

Utilização de bambu para equipamentos urbanos: projetos de um ponto de ônibus

Using bamboo for urban equipment: bus stop projects

Fabiola Rago Beltrame

Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie
fabiola.beltrame@mackenzie.br
<https://orcid.org/0000-0002-9222-6183>

Alfonso Pappalardo Junior

Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie
alfonso.pappalardo@mackenzie.br
<https://orcid.org/0000-0001-7573-2693>

Alberto Alonso Lázaro

Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie
alberto.alonso@mackenzie.br
<https://orcid.org/0000-0002-2517-1805>

Lígia Vitória Real

Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie
ligia.real@mackenzie.br
<https://orcid.org/0000-0002-5236-1161>

RESUMO

Contextualização: O bambu, um material de construção tradicional, ganhou destaque com a publicação da norma brasileira ABNT NBR 16828 (2020), abrindo novas possibilidades de aplicação para engenheiros e arquitetos. **Objetivo:** Este artigo visa explorar a viabilidade da aplicação de bambu na construção de um ponto de ônibus, utilizando simulações pelo método dos elementos finitos e a construção de um protótipo em escala 1:20. A espécie escolhida é *Phyllostachys puberula*, conectada por amarrações de corda de sisal e coberta com telhas de PVC. **Método:** Iniciou-se com ensaios de resistência característica à compressão paralela às fibras, um parâmetro essencial no projeto de estruturas de bambu. A iniciativa integra o Projeto Integrador Cidades Inteligentes da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, uma atividade extracurricular que busca alternativas sustentáveis para as cidades, alinhada com os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU. **Resultados:** A análise do modelo estrutural e do protótipo indica que a aplicação de estruturas de bambu em equipamentos urbanos é viável, oferecendo uma alternativa sustentável e alinhada aos princípios dos ODS da ONU. **Conclusões:** A partir dos resultados obtidos, conclui-se que o uso de bambu em estruturas urbanas, exemplificado pelo ponto de ônibus, é uma opção viável. Esse trabalho destaca a importância de buscar alternativas sustentáveis em projetos urbanos, contribuindo para o alcance dos objetivos globais de desenvolvimento sustentável.

Palavras chaves: estrutura de bambu. Propriedades. Ensaio. análise estrutural.

ABSTRACT

Contextualization: Bamboo, a traditional construction material, gained prominence with the publication of the Brazilian standard ABNT NBR 16828 (2020), opening new application possibilities for engineers and architects. **Goal:** This article aims to explore the feasibility of using bamboo in the construction of a bus stop, using simulations using the finite element method and the construction of a 1:20 scale prototype. The chosen species is *Phyllostachys puberula*, connected by sisal rope ties and covered with PVC tiles. **Method:** It began with tests of characteristic compressive strength parallel to the fibers, an essential parameter in the design of bamboo structures. The initiative is part of the Smart Cities Integrator Project of the School of Engineering at Universidade Presbiteriana Mackenzie, an extracurricular activity that seeks sustainable alternatives for cities, aligned with the UN's 17 sustainable development goals (SDGs). **Results:** Analysis of the structural model and prototype indicates that the application of bamboo structures in urban equipment is viable, offering a sustainable alternative and aligned with the principles of the UN SDGs. **Conclusions:** From the results obtained, it is concluded that the use of bamboo in urban structures, exemplified by the bus stop, is a viable option. This work highlights the importance of seeking sustainable alternatives in urban projects, contributing to achieving global sustainable development objectives.

Keywords: bamboo structure. Properties. Essay. structural analysis.

1 INTRODUÇÃO

O bambu é uma gramínea pouco conhecida no Brasil, destinados em geral, à produção de alguns utensílios e artefatos domésticos, assim como, uma extensa gama de aplicações nas indústrias de papel e celulose, cosméticos, farmacêutica, alimentícia, moveleira, têxtil, dentre outras. Mas, é na indústria da construção que esta planta apresenta de aplicações mais relevantes para a sociedade, destacando-se a utilização de bambu como suprimento de matéria-prima para construção de habitações e de equipamentos urbanos (BERALDO & ALEIXO, 2019; TAIB, 2023, XIAO, 2019).

A recente publicação da norma brasileira ABNT NBR 16828 (2020), possibilitou que engenheiros e arquitetos explorassem o material, ampliando as aplicações possíveis e projetando e construindo estruturas que podem ser reconhecidas como seguras.

A ABNT NBR 16828 – Estruturas de bambu, é composta de duas partes: a Parte 1: Projeto e a Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu. A primeira parte tem como escopo estabelecer “os requisitos básicos para projeto de estruturas feitas com colmos de bambu, abordando as propriedades físicas e mecânicas, a servicibilidade e a durabilidade das estruturas de bambu.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020). A segunda parte tem como escopo “especificar métodos de ensaio para determinação das propriedades físicas e mecânicas do colmo ou de parte dele, para servirem de base ao projeto de estruturas de bambu.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

As construções em bambu eram tratadas de forma empírica onde o que importava era a experiência dos profissionais especializados neste material. Esta experiência continua a ser importante e valorizada, mas de acordo com Marçal (2018), as primeiras normas ISO que tratam de bambu foram publicadas em 2004, e foram originalmente elaboradas pelo *International Network for Bamboo and Rattan* (INBAR), com o objetivo de demonstrar que o bambu está equiparado ao nível de aproveitamento de diversos materiais de construção e engenharia, internacionalmente reconhecidos e aceitos.

As normas indiana, colombiana, peruana, equatoriana, e a norma internacional ISO foram estudadas pelos pesquisadores brasileiros e serviram de texto base para as atuais normas brasileiras. Trabalhos como Marçal (2018) apresentam as metodologias de ensaio, tratamentos dos colmos e as diversas formas de construção em bambu.

A recente revisão das normas ISO 22156 (2021), *Structures — Bamboo culms — Structural design* e ISO 22157 (2019), *Bamboo structures — Determination of physical and mechanical properties of bamboo culms — Test methods*, até a recente publicação da norma ISO 23478 (2022), *Bamboo structures — Engineered bamboo products — Test methods for determination of physical and mechanical properties*, demonstram que atualmente arquitetos e engenheiros do mundo todo, estudam as propriedades dos bambus determinadas e laboratório e projetam estruturas em programas utilizados para construções convencionais, por exemplo, em concreto armado.

O bambu vem ganhando destaque no mundo todo por ser um material de construção que representa uma alternativa sustentável, devido à: extração não causa danos ao meio ambiente; recurso mais leve que a madeira; pode ser utilizado na construção civil como elemento estrutural, elemento de vedação e cobertura; possui ótima durabilidade se for submetido a um bom processo prévio de tratamento contra insetos, fungos e umidade; alternativa de baixo custo, resultante do seu rápido crescimento, renovável e biodegradável.

Diferentes tipos de estruturas são projetados e executados, por diferentes culturas, em grande parte dos países e congressos sobre o tema estão acontecendo inclusive na Europa, mostrando que o bambu pode ser usado de forma segura, eficiente e esteticamente atraente. As pesquisas realizadas em diversos países, sobre os pontos fortes e fracos desse material, já são suficientes para orientar os produtores e construtores a melhor aproveitar o potencial de aproveitamento estrutural dessa matéria prima (MARÇAL, 2018; TAIB, 2023).

