil, 2023; Souza, 2023). Ressalta-se ainda que este mapeamento não abrange todos os municípios brasileiros.

Os movimentos de massa representam consequências desastrosas para a população afetada. Quando não naturais, são causados pela alteração da configuração geométrica das encostas, devido à ocupação irregular, ao criar patamares de assentamento e taludes muito íngremes, levando à sua instabilidade. Este efeito é agravado por deficiências na drenagem natural, infiltrações, especialmente diante de altos índices pluviométricos, como se tem registrado em várias partes do país, consequência das mudanças climáticas (Ehrlick & Becker, 2009). Alguns fatores influenciam esse processo, como a configuração dos taludes, tipos de solo e a estrutura geológica (Das, 2012; Gerscovich, 2012). As características de uso e ocupação também são fatores importantes nesta equação (Massad, 2010; Raskovich, 2020).

A Norma NBR 11682/2009 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT prescreve as condições exigíveis no estudo e controle da estabilidade de encostas naturais e taludes resultantes de cortes e aterros realizados em encostas. Ademais, abrange também as condições para projeto, execução, controle e observação de obras de estabilização. Estabelece, no âmbito de projetos de execução, ações de contenção que podem consistir desde a simples terraplenagem e elementos de drenagem, como também obras estruturais, a exemplo, os muros de gravidade, muros de flexão, estruturas ancoradas, estruturas de solo reforçado ou estruturas para a estabilização de taludes rochosos, quando for este o caso. Também faz menção às estruturas mistas que envolvem duas ou mais das soluções de estabilização. Porém, as obras estruturais de contenção são por demais dispendiosas (Pessoa, 2016).

Como alternativa às obras estruturais, tem-se como possibilidade a utilização da cobertura vegetal em taludes; no entanto, trata-se de uma medida preventiva, no intuito de minimizar a evolução e agravamento de um quadro de risco geológico. Para sua eficácia, deve ser aplicada a áreas mais extensas, como relatado por Jorge & Guerra (2013), uma vez que não possui a capacidade e desempenho de uma contenção. Seu custo do plantio representa uma alternativa viável do ponto de vista econômico. A cobertura vegetal de taludes configura-se como uma maneira eficaz de proteção contra processos erosivos, devido a ampliação da resistência ao cisalhamento oferecida pelas raízes (Neres et al., 2022).

O capim vetiver tem se revelado muito eficaz na estabilização de taludes, pois proporciona incremento de coesão aparente ao solo e aumenta o fator de segurança dos taludes. No estudo de Barbosa e Lima (2013), os parâmetros de resistência ao cisalhamento de solos (intercepto de coesão e ângulo de atrito interno) aumentaram com o tempo de plantio do capim vetiver, com destaque para o valor da coesão aparente após três anos de seu cultivo.

O estudo de Costa e Drumont Neto (2019) abordou a recuperação de talude às margens da rodovia BR 381 em Minas Gerais, com a associação de gramíneas e leguminosas. Dentre as gramíneas, a braquiária apresentou maior resistência ao estresse ambiental da região e melhores efeitos nas características físicas do solo, tanto na redução da densidade aparente como no aumento da capacidade de retenção de água, apresentando melhor desempenho médio quando comparado às leguminosas.

O bambu vem sendo utilizado com frequência na contenção de processos de erosão no Brasil. Como principal característica favorável para sua aplicação, seu sistema radicular, caracterizado por ser subterrâneo, denso e extenso, atua como reforço geotécnico, promovendo um aumento da resistência à tração e ao cisalhamento do solo. Após três anos do seu plantio, forma-se um sistema radicular forte e entrelaçado que dificulta a movimentação do solo. Existem três tipos de bambu: entouceirante, caracterizados pelo crescimento em touceiras densas e compactas; alastrante, que se espalham rapidamente com os colmos crescendo sub-superficialmente ao terreno, lateral e radialmente, atingindo alturas menores; e antipodiais, que combina as características dos dois anteriores.

O bambu não tolera terrenos alagados, compactados, solos argilosos, muito ácidos ou muito

alcalinos (Pinheiro & Nunes, 2007). Pode ser plantado até a altitude de 3.000 metros e a condição ideal de precipitação anual é de 1.200 a 1.800 mm. O bambu gera quatro vezes mais oxigênio que outras espécies florestais lenhosas e constitui-se como grande fixador de carbono da atmosfera (Regis, 2004). Sua morfologia é bem peculiar; a planta cresce por meio de rizomas subterrâneos (caules modificados) dos quais saem as raízes e os caules aéreos (Figura 1).

Os rizomas, juntamente com as raízes, constituem o sistema subterrâneo dos bambus. O rizoma é um órgão segmentado em nós e entrenós, responsável pela produção de novos colmos e raízes, armazenamento, transporte de nutrientes e suporte da parte aérea (Luis et al., 2017). A maior parte do sistema radicular é formado por raízes que se desenvolvem a partir dos nós encontrados nos rizomas e nas bases dos colmos. O sistema radicular forma uma rede delicada e extensa, essencial para o crescimento e desenvolvimento de cada planta. As raízes possuem a função de ancorar a planta no solo, além de absorver água e nutrientes que são transportados para toda a planta. O sistema subterrâneo dos bambus é adaptável a uma variedade de condições (Kotangale et al, 2025; Luis et al, 2017). No caso do bambu de pequeno porte, 60 a 70% da massa vegetal de raízes é composta de pequenas raízes com diâmetro inferior a 2 mm (Zhou et al., 2005). Raízes nestas condições, em seu conjunto, possuem alta resistência à tensão radicular e ao arranquio, no caso, por possuírem maior superfície específica em relação àquelas mais espessas.

No estudo de França (2011) sobre a aplicação do bambu para contenção de taludes, observou-se os comprimentos máximos alcançados pelas raízes finas e grossas de 5 espécies, 180 dias após o plantio. A incidência de raízes finas influi positivamente na fixação do solo superficial em áreas de encostas, por agregar resistência ao cisalhamento. Quanto mais longa for a raiz, maior contato com o solo, minimizando a erosão e deslocamentos superficiais, que podem desencadear movimentos de massa.

No entanto, a despeito de suas características favoráveis, bambus podem adicionar tensões de deslocamento no solo superficial, em contraposição à recomendação de seu uso, em locais declivosos, por efeitos de seu tombamento e arrancamento. Coelho e Pereira (2006) recomendam evitar o uso de bambu de maior massa aérea em relação à radicular, em terrenos com inclinações maiores que 30%, para evitar o efeito “alavanca”, resultado da gravidade combinada à ação de ventos fortes.

O objetivo deste trabalho é avaliar o uso do bambu alastrante como medida não convencional, no caso, preventiva, para estabilizar a evolução do risco de erosão superficial e deslocamento dos solos por escorregamento, que podem potencializar o deslizamento em taludes. Os estudos foram realizados por meio do plantio de bambu alastrante da espécie *Phyllostachys aurea*, em experimento em laboratório, a partir da observação da evolução de seu crescimento em vasos de inclinações variadas, finalizando com ensaios físicos e mecânicos de amostras retiradas de seus rizomas.

