

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
CAMPUS MANAUS CENTRO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFRAESTRUTURA**

ANTONIO TOSHIHARU SASAHARA

ESTUDO DA ADERÊNCIA DO BAMBU AO CONCRETO

MANAUS - AM
2025

ANTONIO TOSHIHARU SASAHARA

ESTUDO DA ADERÊNCIA DO BAMBU AO CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Ms. Luz Marina Andrade Maruoka

MANAUS - AM
2025

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

S252e Sasahara, Antonio Toshiharū.
Estudo da aderência do bambu ao concreto/ Antonio Toshiharū
Sasahara. – Manaus, 2025.
62 p. : il. color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Cívil). – Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus Centro*,
2025.

Orientadora: Profa. Ma. Luz Marina Andrade Maruoka.

1. Engenharia civil. 2. Construção civil. 3. Aço verde. 4. Aderência. I.
Maruoka, Luz Marina Andrade. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 624



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CONSELHO SUPERIOR

ANEXO 7

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 27 dias do mês de JANEIRO de 2025, às 18:30, o(a) estudante ANTÔNIO TOSHIMARU SASAHARA

apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora constituída pelos seguintes integrantes:

Prof(a). orientador(a): LUZ MARINA ANDRÉ DE MARJOKA

Prof(a). coorientador(a): -

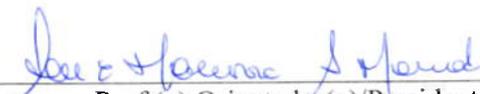
Prof(a). membro 1: LAERTE MELO BARROS

Prof(a). membro 2: FRANCISCO JOSÉ RODRIGUES FERRELADES

A sessão pública de defesa foi aberta pelo(a) Presidente da Banca, que apresentou a Banca Examinadora e deu continuidade aos trabalhos, fazendo um breve referência ao TCC que te como título: ESTUDO DA ADERÊNCIA DO BAMBÚ E CONCRETO

Na sequência, o(a) estudante teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho, e cada integrante da Banca Examinadora fez suas arguições após a defesa do mesmo. Ouvidas as explicações do(a) estudante, a Banca Examinadora, reunida em caráter sigiloso, para proceder à avaliação final, deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO com média 10,0 (DEZ) do referido trabalho.

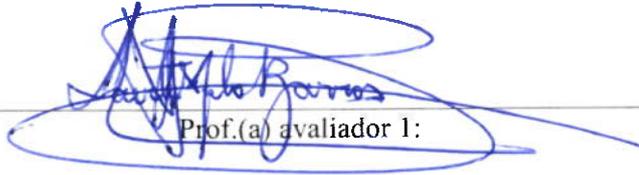
Foi dada ciência ao(à) estudante que a versão final do trabalho deverá ser entregue até o dia 06/03/25, com as devidas alterações sugeridas pela banca. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 19:30, sendo lavrada a presente ata, que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo(a) estudante.


Prof.(a) Orientador(a)/Presidente:


Prof.(a) coorientador(a), se houver



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CONSELHO SUPERIOR


Prof.(a) avaliador 1:


Prof.(a) avaliador 2


Discente

RESUMO

As matérias-primas utilizadas pelo setor da construção civil causam impactos ambientais entre as quais destaca-se o aço com maior impacto na emissão de gases de efeito estufa durante sua produção. Dessa forma, buscar alternativas para a substituição do aço é de suma importância para mitigar a emissão de gás carbônico (CO₂). O bambu, por ser material renovável, abundante na natureza e com alta taxa de crescimento e propagação, apresenta-se como ótima opção inclusive na captura de CO₂ da atmosfera. No entanto, tem como maior desafio sua aderência ao cimento e a sua conservação ao ataque de insetos e fungos. Esta pesquisa visa avaliar resistência à aderência entre argamassa de cimento e bambu tratado por meio do bórax, pelo método de água quente água fria. Para tal, foram realizados coleta das espécies, tratamento, secagem, ensaio de resistência à tração por aderência do bambu ao concreto. O tratamento realizado não apresentou apodrecimento do bambu dentro do concreto, após 28 dias imerso em água durante a cura do concreto, e a resistência de arrancamento das taliscas do concreto apresentaram resultados que viabilizam sua utilização com o concreto, com valores médios de tensão de aderência do bambu de 1,72 MPa, com o tratamento preservativo proposto.

Palavras-chave: aço verde; bambu; construção civil; aderência.

ABSTRACT

The raw materials used by the construction sector cause environmental impacts, among which steel stands out with the greatest impact on greenhouse gas emissions during its production. Thus, seeking alternatives to replace steel is of paramount importance to mitigate carbon dioxide (CO₂) emissions. Bamboo, being a renewable material, abundant in nature, and with a high rate of growth and propagation, presents itself as an excellent option, including for CO₂ capture from the atmosphere. However, its greatest challenge is its adhesion to cement and its preservation against insect and fungus attacks. This research aims to evaluate the adhesion resistance between cement mortar and bamboo treated with borax using the hot water and cold water method. For this, species collection, treatment, drying, and adhesion tensile strength tests of bamboo to concrete were carried out. The treatment did not show bamboo decay within the concrete after 28 days immersed in water during the concrete curing process, and the pull-out resistance of the splints from the concrete showed results that enable its use with concrete, with average values for bamboo adhesion stress of 1.72 MPa, with the proposed preservative treatment.

Keywords: green steel; bamboo; building construction; adhesion.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades mecânicas entre materiais	14
Tabela 2 - Propriedades mecânicas de diferentes partes do colmo do bambu da espécie guadua angustifolia	15
Tabela 3 – Tratamentos preservativos para madeira	31
Tabela 4 - Caracterização das duas varas de bambu.	38
Tabela 5 - Temperatura no tratamento químico	41
Tabela 6 - medidas das taliscas bipartida / normal	43
Tabela 7 - medidas das taliscas com nó/sem nó	44
Tabela 8 – Medidas das taliscas sem nó / com nó	44
Tabela 9 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão a 28 dias, dos corpos de prova padrão (MPa)	47
Tabela 10 Resultados de resistência à tração do bambu e tensão de aderência calculada.	51

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação entre o teor de umidade e o limite de resistência à compressão paralelo às fibras do bambu da espécie bambusa vulgaris.....	15
Figura 2 - Nomenclatura de um colmo	17
Figura 3 - Bambu exposto às intempéries. Detalhe de uma rachadura no colmo.....	18
Figura 4 - Topos de bambus desprotegidos	18
Figura 5 - Detalhes do ensaio de arrancamento.....	21
Figura 6 - Armadura de taliscas de bambu da viga	24
Figura 7 - Corpo de prova de viga armado com bambu rompido.....	25
Figura 8 - Laje com nós	26
Figura 9 - disposição de taliscas nas lajes com nós.....	26
Figura 10 - Uso inadequado do bambu: exposto às intempéries e em contato direto com o solo: curta vida útil.....	28
Figura 15 – Critérios a definir no projeto de pesquisa	30
Figura 16 – Desenvolvimento da pesquisa	31
Figura 11 - Localização aproximada da touceira de bambu	32
Figura 12 - Baldes usados no tratamento químico	32
Figura 13 - Produtos químicos comprados no comércio de produtos agrícolas.....	33
Figura 14 – Cimento, areia e brita usados na preparação do concreto.	33
Figura 17 – Coleta de amostras em campo.....	34
Figura 18 - Localização da touceira de bambu.....	35
Figura 19 a, b, c - Varas de bambu coletadas no distrito agropecuário Puraquequara, com o corte da seção útil.	35

Figura 20 - a) Peças secas; b) e c) Divisão das taliscas com facão.	36
Figura 21 - Taliscas divididas.....	37
Figura 22 – Partes do bambu	37
Figura 23 - Limpeza das taliscas com bucha vegetal	39
Figura 24 - Talisca bipartida.....	40
Figura 25 - Tratamento químico quente / frio	40
Figura 26 - Solução após o tratamento do bambu quente / frio.....	41
Figura 27 - Secagem das taliscas pós tratamento	42
Figura 28 – seções da talisca que foi concretada.....	43
Figura 29 - preenchido com areia úmida no fundo para deixar uma ponta livre.....	45
Figura 30 - Corpo de prova padrão para teste compressão.....	46
Figura 31 - Corpo de prova concretada	46
Figura 32 - Ensaio de resistencia à compressão axial	47
Figura 33 - Corpo de prova pós tração	48
Figura 34 - Seção concretada sem vestígios de fungos	49
Figura 35 - Bambu pós tração.....	49
Figura 36 - Detalhe da concretagem da talisca bipartida.....	50
Figura 37 - Máquina manual de tração	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	11
2.1	OBJETIVO GERAL.....	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
4	MATERIAIS E MÉTODOS	30
5	RESULTADO E DISCUSSÕES	34
5.1	COLETA DAS AMOSTRAS EM CAMPO	34
5.2	TRATAMENTO PRESERVATIVO DAS AMOSTRAS.....	40
5.3	PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA DE BAMBU COM CONCRETO.....	45
5.4	AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DOS CORPOS DE PROVA.....	46
6	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Entre os vários e graves problemas ambientais atualmente, destacam-se as mudanças climáticas em função ao aumento de emissão de gases de efeito estufa, especialmente o dióxido de carbono (CO₂), esgotamento de recursos naturais, geração de resíduos, entre outros. Nesse contexto, a busca por desenvolver produtos que contribuam para redução dos impactos ambientais é de suma importância.

Com o intuito de contribuir para mitigação dos impactos ambientais causados pelo setor da construção civil, várias pesquisas realizadas apontam o bambu como alternativa ao aço.

Outros substitutos para o aço no concreto armado também vêm sendo estudados, tais como o vergalhão de vidro, o vergalhão de *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP), o qual é feito de polímeros reforçados com fibra de vidro, mas que possui baixa resistência ao impacto, e a madeira. Destes, o bambu tem recebido a atenção por se tratar de material natural, crescimento rápido, renovável e com baixo impacto ambiental.

Apesar das suas qualidades, o uso do bambu nas construções enfrenta alguns desafios por ser um material inflamável, complexo para realização de emendas, não mantém seu diâmetro ao longo de seu comprimento, absorve água, além de ser suscetível ao ataque de fungos e bactérias. Isso leva a necessidade de tratamento para evitar perdas de sua resistência mecânica.