Países como Colômbia, Peru e Equador possuem normas sobre a utilização do bambu na construção anteriormente à publicação da norma brasileira e o principal motivo para que estes países sejam pioneiros na normatização do bambu na América do

Sul, é o fato de que o bambu pode ser encontrado nesses lugares de forma concreta, nas construções e habitações populares. E seu uso está sendo expandido para construções de maior porte e para classes com maior poder aquisitivo, provando o potencial do bambu como material de construção (MARÇAL, 2018, XIAO, 2019).

Beraldo e Aleixo (2019) especificam como selecionar os colmos de bambu para a obra. Os principais aspectos a serem observados estão relacionados à qualidade, idade, integridade (isentos de defeitos estruturais e biológicos), tratamentos (durabilidade contra as ações de intemperismo e ataques de micro-organismos), umidade, retilineidade e conicidade das peças.

2 A UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE E AS CONSTRUÇÕES EM BAMBU

A Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, vem estudando as propriedades do bambu desde 2016. Inclusive foi a sede de muitas reuniões da Comissão de Estudos de bambu que elaborou a norma técnica e teve alguns trabalhos publicados com alunos orientados pelo Professor Celso Abrantes (*in memoriam*). Em setembro de 2016, na XXVII Semana da Engenharia e Tecnologia desta Universidade sob o tema “Ciência, Inovação e integração para o desenvolvimento do País” foram realizados minicursos, fóruns e palestras sobre a utilização do bambu na construção civil, proferidas por profissionais especialistas ligados à cadeia do bambu.

Dentro do contexto apresentado, este artigo teve como objetivo simular pelo método dos elementos finitos e construir um protótipo na escala 1:20 de um ponto de ônibus de bambu da espécie *Phyllostachys pubences*, ligados com amarrações de sisal e coberto com telhas de PVC. Para isso, inicialmente o bambu foi caracterizado quanto à resistência característica à compressão paralela às fibras, pois esse é o parâmetro básico de projeto, conforme será abordado posteriormente neste artigo.

A inspiração do ponto de ônibus partiu do projeto realizado pela Arquiteta Urbanista Helena

Ruette, construído na cidade de Nova Mutum, no Mato Grosso (Figura 1).

Figura 1 Ponto de ônibus com estrutura em bambu que inspirou este artigo



Fonte: acervo de Guilherme Korte (2022)

3 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS) E AS CONSTRUÇÕES DE BAMBU

O crescimento populacional, faz com que o aumento pela busca à acessos básicos como água, energia e alimentos aumente de forma exponencial. Entretanto a renovação do ecossistema não é infinita e diversos problemas ambientais começaram a surgir (LISZBINSKI; BRIZOLLA; PATIAS, 2023). Com a preocupação em garantir que as gerações futuras tenham a capacidade de suprir as demandas sem problemas ambientais, estudos voltados para a sustentabilidade começaram a ser desenvolvidos (INSTITUTO ECO BRASIL, 2023; DURAN, 2015; KIDD, 1992; YANARELLA, 1992, GATÓO, 2014).

O primeiro trabalho publicado na área foi o nosso futuro comum (Relatório de Brundtland) publicado em 1987, elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que aponta pela primeira vez a incompatibilidade entre os padrões de produção e de consumo (UNITED NATIONS, 2018a; BUCKINGHAM; KINA, 2015). Destaca a interconexão entre questões ambientais, econômicas e sociais, argumentando que essas dimensões não podem ser

tratadas isoladamente. Introduzindo o conceito de equidade intergeracional, enfatizando a responsabilidade de garantir que as gerações futuras herdem um planeta saudável e recursos sustentáveis (UNITED NATIONS, 2018b; HOLDEN; LINNERUD; BANISTER, 2014; AKINSEMOLU, 2018).

Enfatiza a importância da participação pública e do envolvimento das comunidades nas decisões que afetam o meio ambiente e o desenvolvimento (CLOVIN, 2014). O relatório cunha a definição clássica de desenvolvimento sustentável, tornando-se um marco crucial na narrativa global sobre sustentabilidade (LISZBINSKI; BRIZOLLA; PATIAS, 2023). O Relatório Brundtland influenciou a Agenda 21, um plano de ação para o desenvolvimento sustentável adotado na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) em 1992 (UNITED NATIONS, 2018b, XIAO, 2019).

A partir disso, diversas conferências internacionais voltadas para a busca de soluções de sustentabilidade foram desenvolvidas, onde os atores partes reafirmavam o compromisso com o meio ambiente (HOLDEN; LINNERUD; BANISTER, 2014, XIAO, 2019). Com o intuito de se formar um compromisso ainda mais relevante sobre as questões acerca da sustentabilidade, em 2015 a ONU e os seus Estados partes, adotaram a criação da Agenda 2030, e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (SERAFINI *et al.*, 2022).

A partir da criação desses ODS, metas, indicadores e subindicadores foram desenvolvidos com o intuito de promover o crescimento econômico, a partir da promoção de parcerias entre instituições, garantindo a preservação ambiental, o acesso à educação, saúde e alimentação. Promovendo a equidade social e a construção de cidades e comunidades sustentáveis. Com a criação desta agenda o ambiente acadêmico passou a investigar formas de estudar o desenvolvimento sustentável e de promover a sua implementação, em diferentes áreas do conhecimento.

A implementação do desenvolvimento sustentável é essencial para enfrentar as mudanças climáticas. Isso inclui a transição para fontes de energia renovável, práticas agrícolas sustentáveis e a promoção da resiliência às consequências das mudanças climáticas. O desenvolvimento sustentável impulsiona a inovação e o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e efi-

cientes. Isso não apenas reduz os impactos ambientais, mas também impulsiona o crescimento econômico e a competitividade (SERAFINI *et al.*, 2022).

O envolvimento da sociedade civil, do setor privado e de governos é central para o desenvolvimento sustentável. A participação ativa e o engajamento de diversos stakeholders são vitais para alcançar os objetivos sustentáveis. Entre os atores que devem se envolver nas questões relacionadas a sustentabilidade, se encontra as universidades e instituições de ensino superior (LEAL *et al.*, 2023).

Por serem centros de desenvolvimento humano, proporcionando a geração de conhecimento, o estímulo a novos pensamentos, e sendo capaz de ter um contato direto com os demais tomadores de decisão como o governo, o setor privado e a comunidade, as universidades passaram a desenvolver projetos em seus centros de pesquisa, que se relacionam diretamente com as necessidades da sustentabilidade, visando criar mecanismos e ideias de geração, mitigação e adaptação (LEAL *et al.*, 2023).

Onde o foco atual tem sido na geração de ideias que possam ser levadas para a comunidade, resolvendo problemas habituais, por isso o desenvolvimento deste artigo é de relevância para a disseminação do conhecimento, especialmente por se tratar de um projeto com viés prático

Atualmente a Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) está promovendo ações que busquem alternativas sustentáveis para as cidades, seguindo os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) (Figura 2) e o projeto integrador de Estruturas de bambu que originou esta pesquisa faz parte desta iniciativa atendendo as seguintes ODS:

- 1 – Erradicação da pobreza, uma vez que permite que a comunidade seja capacitada a cultivar, extrair, tratar e utilizar o bambu na construção de suas edificações e como forma de venda deste nobre material de construção.
- 8 – Empregos dignos e crescimento econômico, uma vez que permite que profissionais se capacitem e se especializem em construção de estruturas de bambu e em todas as etapas da cadeia produtiva do bambu.