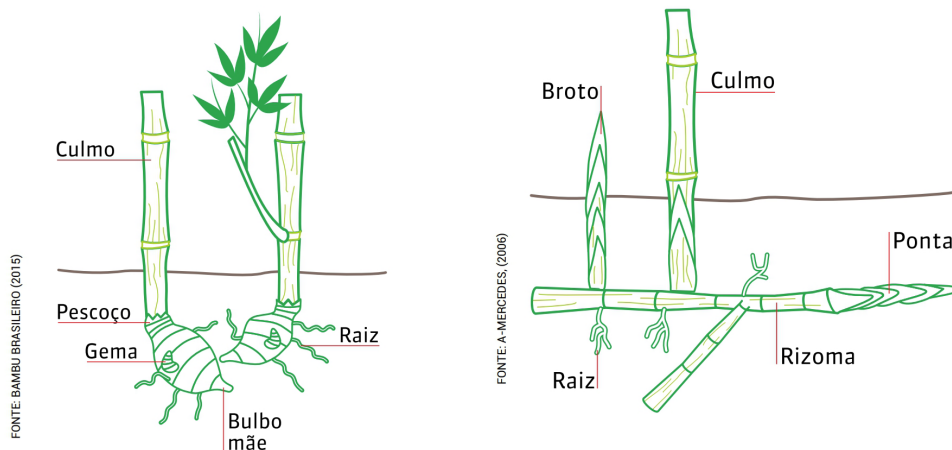


FIGURA 1 – Morfologia do crescimento de uma planta de bambu. Espécies entouceirante (à esquerda) e alastrante (à direita). Fonte: Guilherme et al. (2017).

FIGURE 1 – Growth morphology of a bamboo plant. Clumping species (left) and running species (right). Source: Guilherme et al. (2017).

2 METODOLOGIA

2.1 Montagem do canteiro experimental

A abordagem metodológica na condução da pesquisa foi a experimental, com a implantação de um canteiro em área aberta com luz natural e teve duração de 15 meses (maio/2024 a agosto/2025), sendo a primeira amostra, retirada em junho/2025 e a última em agosto/2025.

Para isso foram montados 24 vasos individuais preenchidos com terra, dispostos em fileiras de 6, com diferentes inclinações em relação ao plano horizontal: 0°, 30°, 45° e 60°.

Antes da construção do canteiro, foram construídas unidades de vaso em tamanho reduzido com apoios de inclinação, para que se avaliasse a viabili-

dade do modelo, além de auxiliar na construção em escala real. O material utilizado na construção dos modelos (Figura 2) foi o mesmo utilizado para os vasos com as dimensões reais, madeira compensada, porém com espessura mais reduzida.

Os vasos idealizados (Figura 3) apresentam formato transversal quadrado fabricado em chapa compensada de espessura 18 mm, medindo 30 cm na lateral e profundidade de 60 cm. Foram impermeabilizados parcialmente, pensando-se em uma proteção por um período mais prolongado, levando-se em conta a duração da pesquisa. As chapas foram conectadas umas às outras com parafusos, permitindo a abertura parcial para observação do desenvolvimento das raízes e retiradas de amostras.

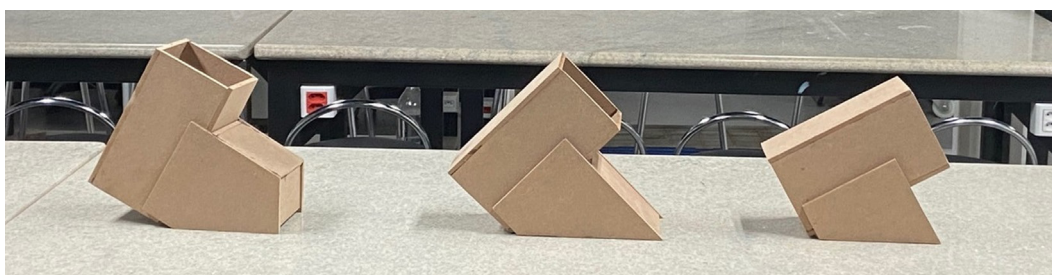


FIGURA 2 – Modelos reduzidos dos vasos e suportes de inclinação para 30°, 45° e 60°. Fonte: Os autores.

FIGURE 2 – Scaled-down models of the pots and inclination supports for 30°, 45°, and 60°. Source: The authors.

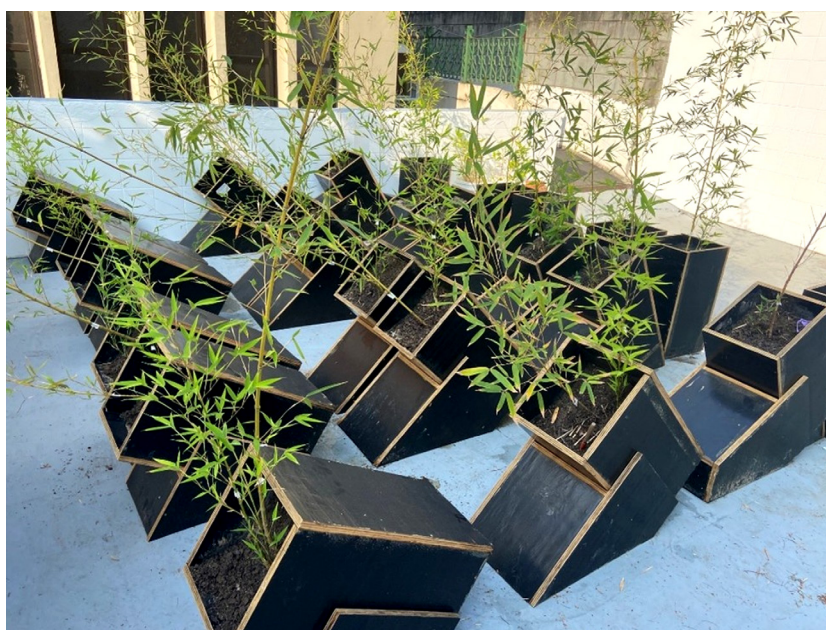


FIGURA 3 – Disposição dos vasos no canteiro experimental. Fonte: Os autores.

FIGURE 3 – Arrangement of the pots in the experimental plot. Source: The authors.

A espécie escolhida para a realização do estudo, a *Phyllostachys aurea*, é alastrante, não atingindo grandes alturas. As plantas dispostas em todas as inclinações foram consideradas na observação do desenvolvimento da parte radicular e na realização dos ensaios de resistência mecânica à tração e dobramento.

A montagem do canteiro experimental teve duração de um mês, sendo o preenchimento dos vasos realizado da seguinte forma: no fundo foi colocado um dreno constituído por brita 1, com 5 cm de espessura. A camada acima foi preparada com mistura de terra vegetal com areia lavada média, na proporção em peso de areia:terra de 1:3. O objetivo deste procedimento foi produzir um solo com teor de nutrientes mais próximo aos solos encontrados na natureza, já que o uso da terra vegetal, sem adições, poderia apresentar resultados pouco realistas, evitando, assim, um canteiro de cultivo com condições muito favoráveis às plantas. A proporção de 1:3 foi estabelecida unicamente por experimentação tátil e visual, já que na natureza, a variação de texturas, composição, compactação e permeabilidade dos solos são muito variáveis.

Periodicamente, uma das fileiras de vasos era separada para que estes fossem abertos e o sistema radicular fosse separado e investigado. Desconsiderou-se a questão da variação da insolação para cada vaso, individualmente, visto que pela proximidade dos vasos, estariam conjuntamente expostos na maior parte do dia, sem sombreamento (Figura 3).

Após a montagem do canteiro experimental, foi estabelecido um período de espera para a adaptação dos bambus. Algumas poucas plantas apresentaram folhas e caules secos, indicativos de sua morte, tendo sido substituídas já de início por novas mudas. Durante os meses secos, de junho a outubro, foram realizadas duas regas semanais na ausência de chuva. A partir de novembro, com o início do período chuvoso, a irrigação foi reduzida para uma vez por semana, sendo completamente suspensa nos meses mais úmidos, a partir de janeiro. Reiniciaram-se as regas, na finalização da estação chuvosa, em meados de junho de 2025.