Dentre os tratamentos acessíveis, podemos citar o método de substituição da seiva por capilaridade aplicada em madeira verde, e para madeira seca, a imersão em água quente com/sem solução preservativa, e a imersão em água fria com/sem solução preservativa. Existem outros diversos métodos artesanais como aplicar fumigação, carbonização parcial, impermeabilização, entre outros (Entenda, 2020).

De forma mais ampla, esse estudo visa contribuir nas discussões sobre a viabilidade do uso do bambu nas edificações, principalmente em substituição ao aço. Dentro desse contexto, esse trabalho tem a finalidade avaliar a aderência do bambu ao concreto, tratado com bórax/ácido bórico pelo método água quente / água fria, identificando a melhor opção de ancoragem do bambu em que apresenta melhor aderência ao concreto, para sua utilização em concreto armado.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho visou a obtenção de dados que demonstrem ser possível a aplicação do bambu na construção civil com a sua combinação com o concreto, de modo que seja possível a substituição de parte do aço pelo bambu no concreto armado, explorando os aspectos relacionados à sua preservação e aderência ao concreto.

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a resistência à aderência entre argamassa de concreto e bambu, após tratamento em processo chamado tratamento em água quente / água fria, com bórax + ácido bórico, por meio de testes de tração direta da talisca de bambu.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A pesquisa desenvolveu-se de acordo com os seguintes objetivos específicos:

- a) coleta das amostras em campo;
- b) tratamento preservativo das amostras pelo método água quente / água fria com adição de preservativo ácido bórico + bórax;
- c) produção dos corpos de prova de bambu com concreto em garrafas pet;
- d) avaliação da aderência entre o concreto e bambu por meio da testes de tração direta da talisca de bambu, sob condições diferentes de ancoragem do bambu, usando método alternativo denominado *apulot test*;
- e) tabulação e análise dos dados encontrados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O setor da construção civil demanda por produtos que produzem impactos ambientais tanto no seu processo de produção como durante aplicação nas obras, entre os quais podem ser citados: cimento, cal, areia, brita, aço e o alumínio (Gasques *et al.*, 2014).

Conforme o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, o setor gera 80 milhões de toneladas de resíduos anualmente, consome 20% da água nas cidades e 75% dos recursos naturais (CTE, 2020). A produção de cada tonelada de aço é acompanhada da liberação de mais de duas toneladas de CO₂ na atmosfera (Bhalla, 2008).

Teixeira *et al.* (2018), na publicação sobre o *Steel Frame* cita este modelo construtivo como uma modernização do método construtivo que substitui o modelo convencional em concreto armado com a vantagem de utilizar materiais de maneira mais eficiente, reduzindo os desperdícios, diminuição do tempo de construção, e menor poluição existente na construção com concreto e cimento.

Ainda, Teixeira *et al.* (2018) cita que os Estados Unidos, e posteriormente vários Países da Ásia e Europa já adotaram o método construtivo de *Steel Frame* afim de reduzir o impacto ambiental, que permitiu substituir a madeira, e conseqüentemente o desmatamento de árvores. No entanto, sabemos que um dos materiais com grande impacto ambiental é o aço na sua extração provocando alterações profundas no solo e necessitando um gasto significativo de energia no processo.

Soares *et al.* (2017), na busca por alternativas, vê como opção substituir a madeira natural por madeira plástica que poderia, além de promover melhor a reciclagem deste material que hoje representa também um grande problema ambiental, substituir a madeira natural e assim permitir voltar o seu uso sem o prejuízo do desmatamento florestal. Ainda, possui a vantagem de não ser atacado por fungos, insetos, e agentes químicos, com resistência à água e uma durabilidade superior sob ações de intempéries.

Apesar das grandes vantagens que a madeira plástica possui, na contramão há no Brasil grande dificuldade para que este produto esteja disponível, pela deficiência no processo de coleta seletiva, com baixo índice de reciclagem (Soares *et al.*, 2017) e com a falta deste volume para viabilizar a instalação de fábricas para a produção deste tipo de produto.

A utilização de fibra sintética no concreto também tem sido bastante pesquisada como alternativa para melhorar o desempenho e durabilidade de elementos estruturais nas edificações (Discher, 2023).

Discher (2023) cita que as fibras poliméricas e fibras vegetais são os tipos mais pesquisados nesta aplicação, com protocolos e normas já disponíveis em vários países para verificação das propriedades mecânicas do concreto reforçado com estas fibras. Já é disponível normas da Europa, Estados Unidos, Japão, por exemplo e diversas pesquisas com resultados que permitem avaliar sua melhor aplicação para cada caso.

Já existem estudos sobre a aplicação de fibras em vigas como substituição ao aço (Discher, 2023), em lajes para combater esforços de punção, entre outras aplicações. As fibras naturais por sua vez já são usadas há muito tempo, mas agora vem sendo estudados para serem usadas no concreto ((Discher, 2023). Por possuir baixa massa específica, fácil reciclagem, baixo custo e baixo consumo de energia na produção, estas vem sendo objeto de estudo e vem apresentando ligeira desvantagem em relação às fibras poliméricas quanto à sua resistência mecânica.

Discher (2023) ressaltam que a muitas patentes vem sendo registradas para aplicação de fibras em compósitos, pois o seu reforço no concreto demonstra que poderá aumentar a vida útil do concreto.

Dantas (2021) propõe a aplicação das fibras em estruturas de paredes de concreto em substituição à armadura mínima, em que os esforços solicitantes são menores. Para isto, o concreto reforçado com fibras (CRF) deve ser ensaiado segundo a ABNT (2021b), ensaiados à tração na flexão (ABNT, 2021c), à resistência à compressão (ABNT, 2018) e duplo puncionamento (ABNT, 2021a). Como vantagem, Dantas *et al.* (2021) citam que há diversos estudos que mostram que a utilização de fibras no concreto melhora a resistência residual à tração e ductilidade pós fissuração, além de permitir que deformações maiores sejam acomodadas antes do colapso.

Cateb *et al.* (2011) propõem a aplicação de Polímero Reforçado com Fibras (FRP), estes que em desenvolvimentos mais recentes permitem a sua aplicação para o uso estrutural na construção civil por terem grande resistência mecânica (Tabela 1), viabilizando a substituição das armaduras metálicas por estas.

Tabela 1 – Propriedades mecânicas entre materiais

Propriedade	Aço CA-60	Aço Inox	FRP
Tensão de ruptura (MPa)	630	655	1180
Alongamento total (%)	30	50	26,1
Módulo de elasticidade E (GPa)	200	190	64
Aderência (MPa)	13,7	13,7	12,2
Cobrimento de concreto (mm)	30 A 60	< 30	10
Densidade (g/cm ³)	7,85	7,92	2,2
Condutividade térmica (W/mK)	60	16	< 0,5
Coef. de expansão térmica (1/K)	0,8 A 1,2 X10 ⁻⁵	1,73 X 10 ⁻⁵	AXIAL 0,6 X 10 ⁻⁵ Radial 2,2 x 10 ⁻⁵
Susceptibilidade ao magnetismo	sim	ligeiramente	não
Condutor eletromagnético	sim	sim	não

Fonte: Adaptado de Witt (2009)

Rego (2008) propõe a utilização de madeira de reflorestamento que é disponível no mercado inclusive com tratamento químico para elevar a sua durabilidade, para fins de construção civil tal como é amplamente utilizado atualmente no mercado mundial, pois a construção com madeira é prática, econômica, possui boa aparência, e principalmente promove a responsabilidade social e ecológica.

Como alternativa à madeira e ao aço, outro material vem sendo alvo de pesquisas no mundo inteiro: o bambu. O aço como elemento estrutural do concreto armado tem a função de prover a resistência à tração devido à baixa resistência à tração do concreto. A união dos elementos aço e concreto permite a produção em concreto armado como: lajes, vigas, pilares e fundações (Silva, 2019).

O bambu pertence à família das gramíneas *Poaceae* (ou *Gramineae*), a qual existem em torno de 1.300 espécies e variedades que cobrem mundialmente 25 milhões de hectares (Silva, 2019).

A fim de contribuir para mitigação dos impactos ambientais causados pelo setor da construção civil, várias pesquisas realizadas apontam o bambu como alternativa ao aço. Isto ocorre devido às fibras sólidas do bambu poderem ser usadas como material de construção. A espécie de bambu como *dendrocallamus giganteus* chegam a alcançar resistência à tração de cerca de 120 MPa, resistência à compressão de 55 MPa e módulo de Young de 14 GPa (Bhalla, 2008). Segundo Yadav (2021), a resistência a compressão do bambu é o dobro da resistência

do concreto tradicional. A Tabela 2 e a Figura 1 mostram algumas propriedades encontradas por Ghavami e Marinho (2005) e Minto *et al.* (2017).

Tabela 2 - Propriedades mecânicas de diferentes partes do colmo do bambu da espécie *guadua angustifolia*

Parte do bambu	Resistência à tração (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)
Base sem nó	93,38	16,25
Base com nó	69,88	15,70
Centro sem nó	95,80	18,10
Centro com nó	82,62	11,10
Topo com nó	115,84	18,36
Topo sem nó	64,26	8,00

Fonte: Ghavami e Marinho (2005)

Figura 1 - Relação entre o teor de umidade e o limite de resistência à compressão paralelo às fibras do bambu da espécie *bambusa vulgaris*



Fonte: Minto *et al.* (2017)

Mota (2017) desenvolveu pesquisa de caracterização do bambu da variedade *bambusa vulgaris vittata*, obtendo valores médios de módulo de elasticidade igual a 13 GPa, resistência à tração da ordem de 126 GPa, e resistência à flexão de 136 MPa.

Além das propriedades mecânicas, o bambu apresenta como vantagens principais: material leve, versátil, barato, sendo uma planta com alta taxa de crescimento e renovável, de fácil trabalhabilidade e resistente até mesmo a terremotos (Yadav, 2021).

O trabalho de caracterização do bambu pode ser encontrado no livro lançado pela Universidade Federal de Santa Catarina (Libreotto, 2019), que faz citação das principais espécies encontradas no País. De acordo com este livro, o bambu é uma gramínea, e há espécies que se adaptam bem em climas subtropicais e temperados, mas são plantas de regiões tropicais.

Depois da China, o Brasil é o País com maior número de espécies nativas de bambus, havendo cerca de 1300 espécies no mundo. Dentre estas, os do gênero *Guadua* e *Merostachys* são os principais bambus nativos brasileiros, encontrados em quase todo o território nacional (Libreotto, 2019).