- 9 – Inovação e infraestrutura, neste caso específico construindo equipamentos urbanos que serão úteis para toda a comunidade.
- 10 – Redução das desigualdades, o bambu permite que todos os seres humanos possam trabalhar com ele, dependendo de sua afinidade, desde o plantio até a produção de artefatos e artesanato, inclusive com a construção de sua moradia.
- 11 – Cidades e comunidades sustentáveis, o bambu é atualmente considerado como um dos materiais mais sustentáveis do planeta e agora pode ser utilizado como material estrutural e com segurança.
- 13 – Combate às mudanças climáticas, as construções em bambu possuem uma baixa ou nenhuma emissão de carbono e estudos estão sendo realizados para comprovar a possibilidade de construções zero carbono com a utilização das estruturas de bambu.
- 15 – Vida sobre a terra, as florestas de bambu, preservam a fauna e flora dos locais e não deterioram o solo.

Figura 2 17 ODS da ONU



Fonte: Portal Nações Unidas Brasil (2022)

É importante acrescentar que a *International Organization for Standardization (ISO)* caracterizou o comitê de estudos ISO/TC 165, responsável pela publicação da norma anteriormente citada como atendendo às ODS 9 e 11.

As empresas atualmente também precisam demonstrar sua pontuação nas práticas ESG (*Environmental, Social and Governance*, em português, ambiental, social e governança) e a construção com estruturas de bambu pode contribuir para a pontuação em cada uma das áreas. Apresentam-se aqui algumas vantagens do bambu neste quesito.

O bambu é uma matéria-prima renovável e sustentável, que incentiva a Silvicultura e que reduz

a pressão da extração ilegal de madeira nativa contribuindo na preservação dos biomas originais. Atua como mitigador na emissão de gás carbônico (CO₂), absorvendo grande quantidade de carbono (TAIB, 2023; COLVIN, 2014). O bambu é uma planta de crescimento rápido e renovável. Sua taxa de crescimento é significativamente mais rápida do que a maioria das árvores utilizadas para madeira (FAUZIYAH; SANUDIN, 2022; HÁK; JANOULKOVÁ; MOLDAN, 2016).

A produção e o processamento do bambu geralmente têm um impacto ambiental menor em comparação com materiais tradicionais de construção (DURAN, 2015; KIDD, 1992; YANARELLA, 1992). Isso está alinhado ao ODS 13, que visa ação contra a

mudança global do clima, promovendo práticas mais sustentáveis (BUCKINGHAM; KINA, 2015). O manejo sustentável do bambu pode promover a conservação da biodiversidade (ODS 15), assegurando que seu cultivo e colheita não causem danos significativos aos ecossistemas locais (MOULY; JOARDER, 2018).

O ODS 14 (Vida na Água) também encontra eco no uso responsável do bambu. Sua rápida taxa de crescimento e a capacidade de ser cultivado sem produtos químicos prejudiciais contribuem para a preservação dos ecossistemas aquáticos, reduzindo a pressão sobre as florestas tradicionais e ecossistemas marinhos (FERRANTI, 2018).

A convergência do bambu com o ODS 6 (Água Limpa e Saneamento) é evidente quando se considera as práticas sustentáveis de manejo da água associadas ao cultivo de bambu. Como uma cultura que requer menos água do que muitos materiais de construção tradicionais, o bambu pode ser uma opção valiosa para preservar os recursos hídricos (FINDLER, 2019; HÁK; JANOULKOVA; MOLDAN, 2016).

No contexto do ODS 10 (Redução das Desigualdades), o bambu pode ser um equalizador, oferecendo oportunidades econômicas a comunidades marginalizadas (HÁK; JANOULKOVA; MOLDAN, 2016).

Uma abordagem sustentável na gestão do bambu pode garantir que os benefícios econômicos sejam distribuídos de maneira justa, contribuindo para uma sociedade mais equitativa (FERRANTI, 2018; AIT-KADI, 2016).

No âmbito do ODS 5 (Igualdade de Gênero), a introdução do bambu como uma fonte de renda pode ser particularmente transformadora para as mulheres em comunidades rurais. Ao diversificar as oportunidades econômicas e promover o envolvimento feminino na gestão e produção de bambu, podem-se alcançar avanços significativos em direção à igualdade de gênero (BUCKINGHAM; KINA, 2015; FINDLER, 2019).

No ODS 4 (Educação de Qualidade), o bambu pode desempenhar um papel significativo. Sua aplicação em construções de escolas não só promove a sustentabilidade ambiental, mas também fornece um ambiente de aprendizagem que respeita e incorpora práticas ambientais responsáveis, promovendo a conscientização ecológica entre os estudantes (WOODWARD, 2023; UNITED NATIONS, 2018b; AIT-KADI, 2016).

A utilização do bambu na construção pode contribuir para o desenvolvimento de infraestruturas sustentáveis (ODS 9), oferecendo uma alternativa de construção de baixo custo, especialmente em comunidades onde recursos são limitados. Como a planta lenhosa de crescimento mais acelerado o bambu pode ser utilizado na construção de estruturas urbanas sustentáveis, promovendo cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11). Sua versatilidade o torna aplicável em diversas situações, desde moradias até mobiliário urbano (WOODWARD, 2023; FAUZIYAH; SANUDIN, 2022; AKINSEMOLU, 2018).

O bambu, com sua versatilidade e robustez, emerge como um recurso valioso alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destacando-se como uma opção ecologicamente sustentável para promover práticas responsáveis de consumo e produção (ODS 12) (FAUZIYAH; SANUDIN, 2022; UNITED NATIONS, 2018b).

A aplicação do bambu não se limita apenas à construção. Ele também encontra relevância no ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) como uma fonte de biomassa renovável, contribuindo para a diversificação da matriz energética. Outrossim, ao explorar a aplicação do bambu em diversos setores, desde a construção até a produção de energia, estabelece-se uma narrativa de integração de múltiplos ODS. Este recurso natural, quando gerenciado de maneira sustentável, transcende sua função primária e se posiciona como um catalisador para a realização de uma série de metas estabelecidas pela comunidade global.

O ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) é igualmente impactado, à medida que a expansão da indústria do bambu cria empregos sustentáveis e promove o desenvolvimento econômico em áreas rurais e urbanas. A produção, processamento e comercialização do bambu geram uma cadeia de valor que pode se tornar um motor para o crescimento econômico inclusivo (UNITED NATIONS, 2018b; VERMA; RAGHUBANSHI, 2018).

O uso do bambu na construção promove a inovação em métodos construtivos e tecnologias sustentáveis (ODS 9). A pesquisa contínua sobre técnicas de construção com bambu pode levar a avanços significativos nesse campo. O cultivo e a utilização do bambu podem promover o desenvolvimento econômico sustentável, especialmente em áreas onde o bambu é nativo.