2.2 Observações do crescimento das biomassas aérea e radicular

O monitoramento do crescimento da biomassa aérea baseou-se na contagem do aparecimento de brotos em cada vaso. O comprimento e diâmetro da planta principal não se mostraram como boas variáveis, devido ao reduzido progresso. Ao longo dos meses, procedeu-se com a contagem dos novos bro-

tos, constatando-se a ocorrência de rizomas subterrâneos, a partir dos quais, se verificou o surgimento de novos brotos.

A observação do desenvolvimento das raízes e rizomas foi efetuada a partir da abertura da parede lateral de quatro vasos escolhidos, de inclinações distintas. Após a abertura dos vasos, foi necessário quantificar o desenvolvimento das raízes e para isso, iniciou-se o processo de separação da terra, que se revelou como uma operação difícil, tendo em vista que as raízes eram muito finas e se rompiam facilmente. Para facilitar a operação, utilizou-se uma ponteira com a finalidade de perfurar o solo, permitindo a separação com auxílio de entrada de água.

As raízes foram separadas da parte aérea e dos rizomas, lavadas e deixadas para secar naturalmente. Alguns segmentos que se partiram no processo de separação, de tamanho significativo, foram anexados ao tramo principal e o conjunto foi pesado após a secagem.

2.3 Investigações de resistência das raízes

A espécie do bambu utilizado nas pesquisas, como já mencionado, é do tipo alastrante. Sua característica principal, que torna esta espécie vegetal uma alternativa para conter a degradação dos solos superficiais em encostas, é sua propagação por meio de rizomas que se alastram subsuperficialmente, acompanhando o terreno natural. A profundidade de desenvolvimento dos rizomas raramente ultrapassa 0,5 m, o que faz com que seu alastramento possa ser contido por valas abertas nesta profundidade.

Os rizomas, propriamente, podem ser tratados como caules horizontais, ou ramos do enraizamento, com características próprias, que os distinguem dos caules aéreos, que são roliços, vazados, com fibras predominantemente longitudinais, formados por colmos uniformemente espaçados, enrijecidos por nós. Os rizomas, por sua vez, são maciços e apresentam, em semelhança, o sentido longitudinal das fibras. Ao se alastrarem, se espraiam em múltiplas direções por meio de ramificações, ocupando praticamente de forma plena a área envolta de sua muda inicial. Por meio destas ramificações, brotam diretamente novas mudas para o desenvolvimento dos caules aéreos. Esta característica faz com que o bambu alastrante se torne uma cobertura vegetal dominante, inibindo o desenvolvimento de outras plantas.

Considerando a predominância de fibras alinhadas direccionalmente aos ramos dos rizomas, este aspecto físico-biológico faz com que a resistência à tração e ao dobramento destes ramos seja significativa, justificando sua ação natural de resistir às so-

licitações de tombamento ou arrancamento dos caules aéreos, mediante ação dos ventos ou outras solicitações de intempéries. No aspecto físico-mecânico, não se identifica a ruptura frágil, como tão pouco, plástica por escoamento, mas sim, por sucessão de ruptura das fibras, sequencialmente, por esfacelamento gradual da massa estrutural que compõe o ramo.

Ainda, como defesa natural ao arrancamento dos rizomas mediante tombamento dos caules aéreos, estes são grampeados no solo, em profundidade, pela trama de raízes finas, que ocupam a camada de solo imediatamente abaixo. Por esta trama de enraizamento, os rizomas e as raízes finas criam, junto à superfície do solo, uma estrutura natural de contenção, em similaridade às cortinas estruturais grampeadas, normalmente utilizadas na engenharia como método estrutural de contenção ao deslocamento de taludes muito íngremes. No caso do bambu, aos rizomas é alegado o papel da cortina estrutural e às raízes finas, de grampos.

Notadamente, verifica-se que nos taludes naturais e margens de córregos, onde há uma ocupação já madura da superfície do solo por bambu, solapamentos, erosões e deslocamentos ocorrem em menor intensidade, reduzindo o risco de evolução deste tipo de degradação da superfície do solo para acidentes geológicos de maior gravidade, como deslizamentos.

Desta forma, pretendeu-se identificar características físico-mecânicas dos rizomas da espécie *Alvimia* de bambu, visando embasar sua aplicação tecnicamente, como método preventivo de contenção às encostas.

A investigação da parte radicular foi direcionada a três resultados específicos:

- O primeiro, suprir uma lacuna do conhecimento sobre o uso do bambu como contenção em superfícies íngremes, onde deslocamento e erosão do solo são mais comuns. Em especial, verificar se a trama de crescimento e espaiamentos do rizoma viesse a ocorrer de forma subsuperficial, como se verifica em taludes naturais de pequena inclinação.
- O segundo, quanto ao desenvolvimento das raízes finas, de forma homogênea e orientada na profundidade, em superfícies também íngremes.
- O terceiro resultado, referindo-se a qualquer inclinação de talude, a resistência mecânica dos rizomas à tração e dobramento sob tração. Nos ensaios efetuados com rizomas do bambu, buscou-se reproduzir o comportamento destas raízes na natureza, mediante esforços de tração e dobramento sob tração. Observa-se que toda a trama formada pelos rizomas consiste em uma estrutura desenvol-

vida especialmente para resistir ao tombamento e arrancamento dos caules aéreos, o que faz com que os rizomas sejam solicitados ao dobramento e à tração, e as raízes finas, ao arrancamento, sendo estas solicitadas à tração direta.

Como se pode observar na Figura 4, na ocorrência de um deslizamento superficial do solo em um talude, forma-se uma cunha delimitada na face superior pela superfície do solo e, na inferior, por uma superfície crítica potencial de deslizamento da própria cunha. Avaliando-se o problema por meio do método do equilíbrio limite, na iminência do deslizamento e mantendo-se a cunha com integridade volumétrica, haverá uma tendência potencial de deslocamento da cunha tangencialmente à superfície crítica de deslizamento. Ocorrerá o deslizamento, se as tensões tangenciais “ T_i ” virem a esgotar a resistência ao cisalhamento do solo “ S_i ”, como ilustrado na Figura 5.

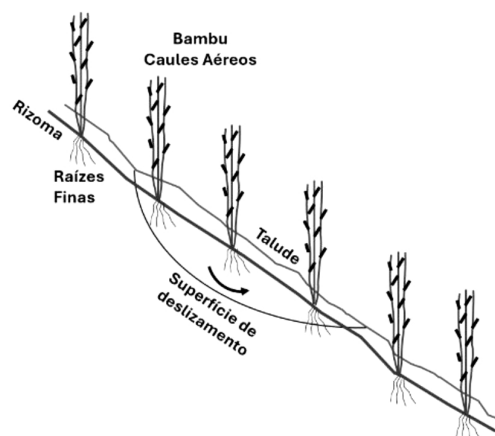


FIGURA 4 – Ocorrência de deslizamento superficial do solo em um talude. Fonte: Os autores.

FIGURE 4 – Occurrence of a shallow soil sliding on a slope. Source: The authors.

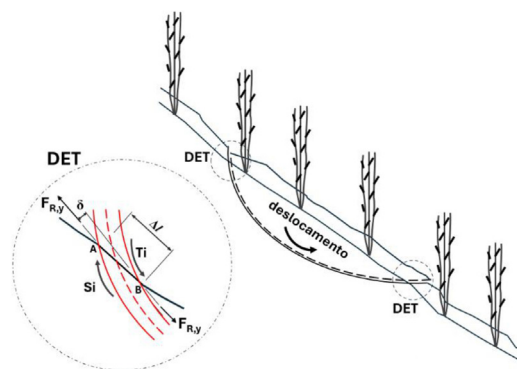


FIGURA 5 – Ocorrência de deslocamento de cunha em um talude. Fonte: Os autores.