O gênero *Merostachys* são conhecidos como as taquaras, produzindo tiras longas, usados para produção de diversos produtos utensílios, entre os quais podemos citar as paredes, com painéis grandes, havendo muitas aplicações na construção civil, tais como forros, telhados, cercas, etc (Libreotto, 2019).

O gênero *Guadua* são mais resistentes, tendo diâmetro e espessura de parede maiores, tais como a espécie *Guadua angustifolia*, considerado um dos maiores bambus nativos da América. Os colmos são usados na construção de estruturas pesadas, habitações, paredes, telhados, pontes, passarelas, escadas e móveis entre outros usos (Libreotto, 2019).

Outras espécies foram introduzidas no Brasil (Libreotto, 2019). por imigrantes, tais como:

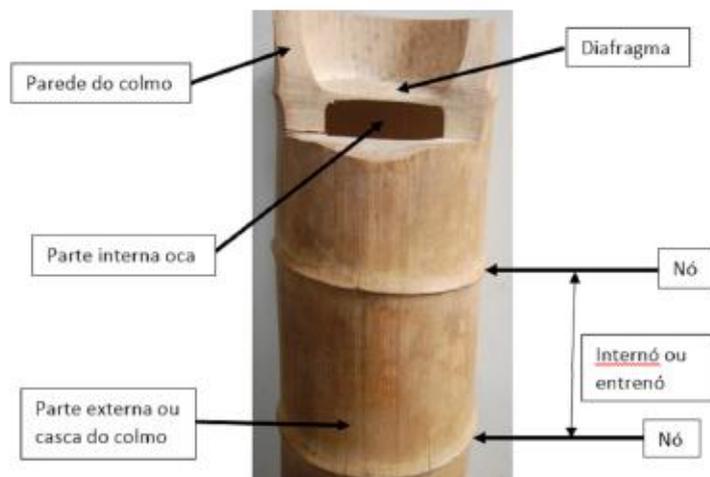
- a) *Dendrocalamus asper* (entouceirante) – nativo da Malásia
- b) *Bambusa vulgaris* (entouceirante) – nativa do sul da China
- c) *Bambusa tuldoides* (entouceirante) – trazido pelos portugueses
- d) *Bambusa vulgaris* variedade *vittata* (entouceirante) – origem incerta, mas não é nativa
- e) *Phyllostachys aurea* (alastrante) – nativa da China
- f) *Phyllostachys pubescens* (alastrante) – nativa do Japão
- g) *Guadua angustifolia* (semi-alastrante) - nativo na região norte do Brasil

Os bambus são gramíneas compostas por raízes, rizomas, colmos, galhos, folhas e botões ou gemas germinativas (Figura 2). E ao contrário das árvores, elas não apresentam um tronco central, mas diversos colmos (Libreotto, 2019).

O bambu durante o seu crescimento vegetativo já possui do diâmetro final desde o momento em que surgem os brotos para seu crescimento, à medida que atinge sua maturidade, as paredes externas passam pelo processo de lignificação, e, portanto, o bambu tem o processo de lignificação de dentro para fora, tendo as paredes internas mais porosas (Libreotto, 2019).

Quanto à natureza dos colmos são geralmente ocos e compostas de diafragmas nos nós. Cada espécie de bambu possui características predominantes tais como: distância entre nós, espessura da parede, altura, diâmetro externo, retineidade, teor de açúcar. Estas características são importantes para definir sua aplicação na sua forma natural (Libreotto e Ostapiv, 2019).

Figura 2 - Nomenclatura de um colmo



Fonte: Librelotto (2019)

Predominantemente a exploração do bambu na construção civil para fins estruturais se dá na sua forma primária de colmos inteiros, que isoladamente ou em conjunto com outros colmos formam estruturas esbeltas compondo peças para formar os pilares, treliças, etc. No entanto, devido à sua grande versatilidade também são trabalhados para formar outros objetos tais como portas e janelas (Libreotto, 2019).

Devido à sua grande versatilidade e resistência mecânica, muitas pesquisas têm buscado soluções alternativas para que este material possa ser utilizado na construção civil em conjunto com o concreto, substituindo o aço ou até mesmo os agregados graúdos (Libreotto, 2019).

Entre os principais desafios da utilização do bambu na construção civil (Libreotto, 2019), podemos citar:

- a) suscetibilidade ao ataque à fungos e insetos (Figura 3);
- b) aderência ao concreto;
- c) dificuldade de compor ligações entre as peças;
- d) formação de rachaduras dos colmos com o tempo (Figura 4).

Figura 3 - Bambu exposto às intempéries. Detalhe de uma rachadura no colmo



Fonte: Beraldo (2019)

Figura 4 - Topos de bambus desprotegidos



Fonte: Beraldo (2019)

Uma alternativa para mitigar estes problemas está na utilização do bambu (Ghavami, 2017):

- a) com tratamento adequado para prevenção ao ataque de fungos e insetos;
- b) proteger o bambu dentro do concreto, assim como já é feito com o aço, e assim estaria protegida das intempéries, rachaduras, ataque de fungos e insetos.

Restaria assim o desafio de vencer o problema de aderência do bambu ao concreto, fator importante para que o conjunto funcione de maneira similar ao concreto armado com aço (Ghavami, 2017).

Em relação à aplicação no concreto estrutural, apresenta o problema da baixa aderência bambu-concreto, o que vem sendo estudado por diversos pesquisadores (Beraldo, 1987; Rosa, 2002; Ferrão, 1995; Ghavami, 1981; Ghavami, 1995; Lima Jr. *et al.*, 1996; Lopes *et al.*, 2002).

Apesar de ter obtido bons resultados com relação ao comportamento estrutural do bambu (Lima *et al.*, 2005), com módulo de elasticidade médio de 14 GPa, equivalente à uma resistência à tração de 126 MPa para a espécie *Dendrocalamus giganteus*, com comportamento estrutural similar às obtidas para as vigas armadas com aço em relação ao deslocamento aos esforços, não foi considerado neste estudo o comportamento do bambu ao concreto com relação à aderência.

A dificuldade da aderência da camada externa do bambu ao verniz é destacado por Beraldo e Aleixo (2019) em seu livro, com comentários a outras desvantagens tais como: a identificação da idade adequada na extração bem como a seção do colmo a ser usada que poderá influenciar muito na sua caracterização estrutural; a influência de fatores como raios ultravioletas e à chuva para o manejo, execução e conservação; a suscetibilidade ao ataque de insetos e fungos; a sua forma circular e tendência a rachar que dificulta a execução de uniões e suportes; a falta de retilineidade dos colmos; o elevado teor de sílica que traz um desgaste prematura às ferramentas; a ausência de uma regulamentação para o manejo, pois ela não se classifica como árvore, mas como uma gramínea.

Lopes *et al.* (2002), em sua pesquisa sobre a aderência de taliscas de bambu ao solo cimento, realizaram testes em corpos de prova com taliscas de bambu impermeabilizados com emulsão asfáltica mais areia, e observou que este tratamento reduziu a aderência superficial, de 1,33 MPa para 0,94 MPa para ancoragem com 10cm, não obtendo variações significativas com o aumento do comprimento de ancoragem, provavelmente devido ao rompimento do bambu no nó (Ghavami, 2017). A tração de arrancamento para amostras com ancoragem de 10 cm foi de 730 Kgf com asfalto, e 828 Kgf sem asfalto, com taliscas de 2 cm de largura moldados com solo cimento de 15 cm de diâmetro, após 28 dias de cura.

Oliveira (2013) comentam que um dos fatores que impedem a utilização do bambu no concreto é sua baixa aderência, alegando que ocorre o inchamento do colmo na concretagem, e

após o “endurecimento” ocorre a retração dos mesmos. No entanto, sua aplicação em vigas de estruturas de habitação popular se demonstrou viáveis pois tiveram comportamentos estruturais satisfatórios para esta finalidade.

Lima *et al.* (2004), também realizou pesquisa analisando o comportamento de vigas reforçadas com bambu e concreto, e observou que há compatibilidade de deformações entre o bambu e o concreto, mas as vigas reforçadas com aço apresentam maior rigidez. Ainda, comenta que além de problemas de aderência, o bambu não possibilita o dobramento das varas para a formação de ganchos de ancoragem possuem variação na resistência à tração e módulo de elasticidade nas regiões nodal e internodal.

O tratamento de madeira para fins de aplicação no setor agropecuário relaciona diversos tratamentos com suas respectivas durabilidades, entre eles pode-se citar o tratamento em banho quente-frio, um processo rápido que dura de 2 a 4 horas, e com durabilidade média acima de 20 anos (Entenda, 2020).

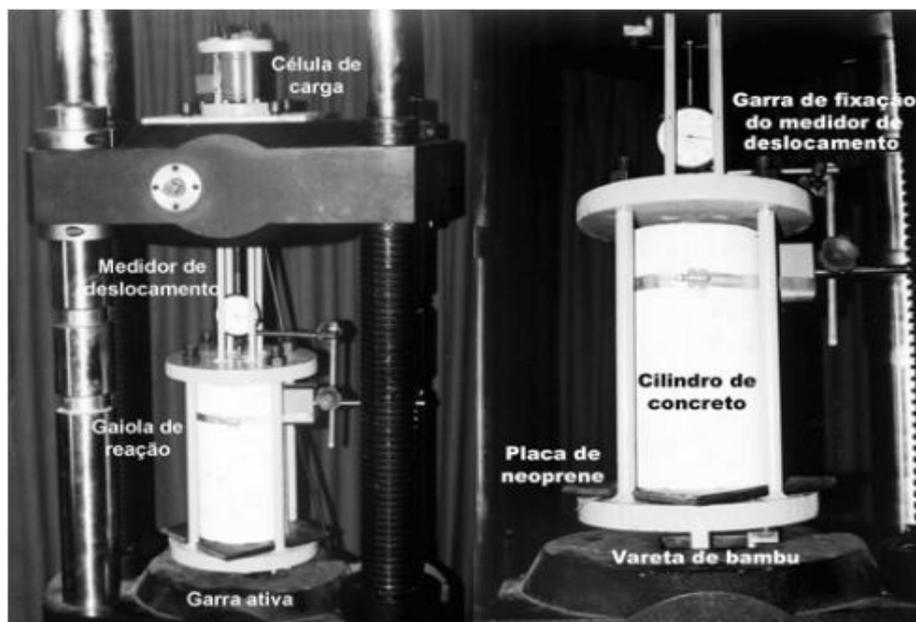
A indústria da madeira utiliza o tratamento por autoclave e estufas industriais, o que tem garantido maior durabilidade, além de utilização de produtos químicos que minimizam a inflamabilidade da madeira. No entanto, este tipo de instalação não está disponível no Amazonas, além de representar alto investimento em equipamentos exigindo um grande volume para sua viabilização, o que se torna inviável para maioria da população que deseja utilizar a madeira para fins de construção civil (Ghavami, 2017).