No contexto do ODS 1 (Erradicação da Pobreza) e do ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), o bambu surge como um catalisador para o desenvolvimento econômico local e a segurança alimentar. Sua rápida taxa de crescimento e versatilidade o tornam uma fonte viável de renda para comunidades, oferecendo alternativas econômicas e reduzindo a dependência de recursos não renováveis (MOULY; JOARDER, 2018; VERMA; RAGHUBANSHI, 2018).

Facilita o acesso aos fundos verdes, instrumentos financeiros de renda fixa que são usados para financiar projetos que comprovem, a partir de métricas apresentadas, seus benefícios ambientais para a sociedade. Criação de empresas conscientes e empregos conscientes e em ambientes mais seguros, autoconstrução com transformação positiva, trazendo dignidade, proteção e capacitação.

As empresas envolvidas com as construções em bambu devem possuir regras claras de governança e não exploração da matéria-prima e da mão de obra. Dessa forma, ao escolher o bambu como recurso construtivo, não apenas se abraça uma alternativa

sustentável, mas também se contribui para a consecução de múltiplos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, promovendo uma abordagem holística para um futuro mais sustentável.

4 METODOLOGIA

Varas de bambu da espécie *Phyllostachys Pubescens*, originados da região de Vargem Grande Paulista, São Paulo, foram doados por Guilherme Korte, da Associação Brasileira dos Produtores de Bambu (APROBAMBU). Esse tipo de bambu é alastrante e conhecido comercialmente como bambu Mossô. Foram coletadas 250 varas com aproximadamente 4 anos, que não receberam tratamento contra insetos ou umidade e foram armazenados no laboratório da UPM por seis meses até o momento dos ensaios. Mesmo armazenados em local coberto e com circulação de ar, isto é, dentro dos laboratórios da Engenharia Civil, os colmos sofreram ataque de insetos (Figura 03).

Figura 3 Colmos de bambu com indício de ataque por insetos



Fonte: os autores (2022)

4.1 Caracterização mecânica do bambu

O ensaio de resistência à compressão paralela às fibras (fc_0) foi escolhido para caracterizar o bambu, pois de acordo com a ABNT NBR 16828 – Parte 1: Projeto (2020), as resistências características podem conservadoramente ser estimadas a partir de fc_0 , como apresentado na Tabela 1.

Os ensaios foram realizados de acordo com a ABNT NBR 16828 – 2, em amostras de colmos es-

colhidas aleatoriamente, desde que a seção estivesse íntegra. Foram realizados três grupos de ensaios de resistência à compressão paralela às fibras:

- **Grupo 1:** para comparar os resultados entre diferentes varas, denominadas A, B, C, D, E. Para isso, foram ensaiadas três amostras de bambu para cada vara;
- **Grupo 2:** para avaliar em uma mesma vara se haveria diferença com e sem nó, realizado com a

Tabela 1 Resistências características do bambu a partir da resistência característica à compressão paralela às fibras

Propriedade	ft0	fv0	fc90	fMo	Eb= Eco
Valor	1,3 fc0	0,15 fc0	0,1 fc0	1,1 fc0	300 fc0

fc0: resistência à compressão paralela às fibras;
 ft0: resistência à tração paralela às fibras;
 fv0: resistência ao cisalhamento paralelo às fibras;
 fc0: resistência à compressão do colmo perpendicular às fibras;
 fMo: resistência à flexão do colmo;
 Eb: módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras;
 EMO: módulo de elasticidade do colmo em flexão.

Fonte: adaptado da ABNT NBR 16828 – 1 (2020)

vara denominada D. Para isso, foram ensaiadas três amostras com nós e três sem nós;

- **Grupo 3:** para avaliar em uma mesma vara se haveria diferença entre os resultados de topo, meio e base (sem nós), realizado com a vara denominada E. Para isso, foram cinco amostras de cada parte da vara.

Todos os ensaios foram realizados na prensa hidráulica da marca Amsler, com capacidade de 60 toneladas, precisão de leitura de 100 kgf e uma das placas rotulante (Figura 4). Os corpos de prova foram cortados com altura (L) igual ao diâmetro externo (D). O diâmetro interno (d) também foi mensurado para que fosse possível calcular as áreas.

Figura 4 Corpo de prova de bambu durante e após a ruptura posicionado no equipamento de ensaio



Fonte: os autores (2022)

4.2 Cobertura do ponto de ônibus

Para a cobertura do ponto de ônibus, as telhas de PVC foram escolhidas pela sua durabilidade e resistência, leveza, praticidade e sustentabilidade, uma vez que podem ser 100% recicladas. Dentre as variações de cores disponíveis no mercado (Figura 5), foi escolhida neste projeto a cor marfim e o tipo Plan, certificadas conforme a ABNT NBR 16737-3:2019 - Telhas de policloreto de vinila (PVC) para telhado Parte 3: Telha tipo plan – Padronização e requisitos específicos, que foram doadas pela empresa DVG, com apoio da Associação Brasileira de Telhas de PVC (ABITELHA).

Figura 5 Opções de cores das telhas de PVC



Fonte: os autores (2022)

4.3 Ligações entre as varas de bambu

Embora as fixações dos colmos que utilizam amarrações apenas com cordas ou outros materiais, sem outro tipo de fixação mecânica apresentem normalmente baixa eficiência, foram utilizadas durante muito tempo para construção de estruturas utilizando técnicas tradicionais de construção com bambu (MARÇAL, 2018). Neste estudo utilizamos a técnica de amarração por considerar os equipamentos urbanos, estruturas até certo ponto provisórias e que podem ser desmontadas com facilidade e transportadas para outro local.

Diversas formas de ligação por amarração foram estudadas, como nylon, corda, tiras plásticas, conhecidas popularmente como enforca gato (Figura 05), mas a que demonstrou melhor eficiência foram as amarrações realizadas com corda de sisal de 3,5 mm (Figura 06).

Figura 6 Diversas formas de ligação por amarração



Fonte: os autores (2022)

Figura 7 Ligação com corda de sisal



Fonte: os autores (2022)

5 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios para altura (L), diâmetro externo (D), diâmetro interno (d), espessura (e), área (A), carga máxima obtida nos ensaios (F), resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}), desvio padrão (sd) e coeficiente de variação (CV) para os resultados de f_{c0} para os três grupos de ensaios realizados.

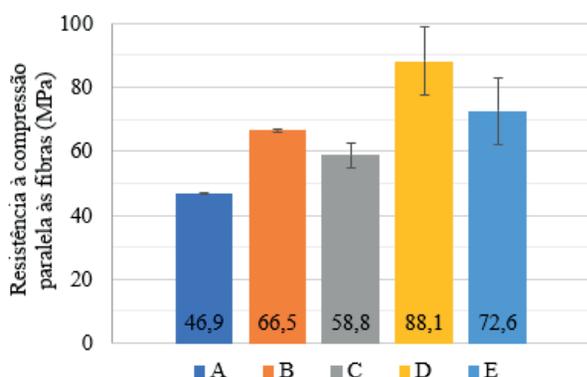
Observando os resultados obtidos para diferentes varas de bambu (Figura 8) é possível identificar que as amostras D e E apresentaram valores superiores de resistência à compressão paralela às fibras, bem como maior desvio padrão. Essa diferença entre os resultados das distintas varas pode ter ocorrido pela falta de paralelismo das faces em contato com a prensa, uma vez que o material é natural e apresenta imperfeições geométricas inerentes às amostras. Isso, torna o corte e lixamento da superfície trabalhoso e difícil.