FIGURE 5 – Occurrence of a wedge displacement on a slope. Source: The authors.

Estando os ramos do rizoma interceptando esta superfície de deslizamento, mesmo que de forma localizada, com o deslocamento da cunha, estes serão solicitados, a princípio, ao cisalhamento. No entanto, não sendo a cunha rígida, uma vez que o solo que a compõe tem um comportamento elasto-plástico, assim como os ramos dos rizomas não são rígidos à deformação por flexão, ocorre, concomitante ao deslocamento da cunha, deformações plásticas do solo que contém os ramos do rizoma, fazendo com que seus ramos venham a trabalhar segundo um esforço conjunto de dobramento com tração $F_{R,y}$ (Figura 5).

Para reproduzir o comportamento dos rizomas a este tipo de solicitação, construiu-se um aparelho de ensaio que reproduzisse este efeito de dobramento com tração (Figura 6). Verificou-se na realização dos ensaios, que o rompimento ocorre na região do dobramento, mediante solicitação de tração. O aparelho, a princípio, reproduz o deslocamento “ δ ” que ocorreria em uma extensão dos ramos do rizoma em “ Δl ”.

O aparelho de ensaio visa especialmente reproduzir o comportamento físico-mecânico dos rizomas e avaliar sua resistência relativa e não, propriamente, obter resultados a serem utilizados em processos de dimensionamento. Foi desenhado para impor uma solicitação de dobramento e tração conjunta, semelhante ao comportamento na natureza, quando solicitado como elemento de costura a um hipotético deslizamento de uma cunha superficial de solo. Esquematicamente, como se verifica na Figura 7, consta de uma base plana com um recorte quadrangular, sobre a qual se fixam o(s) ramo(s) do rizoma, aplicando-se na projeção do recorte, uma tampa de dimensão menor, a ser comprimida contra o recorte, causando sobre o rizoma, deformações de dobramento com tração, tendo em

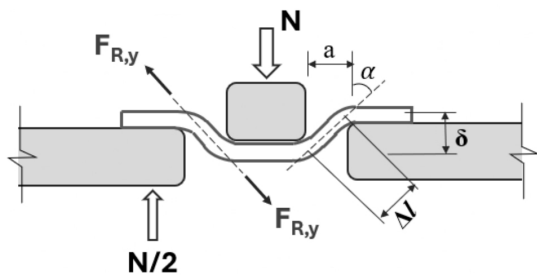


FIGURA 6 – Desenho esquemático do aparelho desenvolvido para a realização do ensaio. Fonte: Os autores.

FIGURE 6 – Schematic drawing of the device developed for the test. Source: The authors.

vista estarem fixados na base plana. Foi construído em madeira, em formato de uma caixa rígida, para que, mediante as forças aplicadas, não viesse a desmontar.

Antes de cada ensaio, as amostras foram devidamente destorroadas e os rizomas lavados para que sua superfície estivesse limpa para sua fixação na placa plana (tampa).

A folga “a” adotada para este ensaio foi de aproximadamente 15 mm (Figura 8). A fixação foi efetuada por meio de colagem, utilizando-se para este fim, a cola quente. Uma das amostras, foi

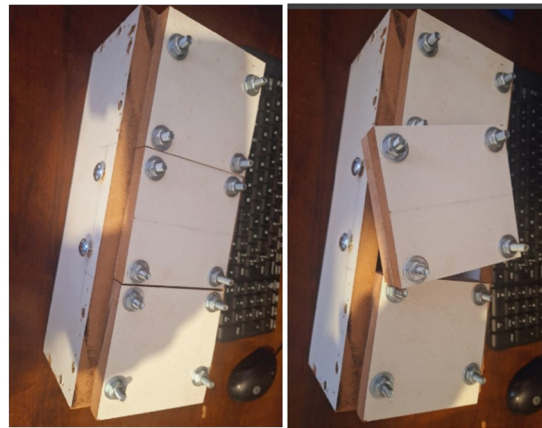


FIGURA 7 – Aparelho desenvolvido para a realização do ensaio. Fonte: Os autores.

FIGURE 7 – Device developed for performing the test. Source: The authors.

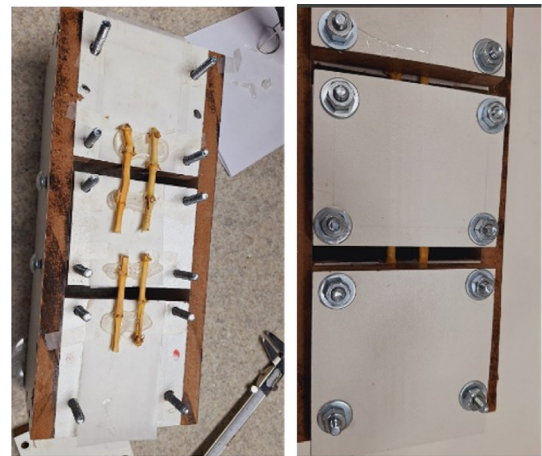


FIGURA 8 – Disposição dos rizomas no aparelho para a realização de ensaios. Fonte: Os autores.

FIGURE 8 – Arrangement of the rhizomes in the device for testing. Source: The authors.

constituída por dois ramos alojados no aparelho de ensaio em paralelo, como observado na Figura 8.

A força sobre a tampa foi aplicada por uma prensa hidráulica para ensaios à ruptura de corpos de prova de concreto, Instron modelo Emic 23-1M cap. 100 ton (Figura 9).

Os deslocamentos referem-se ao afundamento da tampa contra o recorte na base, mediante à força aplicada pelo êmbolo da prensa. Assim, os ramos foram igualmente solicitados, para a mesma deformação (Figura 10). A ruptura ocorreu para cada um dos ramos, independentemente um do outro, em função de sua constituição fibrosa e diâmetro.

3 RESULTADOS

3.1 Crescimento das biomassas aérea e radicular

A figura 11 ilustra o processo de crescimento da biomassa aérea, que apresentou, nos primeiros cinco meses de adaptação, um desenvolvimento mais lento, indicando um período de provável formação de rizomas subterrâneos, acelerando nos meses seguintes.

As observações do canteiro experimental ao longo do tempo da pesquisa indicam que as plantas se adaptaram ao local e às condições impostas. A Figura 12 ilustra o aspecto geral do canteiro, ao longo do tempo.

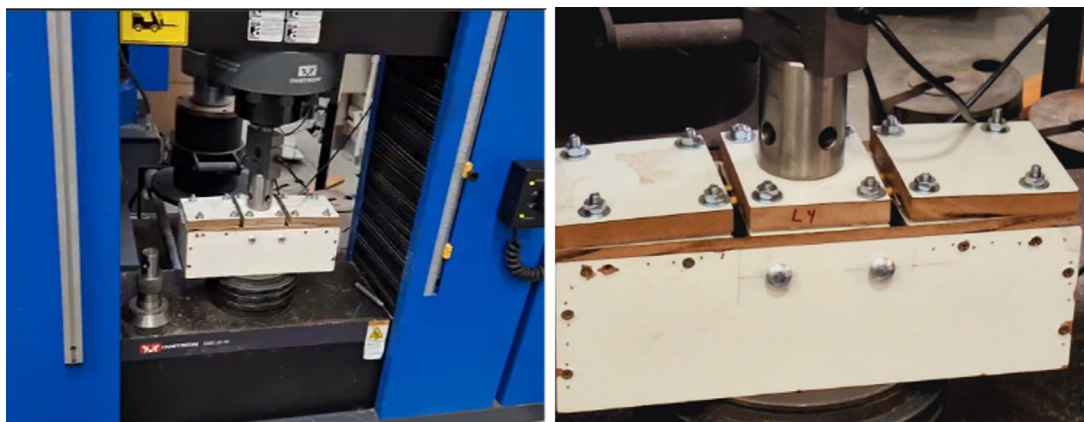


FIGURA 9 – Imagens da elaboração do ensaio. Fonte: Os autores.