O tratamento de taliscas de bambu em banho quente e frio foi detalhado com aplicação de ácido bórico/bórax por Naccache (2013), e comparando o grau de absorção de água em peças *in natura* com peças com tratamento impermeabilizante à base de sikadur e resina de mamona, observou-se grande variação volumétrica no bambu *in natura*, assim recomendando que seja sempre aplicado a impermeabilização em peças usadas como reforço estrutural no concreto. No entanto, o custo elevado do “sikadur” pode inviabilizar a sua utilização, e portanto, há a necessidade de buscar alternativas mais acessíveis para sanar o problema observado.

Investigações de comportamento de aderência do bambu em função de suas dimensões, e resistência do concreto, bem com a inclusão de um pino na vareta de bambu foi estudado por Mesquita *et al.* (2005) (Figura 5), observando-se que a resistência do concreto influencia diretamente na aderência, mas suas dimensões da seção transversal não influenciam. A inclusão de pinos na vareta elevou o grau de aderência positivamente em 80% e 50% usando

dois pinos de aço e bambu, respectivamente, resultando em resistências da ordem 2,46 MPa e 2,09 MPa (Mesquita *et al.*, 2005).

Figura 5 - Detalhes do ensaio de arrancamento



Fonte: Mesquita *et al.* (2005)

Ainda, Mesquita *et al.* (2005) verificou que a variação da tensão de aderência bambu-concreto em relação à resistência à compressão do concreto é linear.

A proposição de um método alternativo, denominado *apulot*, foi proposto para substituir o método denominado *pull-out* (Tavares *et al.*, 2014), pois muitos não têm acesso ao equipamento necessário para realização deste teste. Com resultado, observou-se que testes de ensaio de aderência do aço ao concreto apresentaram diferenças em função do diâmetro das barras de 8, 10 e 12,5 mm nos dois métodos de ensaios, mas com curva de variação semelhante. No entanto, para o *apulot* os diâmetros maiores apresentaram ruptura por fendilhamento do concreto, possivelmente por causa da diferença de seção transversal de concreto entre os dois métodos, permitindo que no teste *pull-out* haja distribuição melhor das tensões geradas no ensaio.

Victor (2012) fazem referência ao método de *apulot* como meio de controle de resistência à compressão do concreto indiretamente através da análise de resistência à aderência, em que outras pesquisas (Silva, 2010; Lorrain, 2011) mostraram que esta correlação é válida e possível. Em contrapartida, Victor (2012) obteve resultados com os métodos

alternativos de *push-out* e *pull-out*, que também se mostraram viáveis para avaliar a aderência entre o aço e o concreto.

A adição de bambu no concreto obteve resultado no aumento da resistência à tração, em pesquisa realizada por Carvalho (2021), onde foi feita adição de 1% de fibras de bambu na composição, melhorando o comportamento do concreto pós fissuração. No entanto, observou-se que as fibras sofreram expansão em relação ao seu estado seco, indicando que os mesmos absorveram água da mistura do concreto.

Mesmo assim, os resultados obtidos por Carvalho (2021) indicaram melhor desempenho com adições maiores de fibras de bambu na composição, o que indica uma influência positiva das fibras na resistência do concreto.

No entanto, observou-se que uma possível substituição das fibras sintéticas por fibras de bambu resultou na necessidade de adição de água pois isso afetou na trabalhabilidade, provavelmente pela absorção de água pelas fibras (Auersvaldt *et al.*, 2019).

Ainda, em comparação com as fibras sintéticas, as fibras de bambu apresentaram resultados intermediários entre a fibra de poliéster e a fibra de polietileno, tanto na compressão como na tração, e também foi observado que houve melhora em relação à ductilidade e tenacidade no concreto, de modo que mesmo após a fissuração do concreto as partes permaneceram unidas (Auersvaldt *et al.*, 2019), indicando que a adição de fibras de bambu resultou em aumento na resistência do concreto.

A utilização de bambu possui alguns desafios importantes que Ferreira (2020) relaciona, tais como a variação da resistência à tração, a incompatibilidade química do amido presente com o concreto, a variação dimensional com a absorção de água, e a aderência do bambu ao concreto.

Há variação da resistência à tração de acordo com a espécie, e recomenda-se a utilização das variedades *Bambusa vulgaris* e *Dendrocalamus giganteus*, que apresentam maior resistência, respectivamente 170 MPa e 135 MPa de resistência à tração (Ferreira, 2020).

A incompatibilidade química do amido presente na parte interna do bambu com o concreto neutraliza a reação química entre o cimento e a água, reduzindo a resistência do concreto (Ferreira, 2020).

Há variação dimensional com a absorção de água do concreto na aplicação, que poderá comprometer a interação com o concreto após sua secagem. Em outras palavras, o bambu poderá inchar no concreto fresco, e depois encolher após a secagem, comprometendo a interação com o concreto. Ferreira (2020) cita que Gisleiva (2002) constatou que a absorção de água faz o bambu aumentar em até 15% no seu volume. Como alternativa, recomenda a impermeabilização do bambu para minimizar este problema, indicando o piche, tintas e vernizes. Ghavami (2019) concluiu em sua pesquisa que o Negrolin, produto da sika se mostrou mais eficaz resultando em uma taxa de absorção de apenas 4% (Ferreira, 2020).

A aderência do bambu ao concreto fica prejudicada quando tratados com derivados de petróleo, tais como o asfalto e negrolin, que não se solidificam de maneira adequada em regiões de altas temperaturas (Ferreira, 2020).

Pereira e Beraldo (2008) *apud in* Ferreira (2020) concluíram que a espessura de camada impermeabilizante pode comprometer a aderência entre o bambu e o concreto.

Ferreira (2020) comenta que a vida útil do bambu no concreto ainda é incerta, havendo incompatibilidade do pH do concreto com o bambu que devido sua alcalinidade destrói a camada de fibras de celulose do bambu.

Ferreira (2007) explorou a aplicação de taliscas de bambu em vigas de concreto (Figura 6), substituindo o aço. Observou em sua pesquisa que o comportamento desta viga permite o seu dimensionamento considerando o mesmo princípio de cálculo do concreto armado com aço, mas com algumas ressalvas devido ao problema de aderência. Isto porque não foi explorado o tratamento preliminar para resolver o problema de aderência e proteção contra deterioração do bambu. Mesmo assim, os resultados encontrados por Ferreira (2007) foram promissores e mostra que há viabilidade para aplicação de taliscas em estruturas de concreto armado.

Figura 6 - Armadura de taliscas de bambu da viga



Fonte: Ferreira (2007)

Como ressalvas, Ferreira (2007) comenta a necessidade de uso de estribos por falta de conhecer melhor a resistência ao cisalhamento do bambu, a coleta em idade adequada do material para maximizar as propriedades mecânicas do bambu, e uso de coeficientes de segurança (1,8) no bambu devido à sua heterogeneidade na natureza mesmo dentro da mesma espécie.

Pires (2019) aplicou taliscas de bambu em viga (Figura 7) e comparou o seu comportamento com a viga de aço, verificando que a viga de aço mostrou seu comportamento padrão, indicando uma flecha antes de sua ruptura, enquanto a viga com bambu apresentou apenas uma fissura, sem a criação da flecha, e a Pires (2019) concluiu que indicou que a resistência do bambu não foi totalmente aproveitada na composição.

A Pires (2019) também faz algumas ressalvas em sua pesquisa sobre possível variabilidade nas características das amostras coletadas em relação à sua resistência mecânica, possível falha de concretagem não observada, aderência insuficiente das taliscas de bambu com o concreto, e a impermeabilização que foi aplicada (verniz).

Figura 7 - Corpo de prova de viga armado com bambu rompido



Fonte: Pires (2019)

Os resultados encontrados por Pires (2019) mostraram que há viabilidade de possível utilização do bambu como alternativa ao aço, podendo-se aplicar o dimensionamento com os mesmos princípios do dimensionamento do concreto armado com aço, mas devendo considerar fatores de segurança apropriados, sugerindo sua utilização em obras de pequeno porte.

Observou-se também que na sua pesquisa, Pires (2019) faz ressalva sobre a aderência e a impermeabilização do bambu, mostrando que estes aspectos são também preocupação de Ghavami (2017) em suas pesquisas, por se tratar de material que afeta negativamente com a presença de água no concreto, e por sua incompatibilidade ao concreto para obtenção de boa aderência.

Acosta (2017) propôs a utilização de meia cana de bambu em lajes (Figura 8 e Figura 9), preservando os nós para compensar a aderência ao concreto.

Figura 8 - Laje com nós



Fonte: Acosta (2017)

Figura 9 - disposição de taliscas nas lajes com nós



Fonte: Acosta (2017)

Acosta (2017) retirou amostras da variedade *dendrocalamus giganteus*, com diâmetros de 13 cm, e adotou lajes com espessura de 13 cm nos testes. E nos testes a laje apresentou ruptura por compressão da capa de concreto entre os nós, sem ruptura à tração, apresentando um comportamento dúctil da laje. Houve também o escorregamento do concreto nos apoios, com a ruptura do concreto.

Em sua pesquisa, Acosta (2017) verificou que há um horizonte promissor na utilização do bambu em substituição ao aço, por seu comportamento linear, baixo peso próprio e bom comportamento mecânico, sem explorar os aspectos relativos ao tratamento para elevar a vida

útil do bambu e limitou-se à experimentação do reforço da aderência com a manutenção dos nós na composição da talisca, o que contribui para avaliar mais uma alternativa que poderá cooperar positivamente no engaste com o concreto.

Nzambi (2023) analisou possível aplicação do bambu em pilares adotando em sua pesquisa a variedade *bambusa vulgaris* para a substituição do aço na armadura. Em comparação com o aço CA-50 com $\varnothing 8\text{mm}$, obtendo para uma seção de bambu com área 4 vezes a área do aço para sua substituição, resultado de resistência à compressão a 90% da carga do pilar armado com aço, sem apresentar ruptura por esmagamento. Os deslocamentos laterais também apresentaram pouca diferença para este caso.