Tabela 2 Dimensões das amostras e resistências à compressão paralela às fibras do bambu *Phyllostachys Pubences*

Grupo	Amostra	L (mm)	D (mm)	d (mm)	e (mm)	A (mm ²)	F (kgf)	fc0 (MPa)	sd (MPa)	CV	
1	A	73,5	75,6	61,0	14,7	1574	7390	46,9	0,2	0,5%	
	B	47,3	46,9	33,4	13,5	853	5670	66,5	0,7	1,0%	
	C	39,7	37,4	27,7	9,7	496	2907	58,8	4,0	6,7%	
	D	63,9	64,2	49,7	14,5	1295	11300	88,1	10,7	12,2%	
	E	38,4	39,1	28,2	10,8	574	4160	72,6	10,3	14,2%	
2	D	sem nó	63,0	65,2	49,8	15,5	1395	11800	84,8	5,8	6,8%
		com nó	64,0	67,1	50,0	17,1	1573	10267	65,3	14,7	22,5%
3	E	topo	38,9	38,3	28,1	10,2	531	3920	73,9	2,8	3,8%
		meio	38,2	39,4	28,5	10,9	581	3900	67,2	16,8	25,0%
		base	38,1	39,6	28,1	11,5	609	4660	76,8	4,6	6,0%

Fonte: os autores (2022)

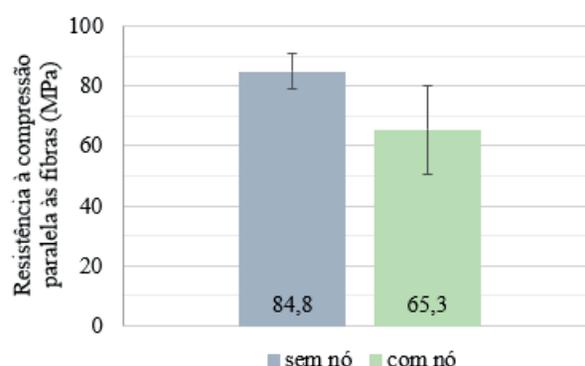
Figura 8 Gráfico de resistência à compressão paralela às fibras de diferentes varas de bambu *Phyllostachys Pubences*



Fonte: os autores (2022)

Em relação a presença ou ausência de nós (Figura 9), as amostras sem nós apresentaram resultados superiores de resistência compressão do que os bambus ensaiados com nós. Essa mesma tendência também foi observada por Damasceno da Silva et al (2021) ao ensaiar o bambu *Bambusa Vulgaris* da região do Ceará. É provável que isso ocorra pois o nó é um ponto de descontinuidade da amostra, onde há concentração de tensões.

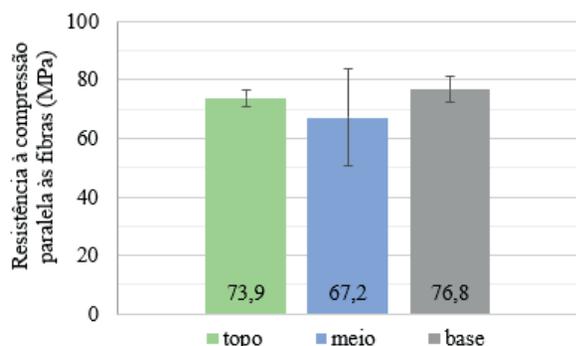
Figura 9 Gráfico de resistência à compressão paralela às fibras de mesma vara de bambu *Phyllostachys Pubences* com e sem nó



Fonte: os autores (2022)

Comparando as resistências obtidas para topo, meio e base (sem nós) de uma mesma vara (Figura 10), observam-se resultados equivalentes entre si. Ao levar em consideração o desvio padrão obtido, é possível considerar as resistências à compressão significativamente equivalente entre si. Ou seja, para a idade do bambu ensaiado (4 anos) não foi identificada diferença nas características mecânicas ao longo de uma mesma vara. Já Damasceno da Silva et al (2021) encontraram uma tendência a reduzir a resistência à compressão do topo para a base. Ressalta-se que o bambu ensaiado por esses autores foi o *Bambusa Vulgaris*. A idade média das amostras foi a mesma utilizada nesta pesquisa.

Figura 10 Gráfico de resistência à compressão paralela às fibras para topo, meio e base de mesma vara de bambu *Phyllostachys Pubences*



Fonte: os autores (2022)

Com o intuito de se trabalhar a favor da segurança, para realizar a verificação estrutural do ponto de ônibus, foi adotado o menor valor encontrado nos ensaios realizados como resistência característica à compressão paralela às fibras, que corresponde a vara A, com 46,9 MPa.

6 DESCRIÇÃO DO PROJETO DO PONTO DE ÔNIBUS

A análise estrutural do projeto de autoria da arquiteta Helena Ruelle é considerado um modelo de pórtico espacial com seções compostas de bambu com diâmetro externo de 70 mm e espessura de parede 8 mm, conforme indicado na Figura 11. São consideradas as ações devidas ao peso próprio da estrutura e da carga vertical concentrada igual a 1,2 kN, prevista NBR 15575-5 (ABNT, 2021), relativa à possibilidade de caminhar de pessoas sobre as telhas em operações de montagem manutenção ou instalação, na posição mais desfavorável conforme indicada na Figura 12. Vale lembrar que segundo a ABNT NBR 6123 (1988) a velocidade básica do vento é tomada 10 metros acima da cota de implantação no terreno, exceto para estudo dos elementos de vedação em que se recomenda utilizar o fator S2 abaixo de 10 metros, pois o vento é defletido para baixo, com um consequente aumento da pressão dinâmica na parte inferior da edificação. Portanto, nesta análise não é considerada a ação do vento, assim como, o peso das telhas de PVC.

Considerando-se a flecha-limite $L/360 = 4000/360 = 11\text{mm}$ no meio do vão da terça da cobertura situada na extremidade livre do balanço e comparando-a com a deflexão obtida no processamento do modelo igual a 11 mm, verifica-se o atendimento da norma de desempenho para as dimensões impostas da seção transversal.