FIGURE 9 – Images of the test setup. Source: The authors.

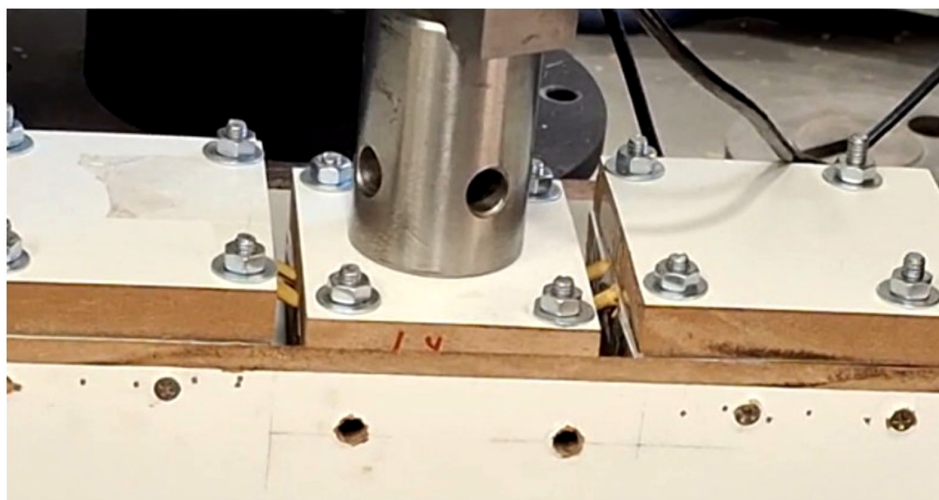


FIGURA 10 – Deslocamento ocorrido na realização de ensaio. Fonte: Os autores.

FIGURE 10 – Displacement observed during the test. Source: The authors.

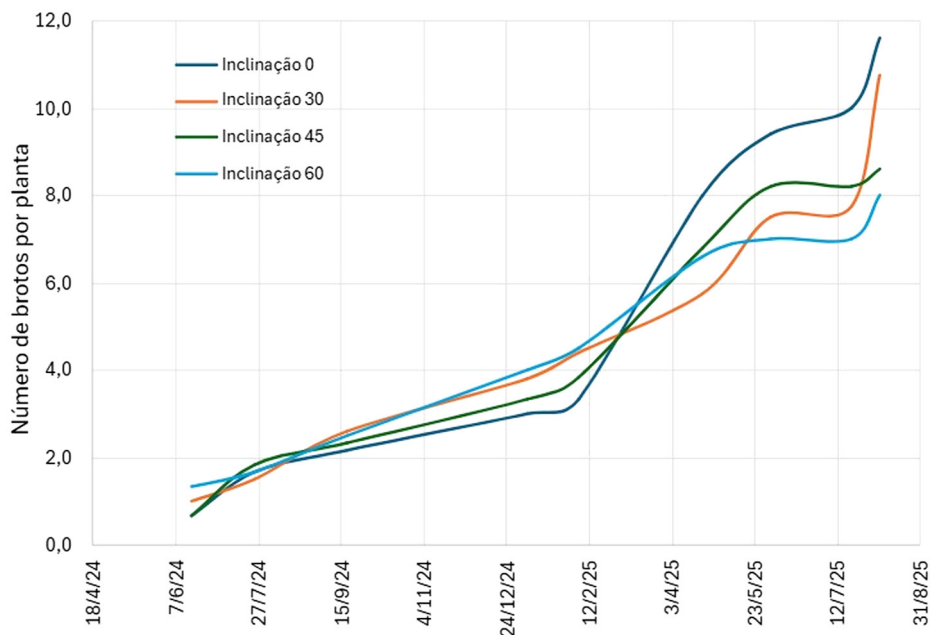
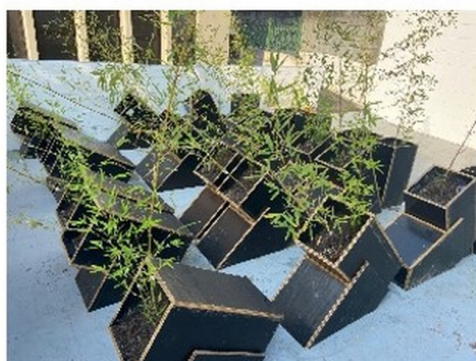


FIGURA 11 – Média do aparecimento de brotos por planta. Fonte: Os autores.

FIGURE 11 – Average number of shoots per plant. Source: The authors.



08/08/24



05/12/24



28/05/25



21/07/25

FIGURA 12 – Desenvolvimento das plantas do canteiro experimental. Fonte: Os autores.

FIGURE 12 – Development of the plants in the experimental plot. Source: The authors.

A Figura 13 mostra a primeira abertura para observação do crescimento da biomassa radicular, aproximadamente oito meses após o plantio. A próxima abertura (Figura 14) ocorreu 14 meses após o plantio.

Observou-se que as raízes e os rizomas cresceram até o fundo, concentrando-se neste local, impedidas de continuar pela barreira física das pa-

redes e fundo dos vasos. As raízes mais finas apresentaram diâmetro aproximado de 0,4 mm, enquanto as principais, entre 1 e 2 mm. A inclinação do terreno não demonstrou ter afetado significativamente o crescimento da planta, como tampouco, o desenvolvimento radicular. A figura 15 ilustra o montante retirado de cada vaso, após 8 meses de seu plantio.



FIGURA 13 – Vistas do sistema radicular das plantas 8 meses após o plantio. Fonte: Os autores.

FIGURE 13 – Views of the root system of the plants 8 months after planting. Source: The authors.



FIGURA 14 – Vistas do sistema radicular das plantas 14 meses após o plantio. Fonte: Os autores.

FIGURE 14 – Views of the root system of the plants 14 months after planting. Source: The authors.

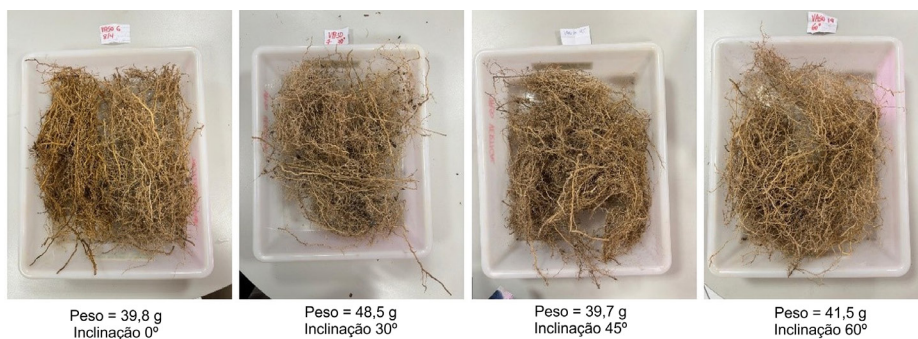


FIGURA 15 – Raízes retiradas dos vasos (8 meses após o plantio). Fonte: Os autores.

FIGURE 15 – Roots removed from the pots (8 months after planting). Source: The authors.

Após 14 meses do plantio, mais quatro vasos tiveram as suas raízes e rizomas retirados e separados da terra. A pesagem obtida foi de aproximadamente 100 gramas para todos, indicando que a inclinação do terreno não afetou a formação de raízes.