Quanto à ductilidade, isto é, capacidade de deformações inelásticas sem perda de capacidade, o modelo com 4 vezes a área de aço apresentou quase o mesmo comportamento do pilar com aço. As deformações por esmagamento do concreto também apresentaram comportamento similar ao pilar com aço, indicando que “as fibras de bambu, quando bem aderidas ao concreto, tracionam simultaneamente com a camada protetora e podem prorrogar a linearidade elástica maior que a do aço” (Nzambi, 2023).

Nzambi (2023) tratou o bambu com resina epóxi e areia para tratar o problema de aderência com o concreto, e observou bom desempenho para o modelo com 4 vezes a área de aço no pilar. Não foi aplicado tratamento para a conservação contra deterioração biológica nesta pesquisa, o que não invalida os resultados encontrados, mas observa-se que são necessárias mais pesquisas que considerem também o tratamento preservativo do material para atender a vida útil de projeto exigida pela norma de desempenho ABNT (2024) para estruturas em pelo menos 50 anos.

Em sua pesquisa, Ghavami *et al.* (p.305, 2017) relata a diversidade de aplicações onde o bambu tem sido utilizado.

O bambu já é utilizado no meio rural como tutor para plantas, demarcação de curvas de nível, cercas, estrados, comedouros, esteiras, cestos, forros, proteção de terrenos, quebra-vento, controle de erosão, carvão, drenagem, condução de água, alimentação, vara de pescar. O potencial da planta na fabricação de móveis, artefatos domésticos, instrumentos musicais e mesmo na engenharia mecânica é inegável.

Ghavami *et al.* (2017) destacam que o uso inadequado do bambu (Figura 10), expondo os colmos diretamente às intempéries e em contato com o solo reduz drasticamente sua vida

útil (Figura 10), e daí cria-se uma imagem do bambu como material de baixa durabilidade, segunda categoria, associando-o a material de classe pobre, e isso inibe o seu uso potencial em construções sustentáveis.

Figura 10 - Uso inadequado do bambu: exposto às intempéries e em contato direto com o solo: curta vida útil.



Fonte: Ghavami (2017)

Ainda, Ghavami (2017) destaca alguns parâmetros importantes que devem ser consideradas para o seu uso na engenharia, durante a coleta em campo:

- a) espécie;
- b) fatores locais, como qualidade do solo, temperatura e umidade relativa do ambiente, insolação, espaçamento entre touceiras, etc.;
- c) manejo do bambuzal;
- d) posição ao longo do colmo;

Para fins de tratamento, Ghavami (2017) testou a aplicação de resina (80% de estireno + 20% de metilmetacrilato) com aplicação a vácuo dentro do colmo na variedade *bambusa vulgaris*, com o objetivo de preencher os vasos reduzindo os vazios existentes. Observou que é necessário um pré-tratamento com glutaraldeído, seguido com poliestireno com metacrilato de metila, obtendo um aumento na resistência à tração, à compressão e à flexão, além de melhora das variações dimensionais e da durabilidade contra ataques de insetos da espécie *Dinodours minutos*.

Observa-se mais uma vez através desta pesquisa, a importância de mais pesquisas direcionadas ao tratamento adequado do bambu, com o propósito de inibir o ataque de fungos e insetos, e também na proteção às intempéries e absorção de umidade, que provoca sua variação dimensional e traz diversas consequências na construção civil, principalmente se o

propósito for sua utilização como substituto de armadura de aço, onde este problema ocasiona a perda de aderência com o concreto (Ghavami, 2017).

Não foram encontradas pesquisas que avaliem a durabilidade do bambu dentro do concreto, e entende-se que as pesquisas sobre este material na aplicação como concreto armado, mesmo que já sendo estudado há muitos anos, ainda se encontra em estágio inicial com pouco aprofundamento sobre as opções de tratamento preservativo mais acessíveis e que possam ser utilizados como alternativa para resolver os problemas e viabilizem sua utilização como concreto armado (Ghavami, 2017).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram definidos 3 aspectos (Figura 11). Quanto à espécie do bambu, quanto ao método preservativo a ser aplicado na pesquisa, e quanto ao método de ensaio mecânico a ser aplicado na avaliação laboratorial.

Figura 11 – Critérios a definir no projeto de pesquisa



Fonte: Autor (2024)

A escolha da variedade de bambu para a pesquisa baseou-se nos critérios de disponibilidade no local da pesquisa, isto é, fácil obtenção na região. Foi verificado que em Manaus o plantio de bambu é feito para fins ornamentais sendo facilmente encontrado as variedades *bambusa vulgaris* e *bambusa vulgaris vittata*, tendo sido selecionado a variedade *bambusa vulgaris vittata* como objeto da pesquisa por ser mais abundante na região.

Quanto ao método de avaliação, com base nas pesquisas dos autores Victor (2012) e Tavares *et al.* (2014), foi adotado para esta pesquisa o método sugerido de *apulot test*, com a utilização de garrafas pet como fôrma para a produção das amostras em concreto.

Os métodos de tratamento citados por Entenda (2020) foram sintetizados na tabela abaixo.

Tabela 3 – Tratamentos preservativos para madeira

Método	Acessível à população local	não tóxico	durabilidade contra fungos e insetos	Retira ou neutraliza a seiva	Não afeta aderência com concreto	Baixo custo	Reduzido processo de tratamento
Transpiração radial	Sim	Sim	*1	Sim	*1	Sim	Não
Bolcherie	Sim	Sim	15 anos	Sim	*1	Sim	Não
Pincelamento	Sim	Sim	5 a 6 anos	Não	*1	Sim	Sim
Banho Quente banho frio	Sim	Sim	20 anos	Sim	*1	Sim	Sim
Autoclave	Não	Não	25 anos	Sim	*1	Não	Não
Fumigação	Não	Não	*1	Sim	*1	Sim	Sim

*1 Informação indisponível.

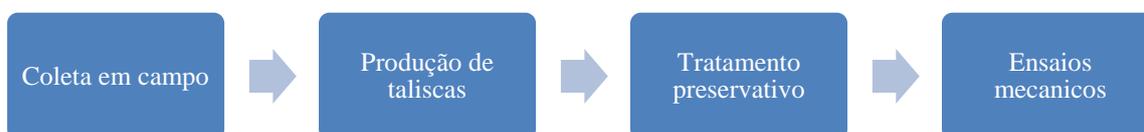
Fonte: Entenda (2020)

A partir da análise destes métodos, optou-se pelo tratamento por banho quente / banho frio, que apresenta boa durabilidade, não usa produtos tóxicos ao usuário e ao meio ambiente, e de fácil obtenção dos produtos e custo baixo.

A durabilidade citada na tabela refere-se à estimativa para madeira exposta, mas na aplicação em concreto a expectativa é que esta durabilidade seja prolongada pois o bambu estará protegido das intempéries.

O processo de desenvolvimento da pesquisa seguiu as seguintes etapas, conforme abaixo:

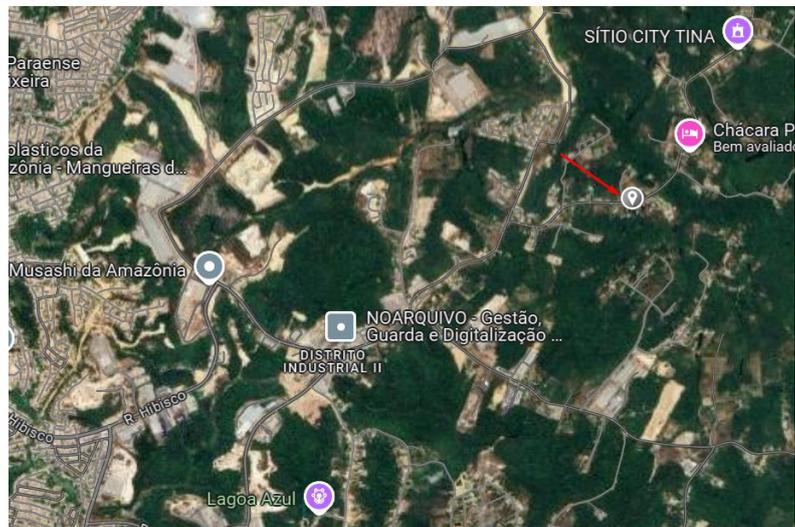
Figura 12 – Desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Autor (2024)

A amostra do bambu coletado foi da variedade *bambusa vulgaris vittata*, retirada de uma touceira localizada na propriedade rural do bairro distrito industrial II. A coleta foi realizada no ramal da escola, área destinada à exploração agrícola, Km 5 (Figura 13). Touceira com aproximadamente 10 anos.

Figura 13 - Localização aproximada da touceira de bambu



Fonte: googlemaps (2024).

Para o tratamento químico foi utilizado um balde de 20 litros e lata de tinta de 20 litros (Figura 14), sais de bórax e ácido bórico (Figura 15) adquiridos em loja de produtos agrícolas, fogão doméstico, termômetro infravermelho e água encanada.

Figura 14 - Baldes usados no tratamento químico



Fonte: Autor (2024)

Figura 15 - Produtos químicos comprados no comércio de produtos agrícolas



Fonte: Autor (2024)

Para o preparo do concreto foram utilizados o cimento CII-F-32 comprado a granel em loja de material de construção, areia lavada, pedra brita 0 (Figura 16) disponíveis no laboratório e de origem desconhecida, água de poço artesiano do IFAM.

Figura 16 – Cimento, areia e brita usados na preparação do concreto.



Fonte: Autor (2024)

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

O plano inicial era coletar amostras da touceira da variedade *dendrocalamus asper* plantado no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). No entanto, não foi possível pois a touceira havia sofrido poda drástica em janeiro/2024 e não sobrou nenhuma vara para amostragem. Assim, foi decidido restringir a pesquisa para a variedade mais comum na redondeza, *bambusa vulgaris vittata*.

Devido às dificuldades na realização de ensaios mecânicos devido ao equipamento de testes estar apresentando mal funcionamento, foi optado por realizar os ensaios no equipamento manual disponível no laboratório do Instituto Federal do Amazonas - Campus Manaus Centro (IFAM-CMC).

5.1 COLETA DAS AMOSTRAS EM CAMPO

A coleta de amostras feita na época em que ainda não havia iniciado o período de chuvas na região. A touceira de bambu escolhida foi plantada há cerca de 10 anos, em solo argiloso relativamente compactado, e já havia sido coletado colmos para outras finalidades.