Para a verificação da segurança à flexão devida às ações consideradas, observa-se para a terça junto à extremidade livre, que é o elemento estrutural mais exigido aos esforços de flexão, uma tensão normal longitudinal igual a 15,6 MPa (Figura 12b). Segundo o Item 9.2.1 da ABNT NBR 16828:1 (2020):

A resistência de cálculo à flexão, dada no Item 8.1.2 da NBR 16828-1 (ABNT, 2020):

$$f_{M,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{M,k}}{\gamma_m} = k_{\text{mod},1} \cdot k_{\text{mod},2} \cdot k_{\text{mod},3} \cdot \frac{f_{M,k}}{\gamma_m}$$

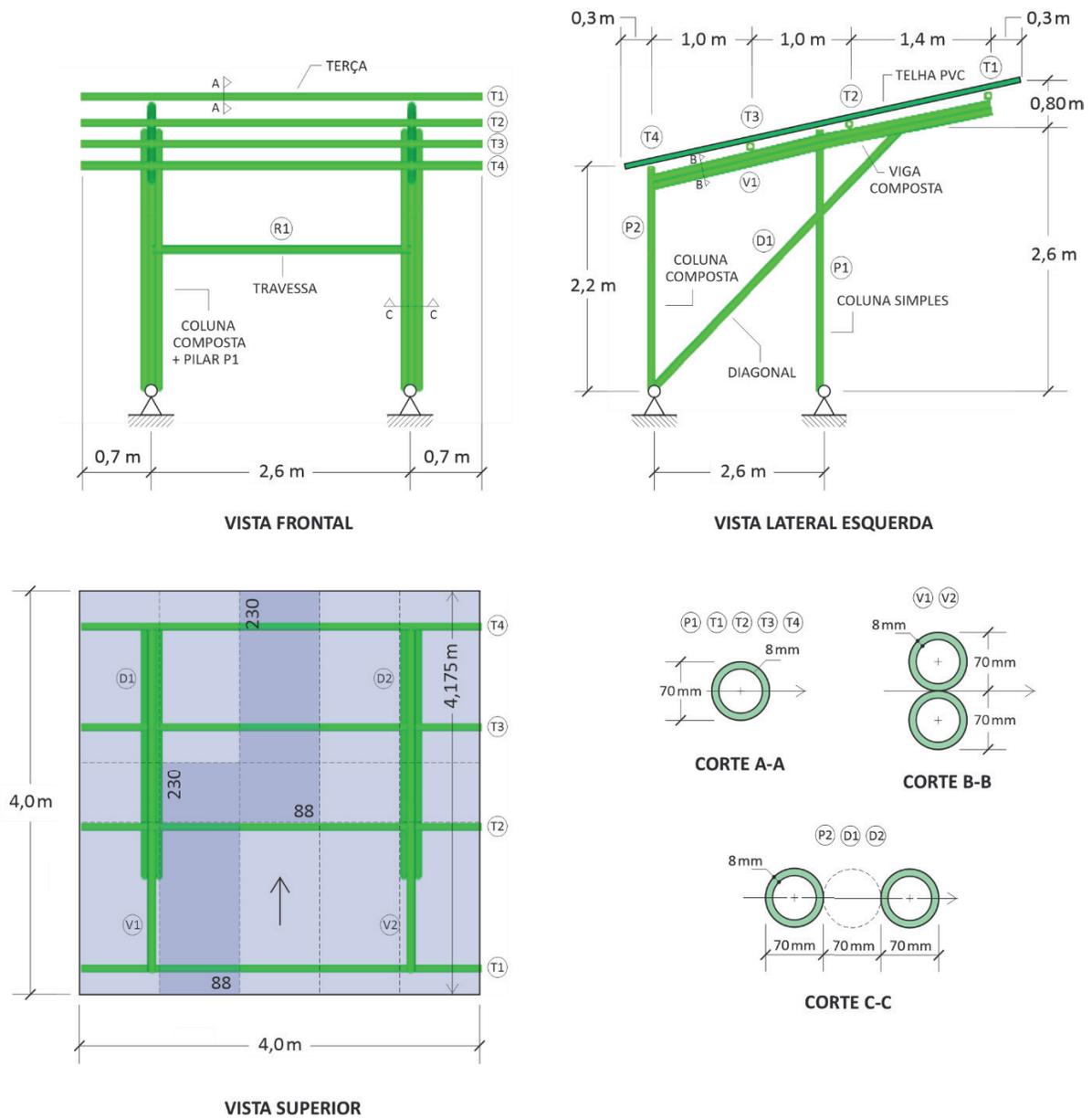
e se assumindo os coeficientes de modificação que levam em conta a influência do tipo de carregamento, da umidade ambiente e da qualidade dos colmos e o coeficiente de minoração da resistência à flexão, chega-se a:

$$f_{M,d} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot \frac{1,1 \cdot f_{c0,k}}{1,8} = 0,49 \cdot f_{c0,k}$$

Desta forma, a formulação de segurança para o estado limite último é verificada por:

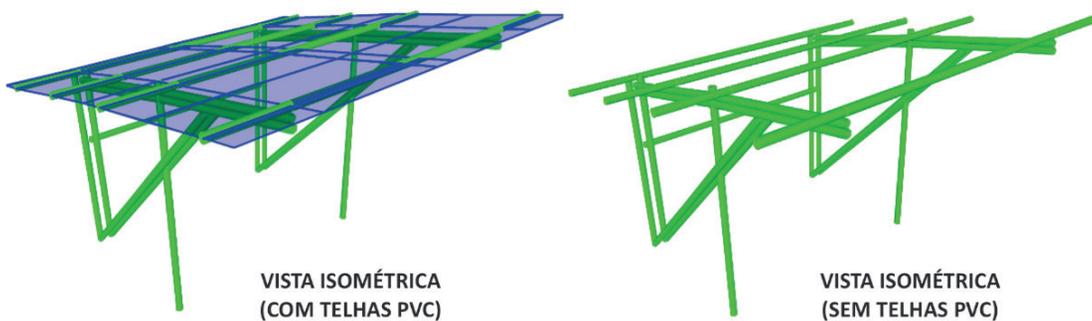
$$\sigma_{cd} = 1,4 \cdot 15,6 = 22 \text{ MPa} < f_{M,d} = 0,49 \cdot 46,9 = 23 \text{ MPa}$$

Figura 11 Projeto estrutural executivo



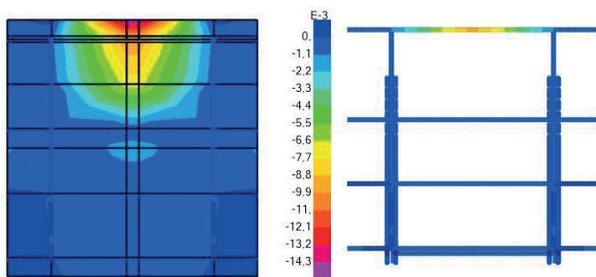
Fonte: os autores (2022)

Figura 12 Vista isométrica do modelo de elementos finitos (a) com telhas de PVC (b) sem telhas de PVC



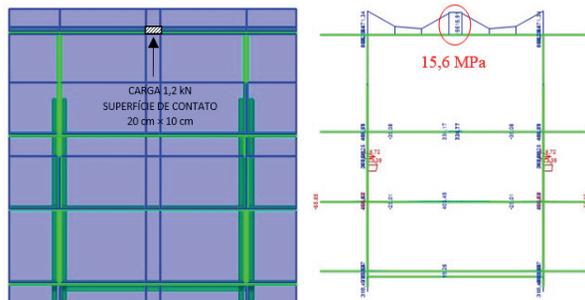
Fonte: os autores (2022)

Figura 13 Deslocamentos verticais devidos ao peso próprio e a carga operacional de manutenção, em milímetros (a) com telhas de PVC (b) sem telhas de PVC:



Fonte: Imagem capturada do programa SAP2000, CSI Computers and Structures Inc.