Mesmo não sendo foco desta pesquisa, a constatação, na abertura dos vasos, da elevada densidade de raízes finas, indica um natural adensamento do solo contido, demonstrando, como resultado, menor permeabilidade, o que induz a consolidar a hipótese de que a trama de raízes e rizomas do bambu reduz infiltrações nos maciços de solo em que ocorra esta cobertura vegetal.

3.2 Ensaio de resistência das raízes

O primeiro ensaio realizado utilizou dois rizomas após 360 dias do plantio. O resultado pode ser observado pelo gráfico tensão-deformação (Figura 16), mostrando a evolução das deformações mediante a força aplicada na tampa do aparelho.

A partir do resultado do ensaio, determinou-se a força de tração que levou à ruptura no dobramento:

$$N_{med} = 1,208 \text{ kN}$$

A partir da Figura 5, considerando:

$$a = 15 \text{ mm}$$

$$\delta = 15,83 \text{ mm}$$

$$\alpha = \text{arc.tg}\left(\frac{a}{\delta}\right) = \text{arc.tg}\left(\frac{15}{15,83}\right) = 43,46^\circ$$

$$F_{R,y} = \frac{N_{med}}{2} / \cos \alpha = \frac{1,208}{2} / \cos (43,46^\circ)$$

$$F_{R,y} = 0,83 \text{ kN}$$

$$As = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0,225^2 = 0,159 \text{ cm}^2$$

$$f_y = \frac{0,83}{0,159} = 5,22 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica-se que a resistência à tração dos rizomas, f_y , corresponde à de uma madeira de resistência alta, como angelim, cedro ou aroeira.

No entanto, relativamente à capacidade resistente de uma superfície de solo com potencial ao deslizamento, a contribuição das raízes é pequena.

	Máximo Força [N]	Deslocamento [mm]	Diâmetro [mm]
1	1318,64	12,57	4,00
2	1097,81	19,10	5,00
Coeficiente de Variação	12,92	29,15	15,71
Desvio padrão	156,15	4,61	0,71
Média	1208,22	15,83	4,50
Máximo	1318,64	19,10	5,00

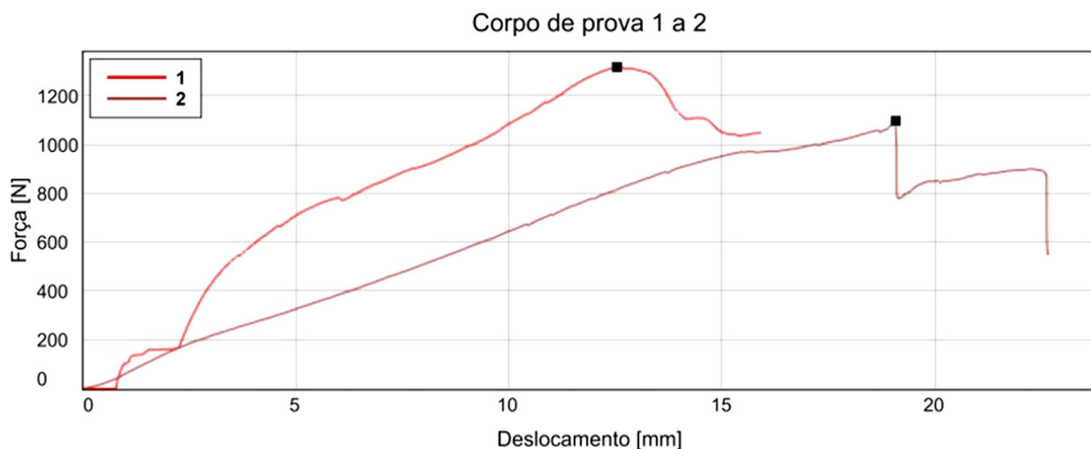


FIGURA 16 – Ensaio realizado com 2 rizomas (12 meses de plantio). Fonte: Os autores.

FIGURE 16 – Tests carried out with two rhizomes (12 months after planting). Source: The authors.

Tomando como exemplo um escorregamento superficial de um solo com coesão de 5 kN/m², de uma cunha com 1,0 m de largura por 20,0 m de comprimento e considerando, de forma conservativa:

$$\tau_{lim,s} = coesão = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

A força total resistente ao escorregamento, considerando somente o efeito da coesão, será:

$$S = 5,0 \cdot 1,0 \cdot 20,0 = 100,0 \text{ kN}$$

Para a contribuição do bambu, vamos considerar uma força equivalente a três ramos na influência de 1,0 m de largura:

$$F_{R,y} = 3 \cdot 1,208 = 3,616 \text{ kN} \ll 100,0 \text{ kN}$$

Verifica-se que a contribuição do bambu relativamente ao FS em um deslizamento de uma cunha em um talude é reduzida. No entanto, a trama formada pelo seu rizoma é significativamente resistente para a contenção de deslocamentos e erosões subsuperficiais, cujo efeito é distribuído pela superfície do talude. Caso seja considerado, como no exemplo, que o solo venha a exercer um efeito resistente equivalente à sua coesão, de 5,0

kN/m², a força exercida pelos ramos do rizoma, no caso, será também contínua, de $F_{R,y} = 3,616 \text{ kN/m}^2$, que apontaria para um efeito de mesma magnitude.

Já o segundo ensaio foi realizado com um único rizoma, retirado a 14 meses do plantio. Os procedimentos foram os mesmos adotados para o ensaio anterior, efetuando-se, no entanto, chanfros arredondados na quina da superfície da tampa, para suavizar o dobramento do corpo de prova mediante o deslocamento vertical. Os resultados podem ser observados na Figura 17.

Verifica-se que os resultados têm a mesma magnitude do anterior, apesar de indicar forças resistentes bem inferiores, como demonstrado a seguir. No entanto, apontam para uma homogeneidade, que se traduz como confiabilidade na aplicação do bambu como elemento de contribuição à contenção de taludes de encostas, quanto à erosão superficial e deslocamentos.

$$N_{med} = 1,100 \text{ kN}$$

A partir da Figura 5, considerando:

$$a = 15 \text{ mm}$$

$$\delta = 12,29 \text{ mm}$$

	Máximo Força [N]	Deslocamento [mm]	Diâmetro [mm]
1	1100,30	12,29	7,00
Coefficiente de Variação	-----	-----	-----
Desvio padrão	-----	-----	-----
Média	1100,30	12,29	7,00
Máximo	1100,30	12,29	7,00

Corpo de prova 1 a 1

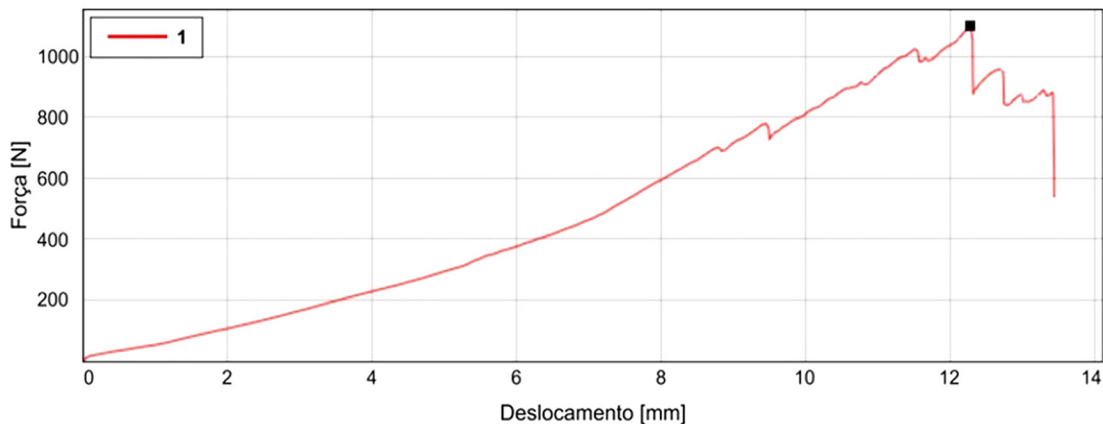


FIGURA 17 – Ensaio realizado com 1 rizoma (14 meses de plantio). Fonte: Os autores.