Figura 17 – Coleta de amostras em campo



Fonte: Autor (2024)

Figura 18 - Localização da touceira de bambu



Fonte: Google maps (2024)

Foram coletadas amostras extraídas de duas (2) varas com idade aproximada 3 a 4 anos e aproveitando a seção mais uniforme, desprezando aproximadamente 1 metro inicial da base e a seção do topo em que o diâmetro mediano do colmo e comprimento entre nós apresentou variação maior que 10% da medida central da vara de bambu.

Figura 19 a, b, c - Varas de bambu coletadas no distrito agropecuário Puraquequara, com o corte da seção útil.



a



b



c

Fonte: Autor (2024)

Foi feita a secagem à sombra das varas de bambu por um mês (Figura 19 a). Procedeu-se a produção das taliscas para os testes de arrancamento, realizando as divisões partindo os colmos (Figura 20 b, c).

Para a produção das taliscas, foi utilizado a técnica de divisão adotada no artesanato, onde procura-se preservar a integridade das fibras e controlando a largura da talisca durante a divisão, e assim procurando obter maior uniformidade possível na largura dos mesmos.

Ao contrário do artesanato, a seção da parede interna da talisca foi preservada para os testes, apesar de ser considerada região de menor resistência mecânica para artesanato, e já pesquisado por Ghavami (2017).

Figura 20 - a) Peças secas; b) e c) Divisão das taliscas com facão.



a)



b)



c)

Fonte: Autor (2024)

Figura 21 - Taliscas divididas

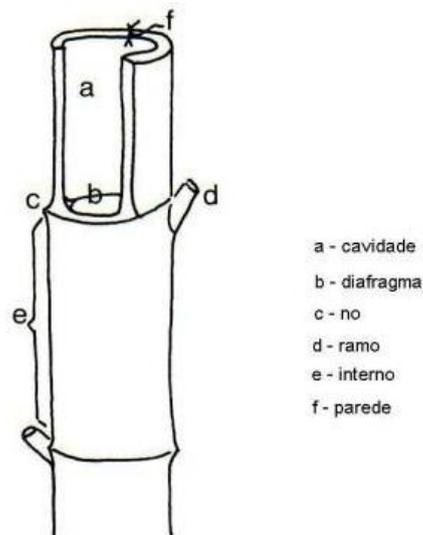


Fonte: Autor (2024)

Realizado o corte do colmo com aproximadamente 2 cm de largura para cada talisca, usando facão para partir o colmo, buscando preservar as fibras ao longo das taliscas.

Feito o dimensionamento das taliscas, observou-se que os mesmos ficaram ligeiramente mais estreitos em direção ao meio do colmo, assim como a espessura (Figura 21). As taliscas que possuíam marcas de nascimento de ramos foram descartadas por apresentar fragilidade.

Figura 22 – Partes do bambu



Fonte: Pereira (2024)

Foi produzido 32 amostras de taliscas para concretagem no total, sendo divididos em 4 conjuntos, ou seja, 2 conjuntos da base e 2 conjuntos do topo respectivamente.

A identificação da idade da vara de bambu ocorreu por sua aparência, o que diferencia no grau de lignificação das paredes do bambu e consequentemente na sua resistência mecânica. Esta caracterização é documentada por Ghavami (2017) para a correta identificação dos colmos apropriados para obter o melhor desempenho mecânico dos mesmos.

A tabela abaixo mostra as dimensões encontradas de acordo com a amostra coletada em campo. Destas amostras foram retiradas amostras da base e do topo das varas de bambu coletadas.

A Tabela 4 indica respectivamente, a idade aproximada da vara de bambu, a espessura da parede do colmo e seu diâmetro externo, respectivamente. O comprimento refere-se ao comprimento útil da vara coletada, isto é, excluindo a seção inicial da vara e a seção do topo, ambos com diferenças maiores que 10% no comprimento entre nós e/ou diâmetro externo.

Tabela 4 - Caracterização das duas varas de bambu.

Descrição	Seção		
	Base(B)	meio	Topo(T)
vara bambu com aprox. 3 anos			
Diâmetro externo (mm)	68	67	65
Distância entre nós (cm)	33,5	36	37
comprimento da vara (m)	3,27		
vara bambu com aprox. 4 anos			
Diâmetro externo (mm)	67	68	61,5
Distância entre nós (cm)	35,5	39	41
Comprimento da vara(m)	4,7		

Fonte: Autor (2024)

As amostras coletadas apresentaram diâmetros externos entre 61,5 e 68 mm, sendo desprezados os extremos com variação maior que 10% do meio da vara. Mesmo com o diâmetro externo inferior a 80mm, as peças apresentaram boa maturidade e formação das paredes internas com espessuras menor que 10 mm na base e maior que 4 mm no topo.

A parede externa do bambu, mesmo apresentando sujidades e vestígios de ataque de fungos, foi preservada no seu estado natural, não sendo lavado ou escovado para a retirada destas sujidades. Esta condição poderá impactar negativamente na aderência ao concreto.

Foi realizado a limpeza a seco das taliscas usando bucha vegetal, com a finalidade apenas de retirada do pó que se forma na parede interna do bambu (Figura 23).

Como pode ser observado nas figuras abaixo, a região dos nós do colmo foram relativamente preservadas, retirando-se apenas o diafragma central, e assim aproveitando esta característica para contribuir na ancoragem do bambu ao concreto.

Também pode ser observado que as paredes laterais em que foram feitas as divisões das taliscas tem aspecto não liso, o que pode contribuir na ancoragem.

Figura 23 - Limpeza das taliscas com bucha vegetal



Fonte: Autor (2024)

Algumas amostras foram divididas no meio afim de aumentar a área de adesão, conforme mostrado na Figura 24.

A expectativa de haver o preenchimento da região dividida com o concreto, o que além de aumentar a área de contato com o concreto, também haveria um ângulo de extração da talisca, o que poderia contribuir para a ancoragem ao concreto.

Figura 24 - Talisca bipartida

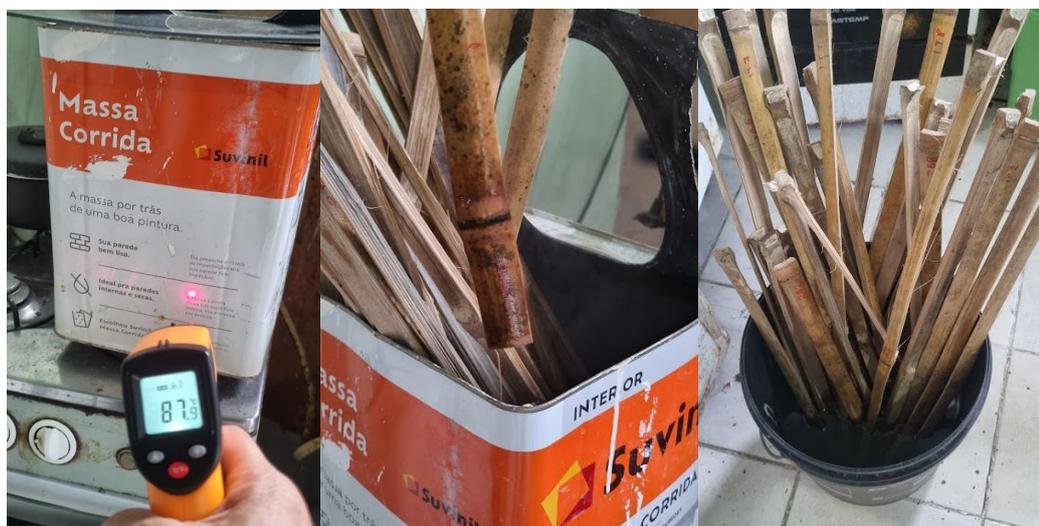


Fonte: Autor (2024)

5.2 TRATAMENTO PRESERVATIVO DAS AMOSTRAS

Após o preparo das taliscas, foi realizado o dimensional das peças. Após, realizou-se o tratamento químico utilizando ácido bórico/bórax na proporção de 2% diluído em água da torneira, o qual foi levado ao fogo em fogão (Figura 25). Após alcançar a temperatura próxima de 90°C, colocou-se todas as amostras para tratamento por 30 minutos em solução quente e após, foram depositadas em solução morna por mais 20 minutos.

Figura 25 - Tratamento químico quente / frio



Fonte: Autor (2024)

A Tabela 5 mostra a coleta da temperatura em diversos momentos do tratamento químico. O banho quente no tempo zero é o momento que as amostras foram colocadas no banho quente, e a partir de então foi feito o acompanhamento da temperatura por 30 minutos.

Após, da mesma forma foi feito no banho frio, feito acompanhamento por 20 minutos, quando o banho alcançou temperatura próxima ao da solução.

Tabela 5 - Temperatura no tratamento químico

processo de banho quente	Aquecim. Inicial	Em tratamento químico			
tempo (minutos)	0	0	12	20	30
temperatura (°C)	87,6	83,5	88,6	89,1	87,4

processo de banho frio	Início	Em tratamento	
tempo (minutos)	0	0	20
temperatura (°C)	29,3	32,9	31,5

Fonte: Autor (2024)

A temperatura da solução caiu apenas 4,1 graus com a introdução das taliscas, mantendo-se relativamente estável durante todo o tratamento químico que durou 30 minutos. O tratamento a frio provocou o choque térmico, reduzindo a temperatura das taliscas rapidamente, permitindo o fechamento dos poros do bambu, o que deve reduzir a formação de bolhas em seu interior, retendo o químico para maior durabilidade.

O tratamento a quente apresenta coloração da água escura (Figura 26), o que indica que houve a retirada de seiva do bambu durante o processo de tratamento a quente. A solução do banho frio não aparenta mudança na coloração.

Não foi realizado análise química destas soluções pós tratamento, para fins de identificação dos compostos que estavam diluídos, e não foi coleta de amostras de bambu para analisar sua composição química afim de avaliar a presença de amido residual e outros compostos da lignina que podem agir negativamente na reação com o concreto.

Figura 26 - Solução após o tratamento do bambu quente / frio



Fonte: Autor (2024)

As taliscas foram submetidas ao tratamento somente na seção que seria concretada (Figura 25), isto é, feito parcialmente, o que pode ter influenciado na formação de fungos durante a cura úmida do concreto nas taliscas nas regiões não tratadas quimicamente.

Como os baldes utilizados não permitiam a imersão completa da talisca, não foi possível realizar o tratamento completo, mas isso foi benéfico para a pesquisa porque permitiu que fosse observado o ataque de fungos na região que não havia sido tratado quimicamente, mostrando que o tratamento foi eficaz.