Figura 14 Descrição da carga pontual (a) intensidade e superfície de contato de contato (b) diagrama de tensões normais devidos ao peso próprio e a carga de manutenção (tensão máxima = 15,6 MPa)



Fonte: Imagem capturada do programa SAP2000, CSI Computers and Structures Inc.

Com base no projeto estrutural foi construído um modelo reduzido na escala 1:20, utilizando varetas comerciais de bambu amarradas com fio de nylon (Figuras x e x). O desenvolvimento do modelo físico

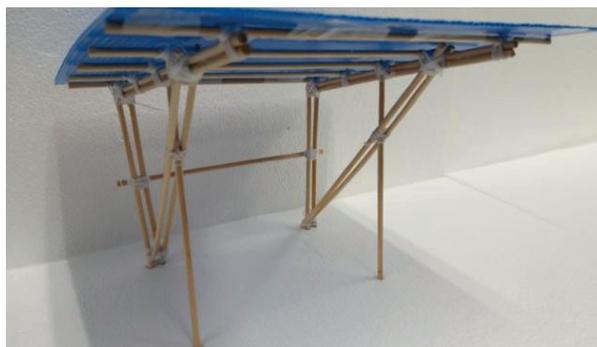
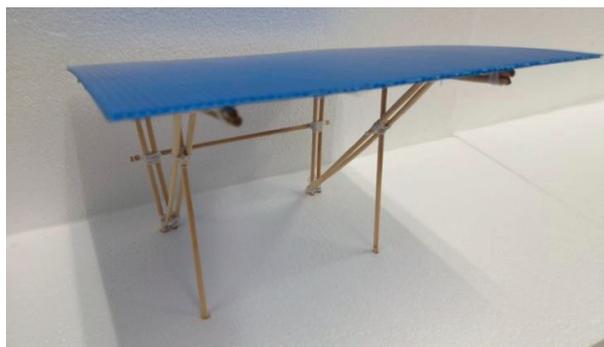
justifica-se para auxiliar no corte das varas de bambu para a construção em escala real, na avaliação das interferências e na sequência de montagem das varas.

Figura 15 Vistas isométricas do modelo físico sem telhas de PVC



Fonte: os autores (2022)

Figura 16 Vistas isométricas do modelo físico com telhas de PVC



Fonte: os autores (2022)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao concluir este estudo, destaca-se a relevância da aplicação da norma brasileira ABNT NBR 16828-1(2020) e ABNT NBR 16828-2 (2020), que proporcionou uma caracterização abrangente da resistência paralela às fibras das varas de bambu, com valores entre 47 e 94 MPa para a espécie ensaiada. Essa análise consolidou a base essencial para a modelagem e projeção bem-sucedida da estrutura de um ponto de ônibus, indicando possibilidades promissoras para sua construção e implementação em diferentes regiões do país.

A análise estrutural, conduzida minuciosamente pelo método dos elementos finitos utilizando o programa SAP 2000, desempenhou um papel crucial na validação das avaliações de desempenho conforme as normas NBR 15575-5 e NBR 16737-3. Essa verificação não apenas confirmou a factibilidade de construir uma estrutura de pequeno porte em bambu, mas também consolidou a eficácia real desse material, alinhando-se aos padrões normativos vigentes.

A construção do protótipo se demonstrou útil para a construção do ponto de ônibus em escala real, auxiliando no corte das varas de bambu, na avaliação das interferências e na sequência de montagem das varas. Ressalta-se a grande importância das normas associadas ao material e todos que contribuíram para sua realização ABNT NBR 16828-1(2020) e ABNT NBR 16828-2 (2020). Destaca-se o projeto de norma: PN 002.126.012-002 - Varas de bambu para o uso estrutural: colheita, tratamento imunizante, classificação pelo diâmetro. Com esta ação, a Comissão de Estudos ABNT/CE-002:126.012 pretende estimular o mercado dos materiais de construção e intensificar o uso do bambu em todas as classes sociais.

Durante o desenvolvimento deste estudo, algumas limitações foram identificadas, como a necessidade de uma análise mais detalhada sobre a interação do bambu com diferentes condições climáticas e variações na técnica de amarração. A exploração dessas limitações proporcionaria uma compreensão mais abrangente, fornecendo um contexto detalhado sobre os desafios enfrentados durante a pesquisa.

No tocante às sugestões para estudos futuros, há espaço para expandir e detalhar essas propostas. Propor investigações mais aprofundadas sobre as

propriedades específicas de diferentes espécies de bambu, considerando suas características distintas, bem como explorar métodos construtivos inovadores, poderia enriquecer consideravelmente a contribuição deste estudo para o campo de construções sustentáveis.

Em síntese, esta pesquisa não apenas valida a aplicação prática do bambu em estruturas urbanas, mas também destaca seu potencial para promover práticas construtivas mais sustentáveis. A revisão e aprofundamento das considerações finais conforme delineado neste aprimoramento não apenas elevam a qualidade da conclusão, mas também consolidam a relevância e contribuição do estudo para o campo em questão

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie pela disponibilização dos laboratórios e dos recursos necessários ao desenvolvimento deste artigo. Aos colaboradores: arquiteta Helena Ruetter pelo projeto do ponto de ônibus, ao Sr. Guilherme Korte da Associação Brasileira dos Produtores de Bambu (APROBAMBU) pela doação das varas de bambu e Engenheiro Alan pelo estudo das amarrações. À empresa DVG Precon Industrial pela doação das telhas de PVC e à Associação Brasileira da Indústria de Telhas de PVC (ABITELHA) pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. **ABNT NBR 15575-5**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5660736/mod_folder/content/0/NBR%2015575/NBR15575-5.pdf. Acesso em: 24 out. 2022.