FIGURA 17 – Tests carried out with 1 rhizome (14 months after planting). Source: The authors.

$$\alpha = \arctan\left(\frac{a}{\delta}\right) = \arctan\left(\frac{15}{12,29}\right) = 50,67^\circ$$

$$F_{R,y} = \frac{N_{med}}{2} / \cos \alpha = \frac{1,100}{2} / \cos(50,67^\circ)$$

$$F_{R,y} = 0,87 \text{ kN}$$

$$A_s = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0,35^2 = 0,384 \text{ cm}^2$$

$$f_y = \frac{0,87}{0,384} = 2,26 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica-se, assim, que mesmo não possuindo características para contenção a deslizamentos de talude, pelo fato das raízes e rizomas formarem uma trama relativamente homogênea, com resistência à tração com razoável equiparação à ordem de grandeza da resistência ao cisalhamento dos solos no deslizamento, constata-se que o bambu, mesmo que de forma preventiva, tem um papel importante na manutenção da integridade volumétrica dos solos superficiais, evitando seu deslocamento diante de solicitações de deslizamento, contribuindo, assim, com a redução do risco geológico em encostas.

4 DISCUSSÃO

As primeiras observações desta pesquisa, ao contrário do esperado, indicaram um crescimento reduzido das plantas primárias (mudas), tanto em comprimento quanto em espessura do colmo principal. No entanto, observou-se o surgimento de inúmeros brotos, que cresceram de forma acelerada, em alguns casos, ultrapassando, em comprimento, o colmo principal.

O aparecimento de brotos (Figura 12) ilustra o desenvolvimento das plantas, não diferindo significativamente em função das diferentes inclinações. Conclui-se que a inclinação do terreno não exerce influência ao desenvolvimento do bambu. Eventualmente, em taludes naturais, dependendo da inclinação, pode influenciar na infiltração das águas pluviais que escoam na superfície do terreno e consequentemente, na absorção da água pelas plantas, causando diferenças em seu crescimento. Notou-se que nos primeiros 6 meses, houve um discreto incremento, indicando uma possível adaptação, passando após este período a uma fase de grande aparecimento de brotos, sem estabilização, até o final do experimento. Esperava-se que devido à limitação de espaço, houvesse uma interrupção na produção de brotos. Os novos brotos que emergiram após o plantio apresentaram um padrão de crescimento predominantemente vertical em rela-

ção ao plano horizontal, independentemente da inclinação do vaso. Em contraste, as plantas primárias mantiveram seu crescimento na mesma orientação em que foram inicialmente dispostas, permanecendo paralelas ao plano inclinado adotado no experimento.

Ressalta-se que em um talude natural, possivelmente, observaríamos um tempo maior para a adaptação e talvez um desenvolvimento mais lento, devido à competição por recursos entre as plantas, sendo que estes não seriam abundantes como em um ambiente controlado.

Quanto ao sistema radicular, verificou-se um crescimento expressivo das raízes e rizomas em direção ao fundo, que chegaram a ultrapassar os limites físicos dos vasos. A abertura lateral dos vasos possibilitou uma escavação exploratória para se observar melhor a distribuição das raízes e rizomas ao longo da profundidade, constatando-se um emaranhado de raízes distribuídas por todo o volume de terra contido, conforme ilustrado nas Figuras 13 e 14. De fato, a literatura aponta que o sistema radicular do bambu do tipo alastrante é caracterizado por rizomas longos e horizontais, que se espalham rapidamente pelo solo, cobrindo grandes áreas e podendo até se tornar invasivo, uma vez que emitem brotos a partir da planta-mãe. Era previsto o mesmo comportamento no experimento, mas isso não ocorreu, provavelmente pela ausência de espaço, obrigando o sistema radicular a crescer na direção disponível, ou seja, para o fundo dos vasos.

Guilherme et al. (2017) mencionam que as raízes desse tipo de bambu se desenvolvem entre 30 e 50 cm de profundidade, podendo alcançar até 1 m em determinadas condições. No entanto, há indícios de que, em ambientes controlados, como o desta pesquisa, esse crescimento pode ser ainda mais acentuado. Isso foi observado no presente estudo, onde o sistema radicular ultrapassou os 50 cm e continuou em alguns casos, expandindo-se por meio das fendas dos vasos, atingindo o ambiente externo sem dificuldade. Por razão desta característica expansiva, o bambu vem sendo utilizado na estabilização do solo e na prevenção da erosão, tornando-se uma alternativa vantajosa para áreas de risco, especialmente aquelas impactadas por cortes e aterros desordenados. Com o devido controle da parte aérea e a limitação de seu crescimento, é possível aproveitar os benefícios do sistema radicular sem os inconvenientes da sua natureza invasiva.

O desenvolvimento das raízes não apresentou grandes diferenças para as distintas inclinações dos

vasos, indicando pouca interferência no crescimento das plantas, vindo de encontro à aplicação desta tecnologia em áreas íngremes, característica principal de áreas de risco geológico.

Quanto aos ensaios físico-mecânicos, de tração com dobramento, cabe considerar que os resultados não são conclusivos para serem utilizados em processos de dimensionamento à ruptura dos ramos, quando solicitados a este efeito composto, já que os resultados obtidos não representam uma amostragem suficiente perante as possibilidades de variação na natureza. Estes resultados se referem, na verdade, à constatação de que os rizomas possuem suficiente resistência à ruptura, quando submetidos a estas solicitações, para que possam ser utilizados como efeito favorável na prevenção de deslizamento de taludes naturais.

No entanto, ao se comparar os esforços de deslizamento que se desenvolvem tangencialmente à superfície potencial de deslizamento, constata-se que a contribuição do atirantamento exercido pelos rizomas é pouco significativa, quanto a conter este efeito de escorregamento. Também, constata-se que os rizomas que interceptam a superfície potencial de ruptura somente serão solicitados à tração pelo efeito de atirantamento, após ter ocorrido o deslizamento, sendo assim, sua ação volta-se mais a evitar um colapso brusco do talude do que propriamente contribuir para sua não ruptura. Esta constatação não inviabiliza, como tão pouco reduz a contribuição favorável do uso do bambu como método preventivo à ocorrência de movimentos de massa, já que, em parte, reduz a possibilidade de ruptura brusca dos taludes, como também, e principalmente, protege a superfície do talude à erosão superficial e infiltrações, efeitos estes que normalmente são a principal causa no agravamento do risco de escorregamentos em taludes.

5 CONCLUSÕES

Atualmente, as técnicas denominadas de bioengenharia vêm ganhando cada vez mais espaço no contexto das soluções diretamente relacionadas a problemas que envolvem o meio ambiente. O bambu, especialmente, quando utilizado como cobertura vegetal, se configura como uma alternativa sustentável para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, em grande parte, devido ao seu crescimento acelerado, que faz com que seja considerado um eficiente sequestrador de dióxido de carbono. Ainda, no âmbito urbanístico, possui capacidade

de transformadora à paisagem urbana, reduzindo sua eventual aparência de degradação ambiental.