Em seguida, as taliscas foram dispostas com a parte tratada para cima (Figura 27), em local fresco sob sombra para secagem durante um mês.

Figura 27 - Secagem das taliscas pós tratamento

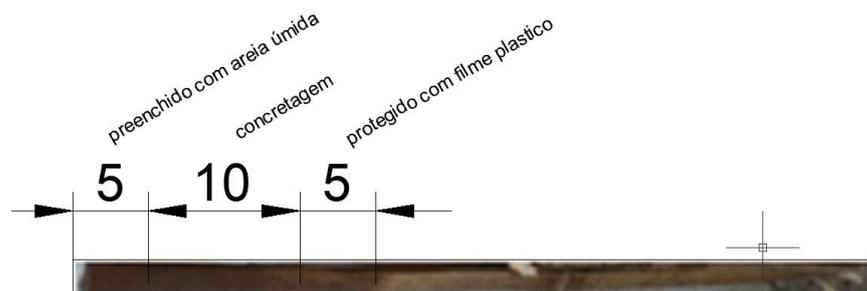


Fonte: Autor (2024)

A aproximadamente 5 cm da base foi considerada o início da concretagem, a 15 cm, considerado o topo da concretagem. Pode ser observado que as taliscas apresentaram pequena variação dimensional ao longo de seu comprimento com tendência a aumentar do meio do entrenó em direção ao nó do bambu.

Conforme mostra na Figura 28, foi preenchido a camada de 5 cm iniciais com areia úmida, em seguida feito a concretagem de 10 cm de altura, com a talisca envolvida com filme plástico nos extremos superior e inferior para proteger do concreto para delimitar o trecho concretado.

Figura 28 – seções da talisca que foi concretada



Fonte: Autor (2024)

A Tabela 6 mostra as medidas dimensionais coletadas antes do tratamento químico nas amostras coletadas seção da base (1B) e do topo (1T) da vara de bambu, na condição de bipartida (Figura 24) e normal. Foi feito medição em dois pontos.

Tabela 6 - medidas das taliscas bipartida / normal

amostra 1B (base)	espessura parede t1(mm)	largura talisca s1(mm)	espessura parede t2(mm)	largura talisca s2(mm)	Condição amostra	área lateral (mm ²)
1	8,2	18,8	7,5	19,2	amostra bipartida	5370
2	7,8	19,8	7,2	19,9		5470
3	9	19	8,6	19,5		5610
4	9	23,8	8,5	23,8		6510
5	8,2	18,4	7,5	18,2	normal	5230
6	9	23,5	8,6	23		6410
7	8,5	20,5	8,2	20,2		5740
8	8,5	21	8	20,5		eliminada
9	8,5	19	8,1	19,8		5540

amostra 1T (topo)	t1(mm)	s1(mm)	t2(mm)	s2(mm)	Condição amostra	área lateral (mm ²)
1	4,3	19	4	18,2	amostra bipartida	4550
2	4,4	19,4	4,2	18,8	amostra bipartida	4680
3	4,7	21	4,5	20,6	amostra bipartida	5080
4	5	22,6	4,8	22,5	normal	5490
5	4,8	19,4	4,4	20	amostra bipartida	4860
6	4,8	19,5	4,5	19,2	normal	4800
7	4,6	16,6	4,6	16,8	normal	4260
8	4,4	20,9	4,2	20,1	normal	4960

Fonte: Autor (2024)

A Tabela 7 e Tabela 8 apresentam as medidas encontradas antes do tratamento químico, nas taliscas com nó e sem nó, respectivamente, retiradas da seção da base (2B) e topo (2T) da vara de bambu, onde foi observado que a espessura é maior nestas amostras por estarem mais próximos dos nós.

Tabela 7 - medidas das taliscas com nó/sem nó

amostra 2B (base)	t1(mm)	s1(mm)	t2(mm)	s2(mm)	região do nó		área lateral (mm ²)
					t(mm)	s(mm)	
1	9,2	21,6	10	25,2	18,3	26,5	6600
2	9	24,4	9,5	24,9	17,8	28	6780
3	8,2	19,5	8,7	21	16,5	21,1	5740
4	8,8	20,9	9	21,5	18,2	22,5	6020
5	9,5	19,7	9,2	19,9	sem nó		5830
6	9,8	24,1	9,5	24,2			6760
7	10	21,1	9,8	21			6190
8	8,2	22	8,1	22,3			6060

Fonte: Autor (2024)

Tabela 8 – Medidas das taliscas sem nó / com nó

amostra 2T (topo)	t1(mm)	s1(mm)	t2(mm)	s2(mm)	t(mm)	s(mm)	área lateral (mm ²)
1	4,3	19	4	18,2	Com nó		4550
2	4,4	19,4	4,2	18,8			4680
3	4,7	21	4,5	20,6			5080
4	5	22,6	4,8	22,5			5490
5	4,8	19,4	4,4	20	sem nó		4860
6	4,8	19,5	4,5	19,2			4800
7	4,6	16,6	4,6	16,8			4260
8	4,4	20,9	4,2	20,1			4960

Fonte: Autor (2024)

Pode-se observar pelas tabelas 7 e 8 que, como as taliscas foram obtidas pelo processo de partição, as larguras s1 e s2 não são iguais e apresentam pequena variação. As espessuras t1 e t2 também apresentam pequena variação mostrando que o bambu não mantém a espessura ao longo de sua estrutura no colmo.

Há também grande variação dos dimensionais quando comparados entre as amostras da base e do topo dos colmos, e a região do nó possui uma saliência que altera o seu dimensional nesta região, conforme consta na Tabela 7.

5.3 PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA DE BAMBU COM CONCRETO

Na concretagem das amostras foram realizadas seguindo a tabela de preparação para Fck 25 Mpa. No entanto, o plastificante adquirido não apresentou boas propriedades, e o concreto não apresentou boa plasticidade, havendo necessidade de aumentar a quantidade de água no preparo. A produção foi realizada no laboratório de Materiais de construção do Departamento Acadêmico de Infraestrutura (DAINFRA) – IFAM/Campus Manaus Centro (CMC).

Primeiro colocou-se cerca de 5 cm de areia úmida no fundo da garrafa pet, procedeu-se à concretagem com 10 cm de altura na garrafa pet (Figura 29), protegendo as taliscas com filme plástico os dois extremos da seção concretada, de modo que seja garantido a aderência somente na região concretada (Figura 28).

A centralização das taliscas dentro da garrafa foi feita visualmente, apresentando um pouco de excentricidade em relação à garrafa porque as taliscas não apresentaram retitude perfeita.

Figura 29 - preenchido com areia úmida no fundo para deixar uma ponta livre.



Fonte: Autor (2024)

Os corpos de prova apresentaram “bicheiras” por falta de plasticidade do concreto, por ineficiência do plastificante adicionado no preparo do concreto (Figura 30Figura 31Figura 31). Este fato ocorreu também nas amostras produzidas nas garrafas pet (Figura 31Figura 30Figura 31).

Figura 30 - Corpo de prova padrão para teste compressão.



Fonte: Autor (2024)

Figura 31 - Corpo de prova concretada



Fonte: Autor (2024)

5.4 AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DOS CORPOS DE PROVA.

Foram produzidos 3 corpos de prova padrão para avaliar a resistência à compressão axial do concreto produzido, conforme a Figura 32Figura 30, pertencente ao laboratório de Resistências dos Materiais do Departamento Acadêmico de Infraestrutura (DAINFRA/CMC). O equipamento usado foi máquina universal mecânica, fabricante Contenco, modelo UMC 60, com célula de carga de 60 Tf, e a velocidade usada foi de 0,45 MPa/s.

Figura 32 - Ensaio de resistência à compressão axial



Fonte: Autor (2024)

Após 28 dias, foi realizado o ensaio de resistência à compressão axial. Aplicando a orientação da seção 6.2.3.2, da ABNT (2015), desprezando-se o resultado da amostra 3 por ter sido submetido 3 vezes ao teste de compressão para realizar os ajustes no equipamento, adotou-se a fórmula da seção 6.2.3.3:

$$F_{ck_{est}} = \Psi_6 \times f_1 \quad (1)$$

Onde $\Psi_6=0,82$ (condição de preparo A) para $n=2$, f_1 é a resistência à compressão média dos corpos de prova.

A Tabela 9 apresenta os resultados de ensaio dos corpos de prova padrão. obteve-se o resultado de $F_{ck_{est}}=9,29$ Mpa, aplicando-se a formula (1) para $n=2$.

Tabela 9 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão a 28 dias, dos corpos de prova padrão (MPa)

Amostras	Resistência à compressão (MPa)
1	10,51
2	12,14
3	8,8

Fonte: Autor (2024)

O menor valor encontrado foi de 10,51 MPa, e o maior valor em 12,14 MPa, com variação percentual de 15%, apresentando um resultado bem abaixo do preparo inicial elaborado para 25 MPa.

O concreto preparado apresentou deficiências quanto à sua plasticidade, por não ter sido adicionado um plastificante adequado na dosagem, conforme recomendado, e isso afetou nos resultados de resistência à compressão, apresentando muita “bicheira” nos corpos de prova.

O plastificante foi comprado a granel em uma loja de material de construção, não tendo sido possível identificar a marca do produto adquirido. Posteriormente na aplicação se mostrou ineficaz e não foi possível obter a trabalhabilidade necessária do concreto.

Foi observado na Figura 33, que após a tração do bambu houve o rompimento das fibras em contato com o concreto, mostrando que houve boa interação entre os dois materiais, não sendo observado a retração do bambu dentro do concreto.

Figura 33 - Corpo de prova pós tração



Fonte: Autor (2024)

A concreto foi rompido para verificar as condições do bambu dentro do concreto, o que pode ser observado na Figura 34, sem vestígios de ataque de fungos na seção tratada.

Figura 34 - Seção concretada sem vestígios de fungos



Fonte: Autor (2024)

Pode ser observado na Figura 35, que houve o rompimento da “casca” do bambu, indicando forte aderência do bambu ao concreto. Também podemos verificar a ausência de vestígios de fungos.

Figura 35 - Bambu pós tração



Fonte: Autor (2024)

As taliscas bipartidas apresentaram muita falha de preenchimento (Figura 36), mostrando que esta condição apresenta dificuldades na concretagem. Mesmo considerando que o concreto tenha boa plasticidade, haveria a limitação decorrente do tamanho dos agregados para o bom preenchimento da região bipartida, além de que a região fica com a abertura no sentido contrário da concretagem, isto é, a abertura fica para baixo.