- _____. **ABNT NBR 16737-3:** Telhas de policloreto de vinila (PVC) para telhado. Parte 3: Telha tipo plan – Padronização e requisitos específicos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12446/nbr16737-3-telhas-de-policloreto-de-vinila-pvc-para-telhado-parte-3-telha-tipo-plan-padronizacao-e-requisitos-especificos>. Acesso em: 20 out. 2022.
- _____. **ABNT NBR 16828-1:** Estruturas de bambu – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12934/nbr16828-1-estruturas-de-bambu-parte-1-projeto>. Acesso em: 20 out. 2022.
- _____. **ABNT NBR 16828-2:** Estruturas de bambu – Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12935/nbr16828-2-estruturas-de-bambu-parte-2-determinacao-das-propriedades-fisicas-e-mecanicas-do-bambu>. Acesso em: 24 out. 2022.
- _____. **ISO 22157,** Bamboo structures – Determination of physical and mechanical properties of bamboo culms – Test methods. Geneva: ISO, 2019. Disponível em: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/65950/4c9e605460c543f6aed301e38f2dc02c/ISO-22157-2019.pdf>. Acesso em: 12 set. 2022.
- _____. **ISO 23478,** Bamboo structures – Engineered bamboo products – Test methods for determination of physical and mechanical properties. Geneva: ISO, 2022. Disponível em: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/75683/255816c33110405babd9ff498df27989/ISO-23478-2022.pdf>. Acesso em: 12 set. 2022.
- AIT-KADI, M. Water for Development and Development for Water: Realizing the Sustainable Development Goals (SDGs) Vision. **Aquatic Procedia**, [s.l.], v. 6, p.106-110, ago. 2016. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqpro.2016.06.013>.
- AKINSEMOLU, A. The role of microorganisms in achieving the sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 182, p.139-155, maio 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.081>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6123:** Forças devidas ao Vento em Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/plugin-file.php/7891735/mod_resource/content/1/10%20NBR%206123.pdf. Acesso em: 21 jun. 2022.
- BERALDO, A. L.; ALEIXO, L. R. P. **Bambu: características e aplicações na construção civil e em arquitetura**. 1.ed. – Bauru, SP. Canal6, 2019. 108p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Beraldo-2/publication/335993281_Bambu- Caracteristicas_e_Aplicacoes_na_Construcao_Civil_e_em_Arquitetura/links/5ed1831f92851c9c5e664cb0/Bambu- Caracteristicas-e-Aplicacoes-na-Construcao-Civil-e-em-Arquitetura.pdf. Acesso em: 10 set. 2022.
- BUCKINGHAM, S.; KINA, V. J. Sustainable Development and Social Work. **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences**, [s.l.], p.817-822, 2015. Elsevier. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-097086-8.28095-1>.
- COLVIN, J.; BLACKMORE, C.; CHIMBUYA, S.; COLLINS, K.; DENT, M., GOSS, J., ...; SEDDAIU, G. In search of systemic innovation for sustainable development: A design praxis emerging from a decade of social learning inquiry. **Research Policy**, [s.l.], v.43, n. 4, p.760-771, maio 2014. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2013.12.010>
- DAMASCENO DA SILVA, W. K.; MAIA RUBENS, T. D.; BEZERRA CABRAL, A. E. **Bambusa Vulgaris: caracterização das propriedades mecânicas do bambu cultivado em Redenção, Ceará-Brasil**. XVII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das Construções. Fortaleza: CINPAR, 2021.

DURAN, D. C.; ARTENE, A.; GOGAN, L. M.; DURAN, V. The Objectives of Sustainable Development - Ways to Achieve Welfare. **Procedia Economics and Finance**, [s.l.], v. 26, p.812-817, 2015. Elsevier BV. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00852-7](http://dx.doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00852-7).

FAUZIYAH, E.; SANUDIN. Bamboo Utilization as a Nature-Based Material for Household Crafts and Construction in Ciamis and Tasikmalaya Regency West Java. In: **International Conference on Indonesian Architecture and Planning**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. p. 715-722. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-99-1403-6_48. Acesso em: 05 out. 2022.

FERRANTI, P. The United Nations Sustainable Development Goals. **Reference Module in Food Science**, [s.l.], p.1-3, 2018. Elsevier. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.22063-5>.

FINDLER, F.; SCHÖNHERR, N.; LOZANO, R.; REIDER, D.; MARTINUZZI, A.. The impacts of higher education institutions on sustainable development: A review and conceptualization. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 20, n. 1, p. 23-38, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2017-0114>.

GATÓO, A.; SHARMA, B.; BOCK, M.; MULLIGAN, H.; RAMAGE, M. H. Sustainable structures: bamboo standards and building codes. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability**. Thomas Telford Ltd, 2014. p. 189-196. DOI: <https://doi.org/10.1680/ensu.14.00009>

HÁK, T.; JANOULKOVÁ, S.; MOLDAN, B. Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 60, p.565-573, jan. 2016. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.003>.

HOLDEN, E.; LINNERUD, K.; BANISTER, D. Sustainable development: Our Common Future revisited. **Global Environmental Change**, [s.l.], v. 26, p.130-139, maio 2014. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.006>.

INSTITUTO ECO BRASIL. **Nosso Futuro Comum – Relatório Brundtland**. 2023. Disponível em: http://www.ecobrasil.eco.br/site_content/30-categoria-conceitos/1003-nosso-futuro-comum-relatorio-brundtland. Acesso em: 05 out. 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 22156**, Structures – Bamboo culms – Structural design. Geneva: ISO, 2021. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/73831.html>. Acesso em: 05 out. 2022.

KIDD, C. V. The evolution of sustainability. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, [s.l.], v. 5, n. 1, p.1-26, mar. 1992. Springer Nature. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/bf01965413>.

LEAL FILHO, W.; SALVIA, A. L.; EUSTACHIO, J. H. P. P. An overview of the engagement of higher education institutions in the implementation of the UN Sustainable Development Goals. **Journal of Cleaner Production**, p. 135694, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135694>.

LISZBINSKI, B. B.; BRIZOLLA, M. M. B.; PATIAS, T. Z. Driving factors for the involvement of agroindustries in the sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production**, v. 410, p. 137279, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137279>.

MARÇAL, V. H. S. **Análise comparativa de Normas Técnicas Internacionais para o emprego do bambu – colmo em estruturas prediais**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Distrito Federal, 2018. xviii, 178p. Disponível em: <https://www.repositorio.unb.br/handle/10482/33946>. Acesso em: 10 out. 2022.

MOULY, A. R.; JOARDER, M. A. R.; D'ROZARIO, P. SUNDARBAN VILLAGE IN DINAJPUR. **Green Architecture in Achieving Sustainable Development Goals**, p. 84, 2018. Disponível em: [Proceedings.2nd_20ICGrA_202018-libre.pdf](https://proceedings.2nd_20ICGrA_202018-libre.pdf) (d1w-qtxts1xzle7.cloudfront.net). Acesso em: 05 out. 2022.

PORTAL NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 01 de out. de 2022.

SERAFINI, P. G.; DE MOURA, J. M.; DE ALMEIDA, M. R.; DE REZENDE, J. F. D. Sustainable development goals in higher education institutions: a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, p. 133473, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133473>.

TAIB, M. Z. M.; AHMAD, S.; NOGROHO, W. A New Paradigm in Using Bamboo as Sustainable Material for Future Building Construction. **Environment-Behaviour Proceedings Journal**, v. 8, n. 23, p. 195-200, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21834/ebpj.v8i23.4512>

UNITED NATIONS. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. 2018a. Disponível em: <http://www.undocuments.net/our-common-future.pdf>. Acesso em: 12 out. 2022.

UNITED NATIONS. **SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOAL 11: Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient, and sustainable**. 2018b. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg11>. Acesso em: 06 set. 2022.

VERMA, P.; RAGHUBANSHI, A. S. Urban sustainability indicators: Challenges and opportunities. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 93, p.282-291, out. 2018. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.007>.

WOODWARD, C. S. Helping the World Achieve Sustainable Development Goals: The Role of PNPs and Pediatric-Focused Providers. **Journal of Pediatric Health Care**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedhc.2023.07.002>.

XIAO, Y.; LI, Z.; LIU, K. W. (Eds.). **Modern Engineered Bamboo Structures: Proceedings of the Third International Conference on Modern Bamboo Structures (ICBS 2018)**, June 25-27, 2018, Beijing, China. CRC Press, 2019.

YANARELLA, E. J.; LEVINE, R. S. Does sustainable development lead to sustainability? **Futures**, [s.l.], v. 24, n. 8, p.759-774, out. 1992. Elsevier BV. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0016-3287\(92\)90105-o](http://dx.doi.org/10.1016/0016-3287(92)90105-o).