O bambu apresenta características que são favoráveis à prevenção de acidentes geológicos, ao contribuir, por meio de seu sistema radicular, à estabilização das encostas. Seu emprego, na estabilização de taludes, sejam eles de origem natural ou antrópica, é reconhecido como uma estratégia eficaz no controle da erosão superficial, particularmente em ambientes construídos como cortes e aterros, onde a estabilização vegetal se estabelece como uma medida crucial na gestão do risco geológico. A aplicação desta solução biológica tem demonstrado ser viável para a mitigação de processos geodinâmicos superficiais que se relacionam diretamente aos movimentos gravitacionais de massa e processos erosivos.

A despeito das inúmeras constatações sobre a eficácia do bambu, quanto à sua utilização na prevenção de deslizamentos em encostas, são poucas as informações técnicas disponibilizadas na literatura, embasadas em experimentos monitorados. Estudou-se, por meio desta pesquisa experimental, a evolução do crescimento do bambu alastrante, em ambiente controlado, seu modo de expansão e as características físico-mecânicas de suas raízes.

Como conclusão da pesquisa, constatou-se seus efeitos favoráveis quando utilizado como cobertura vegetal, pela espécie alastrante, sendo medida preventiva aos movimentos de massa em encostas. Seu sistema radicular forma uma trama fechada e resistente, de raízes finas que se desenvolvem em profundidade e rizomas que se expandem junto à superfície do solo, contribuindo para o grampeamento dos solos superficiais.

Constatou-se que a resistência à tração no dobramento dos rizomas é elevada, comparando-se a algumas madeiras nobres, o que corrobora a hipótese de sua eficácia. Também, pelo experimento realizado, verificou-se que o crescimento e expansão da planta sofre pouca influência quanto à inclinação da superfície do solo, em até 60°, inclinação máxima ensaiada. No entanto, a pesquisa também confirmou as restrições em sua aplicação, relativamente a conter deslizamentos de taludes. Com uma atuação eficaz restrita às camadas mais superficiais de solo, a intervenção do plantio de bambu se mostra incapaz de prevenir a instabilidade de massa em superfícies de ruptura que se desenvolvem em profundidade.

Como sugestão de continuidade à pesquisa, na busca de melhores resultados, recomenda-se avaliar as seguintes questões: o espaçamento ide-

al entre as mudas para se conseguir o fechamento da trama em espaços reduzidos de tempo; condições de crescimento em função da irrigação natural pelas chuvas e o efeito da ação dos ventos *versus* altura dos caules. Certamente, outras questões poderiam ser ainda investigadas, de ordem estrutural, ambiental e biológica, o que torna o tema amplo e abrangente.

6 AGRADECIMENTOS

Os pesquisadores agradecem ao Fundo Mackenzie de Pesquisa e Inovação - Mackpesquisa pelo apoio financeiro e à Escola de Engenharia na disponibilização de área para a construção do canteiro experimental e na utilização de seus laboratórios. Também agradecem aos revisores deste artigo, que com suas valiosas contribuições, tornaram possível esta publicação.

7 REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009). *NBR 11682: Estabilidade de encostas*. ABNT.
- Barbosa, M. C. R., & Lima, H. M. (2013). Resistência ao cisalhamento de solos e taludes vegetados com capim-vetiver. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(1), 113–120. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000600012>
- Costa, A. S. V., & Drumond Neto, A. P. (2019). Uso de técnicas vegetativas na recuperação de solo de talude às margens da rodovia BR-381 em Minas Gerais. *Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias*, 4(2), 17–33. <https://doi.org/10.21575/25254790rmmaa2019vol4n2691>
- Coelho, A. T., & Pereira, A. R. (2006). *Efeitos da vegetação na estabilidade de taludes e encostas* (Boletim Técnico, 2). FAPI Ltda.
- Das, B. M. (2012). *Fundamentos da engenharia geotécnica* (7ª ed.). Cengage.
- Ehrlick, M., & Becker, L. (2009). *Muros e taludes de solo reforçado: Projeto e execução*. Oficina de Textos.
- França, C. D. (2011). *Potencialidades de espécies de bambu para a estabilidade de solos de Cerrado* [Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília].
- Gerscovich, D. (2012). *Estabilidade de taludes* (1ª ed.). Oficina de Textos.
- Guilherme, D. O., Ribeiro, N. P., & Cereda, M. P. (2017). Cultivo, manejo e colheita do bambu. In P. M. Drumond, & G. Wiedman (Orgs.), *Bambus no Brasil: Da biologia à tecnologia* (pp. 28–41). ICH.
- Jorge, M. C. O., & Guerra, A. J. T. (2013). Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In M. C. O. Jorge, & A. J. T. Guerra (Orgs.), *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. Oficina de Textos.
- Kotangale, P., Agashe, A., Sawarkar, R., Dewangan, C., Tijare, G., & Singh, L. (2025). Unlocking the hidden power of bamboo rhizomes: A comprehensive review of their role in nutrient storage, water retention, and plant growth. *Advances in Bamboo Science*, 10, Article 100122. <https://doi.org/10.1016/j.bamboo.2025.100122>
- Luis, Z. G., Nogueira, J. S., Ribeiro, D. G., & Scherwinski-Pereira, J. E. (2017). Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos de bambu (Poaceae, Bambusoideae). In P. M. Drumond, & G. Wiedman (Orgs.), *Bambus no Brasil: Da biologia à tecnologia* (pp. 42–59). ICH.
- Massad, F. (2010). *Obras de terra: Curso básico em geotecnia* (2ª ed.). Oficina de Textos.
- Neres, P. D., Lima, J. A., & Rodrigues, C. R. (2022). Analysis of vegetation use in slopes containment. *Research, Society and Development*, 11(6), Artigo e2111628510. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.28510>
- Pessoa, R. G. (2016). *Avaliação dos custos construtivos de estruturas de contenção no município de Natal* [Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio Grande do Norte]. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/40811>
- Pinheiro, R. R. K. P., & Nunes, P.M. (2007). Análise morfológica do bambu *Dendrocalamus giganteus*. *Resumos do XV Seminário de*

Iniciação Científica PUC Rio, Rio de Janeiro (pp. 601–602).

Raskovisch, H. C. dos S. (2020). Conceitos, causas, análise de estabilidade e risco com possíveis soluções para obras de contenção. *Boletim do Gerenciamento*, 16, 1–9. <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/419>

Regis, T. (2004). *Bambu: Ecologia, silvicultura e usos*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Serviço Geológico do Brasil. (2023). *Mapa Online para Prevenção de Desastres*. Base de

dados interativa. SGB. <https://www.sgb.gov.br/cartografia-de-riscos-geologicos/>

Souza, L. (2023, Janeiro 22). Quase 4 milhões de pessoas vivem em áreas de risco no Brasil. *Agência Brasil*. <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-01/quase-4-milhoes-de-pessoas-vivem-em-areas-de-risco-no-brasil>

Zhou, B., Fu, M. Y., Xie, J. Z., Yang, X. S., & Li, Z. C. (2005). Ecological functions of bamboo forest: Research and Application. *Journal of Forestry Research*, 16(2), 143-147. <https://doi.org/10.1007/BF02857909>

Manuscrito submetido em 10 de setembro de 2025, aceito em 30 de novembro de 2025.

Como citar: Lázaro, A. A., Dinis, H., & Armelin, L. F. (2025). Métodos não convencionais utilizando o bambu para contenções de deslizamentos em áreas de risco. *Derbyana*, 46, Artigo e876.

Contribuição dos autores: A.A.L.: Conceituação, Análise de dados, Metodologia, Resultados, Redação - revisão. H.D.: Conceituação, Análise de dados, Metodologia, Resultados, Redação - revisão e edição. L.F.A.: Conceituação, Análise de dados, Pesquisa, Análises laboratoriais, Metodologia, Resultados, Redação - revisão e edição.

Conflito de interesses: Os autores declaram que não há conflito de interesse