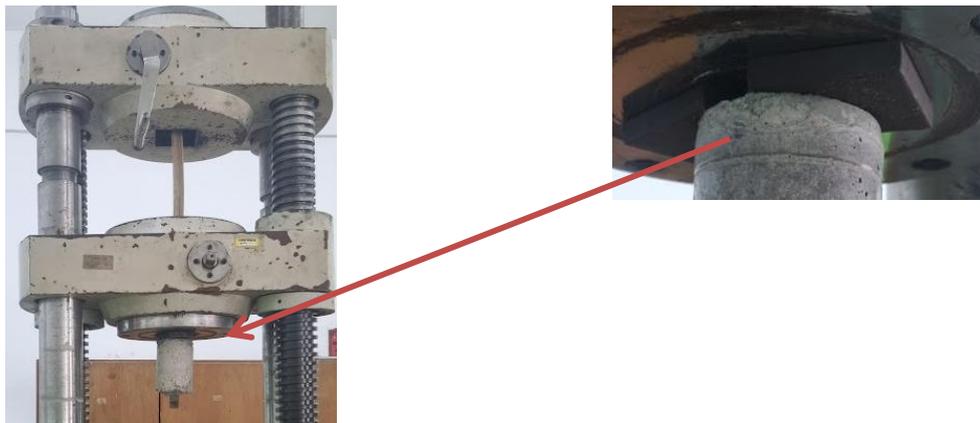
Figura 36 - Detalhe da concretagem da talisca bipartida



Fonte: Autor (2024)

Na máquina manual de tração (Figura 37), houve dificuldade para o assentamento do corpo de prova, dificuldade para fixação da talisca de bambu na garra superior da máquina, e somente algumas amostras foram possíveis de romper devido ao comprimento de talisca necessária para alcançar a garra de fixação da máquina.

Figura 37 - Máquina manual de tração



Fonte: Autor (2024)

Os ensaios de tração foram realizados em 10 amostras do topo, obtendo os seguintes resultados para tensão de aderência (Tabela 10Tabela 10), desconsiderado as amostras 1 e 7 que apresentaram valores com desvios elevados em relação ao lote:

- a) amostra bipartida: $f_{t\text{médio}} = 1,83 \text{ Mpa}$

b) amostra normal: $f_{t\text{méd}} = 1,72 \text{ Mpa}$

Tabela 10 Resultados de resistência à tração do bambu e tensão de aderência calculada.

amostra 1T (topo)	Condição amostra	área lateral (mm ²)	Máxima tração suportada (Tf)	tensão aderência (Mpa)	área seção transversal (mm ²)	tensão max bambu (MPa)
1	amostra bipartida	4550	0,37	0,81	72,80	50,82
2	amostra bipartida	4680	0,97	2,07	78,96	122,85
3	amostra bipartida	5080	1,01	1,99	92,70	108,95
4	normal	5490	1,00	1,82	108,00	92,59
5	amostra bipartida	4860	0,70	1,44	88,00	79,55
6	normal	4800	0,60	1,25	86,40	69,44
7	normal	4260	0,31	0,73	77,28	40,11
8	normal	4960	1,04	2,10	84,42	123,19
média =	bipartida	4.873,33	0,89	1,83	86,55	103,78
	normal	5.083,33	0,88	1,72	92,94	95,08

Fonte: Autor (2024)

Para os cálculos, foram desprezadas as áreas internas da face bipartida, e pode ser observado que a contribuição desta ancoragem foi mínima, com cerca de 6% de aumento na aderência, para uma variação de 9% na tensão máxima do bambu, o que parece indicar que estas diferenças estão mais relacionadas à dispersão dos resultados encontrados em função da concretagem, irregularidades entre as peças e ângulo de extração do concreto.

Outros fatores também podem ter contribuído para esta variação. Portanto, podemos supor que esta diferença não pode ser diretamente relacionada com a diferença de ancoragem. Isto pode ser observado pelos valores individuais encontrados nas amostras.

Outras condições de ancoragem foram executadas na concretagem, mas devido às limitações de distância entre as garras de fixação da máquina, não foi possível realizar os ensaios mecânicos, e assim não foi possível efetuar a comparação com estas condições.

Considerando que o módulo de elasticidade aproximado do bambu seja de 14 GPa, equivale a um alongamento teórico de cerca de 7 mm/m, e, portanto, de 0,7 mm em 10cm da seção que foi concretado.

As amostras bipartidas apresentaram uma tensão de aderência mínima de 1,44 MPa, máxima de 2,07 MPa, e média igual a 1,83 MPa com desvio padrão de $\pm 0,28$ MPa.

As amostras normais apresentaram tensão de aderência mínima de 1,25 MPa, máxima de 2,10 MPa, e média igual a 1,72 MPa com desvio padrão de $\pm 0,35$ MPa.

Este resultado pode estar relacionado com a talisca de bambu que não possui exatamente o mesmo perfil em todas as peças produzidas, bem como sua rugosidade superficial, mas também pode ter influência do concreto preparado que apresentou baixa plasticidade e provocou falhas no preenchimento na concretagem.

De acordo com a ABNT (2023), a resistência de aderência entre a armadura e o concreto na ancoragem de armaduras passivas deve ser obtida pela seguinte expressão:

$$F_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd}$$

Onde:

$$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_c$$

$\eta_1 = 1,0$ para barras lisas;

$\eta_1 = 1,4$ para barras entalhadas;

$\eta_2 = 1,0$ para situações de boa aderência;

$\eta_2 = 0,7$ para situações de má aderência;

$\eta_3 = 1,0$ para $\varphi < 32$ mm;

onde: φ é o diâmetro da barra, em milímetros.

γ_c - Coeficiente de ponderação da resistência do concreto

$$f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ct,m}$$

$$f_{ct,m} = 0,3 f_{ck}^{2/3}$$

Comparando o bambu com as barras lisas, obtém-se para as barras lisas:

$$F_{bd} = 1 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 0,3 \times (9,29)^{2/3} / 1,4 = 0,66 \text{ MPa}$$

Para barras nervuradas tem-se:

$$F_{bd} = 1,4 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 0,3 \times (9,29)^{2/3} / 1,4 = 0,93 \text{ MPa}$$

Portanto, os resultados teóricos para barras lisas e nervuradas são menores que a tensão média encontrada com a utilização do bambu normal, no valor de 1,72 MPa e desvio padrão de $\pm 0,35$ MPa. Este resultado é também superior ao resultado encontrado por Mesquita *et al.* (2006), que obteve tensão média de 1,41 MPa com desvio padrão de $\pm 0,29$ MPa para concreto de 25 MPa com taliscas de 20mm de largura. O que indica a possível aderência do bambu ao concreto mostrou-se eficaz no tratamento proposto, mesmo com o problema da baixa resistência do concreto preparado.

A hipótese inicial de bipartir a talisca não produziu resultados significativos, apresentando uma tensão média de 1,83 MPa, cerca de 6% maior que a talisca na condição normal, e apresentou problemas para o preenchimento dos vazios na concretagem, o que torna esta solução inadequada para elevar a aderência ao concreto.

A tensão de aderência de projeto da barra lisa para 25 MPa encontrado por Mesquita *et al.* (2006) foi de 1,6 MPa, e para o bambu adotou coeficiente de segurança de 2,15. Aplicando este coeficiente para o resultado encontrado nesta pesquisa (1,72 MPa), tem-se a tensão de aderência de projeto para o bambu em 0,74 MPa, e portanto, 50% menor que para o aço.

Os resultados encontrados indicam que o tratamento preservativo proposto nesta pesquisa não apresentou efeitos negativos na aderência do bambu ao concreto, e contribuiu para oferecer um tratamento mais acessível com baixo custo.

6 CONCLUSÃO

Esta pesquisa objetivou avaliar as diferenças da resistência à tração por aderência ao concreto, para diferentes condições de ancoragem do bambu ao concreto, a saber, elevando a área de aderência com bipartição da talisca, e inclusão da seção do nó na concretagem, comparando com amostra padrão sem nó e sem bipartição, com a aplicação de tratamento preservativo

A dificuldade de literatura técnica para coleta de bambu na maturidade ideal para cada aplicação, mesmo nas normas ABNT (2020a) e ABNT (2020b) recém publicadas, mostram o quanto ainda há para o aperfeiçoamento dos padrões de manuseio deste material para fins de aplicação na construção civil. Estas normas de bambu orientam apenas que a coleta de bambu seja feita por um especialista que saiba identificar os mesmos.

As variedades de bambu encontradas na região são limitadas, sendo predominantemente da variedade *bambusa vulgaris*, por ter uma aplicação ao paisagismo. A construção civil requer que outras variedades também sejam cultivadas nas proximidades de sua aplicação para que se obtenha as vantagens logísticas na utilização do bambu.

A ausência de beneficiamento de madeira com equipamentos de tratamento de conservação de madeira em dimensões adequadas limita a sua aplicação, restringindo aos métodos artesanais para o tratamento do bambu, alvo desta pesquisa, e que se demonstrou eficaz pelo período que ficou imerso na água.

A utilização de taliscas de bambu tem-se mostrado promissor por suas características de resistência à tração e compressão, podendo-se fazer uma prospecção futura na substituição inicial das armaduras passivas, recomendando-se sempre o tratamento químico para garantir sua integridade ao longo do tempo.

O fato de as taliscas apresentarem espessuras maiores próximos aos nós devem ser observados na produção de peças para concretagem, para que os nós fiquem sempre mais próximos aos extremos das peças a serem concretadas para se beneficiar desta característica na aderência.

Os ensaios de tração apresentaram resultados positivos, com viabilidade para sua utilização no concreto armado, pois a perda de aderência só ocorreu após o bambu ter sido

submetido à carga próxima de 100 MPa, indicando que o tratamento preservativo proposto apresentou viabilidade, não apresentando efeitos negativos na aderência do bambu ao concreto.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 5739: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2023.

ABNT. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. NBR 15575-1: **Edificações habitacionais – desempenho. Parte 1: requisitos gerais**, p.81. Rio de Janeiro, 2024.

ABNT. NBR 16828-1: **Estruturas de bambu - Parte 1: Projeto**. Rio de Janeiro, 2020a.

ABNT. NBR 16828-2: **Estruturas de bambu - Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu**. Rio de Janeiro, 2020b.

ABNT. NBR 16938: **Concreto reforçado com fibras - Controle da qualidade**. Rio de Janeiro, 2021a.

ABNT. NBR 16939: **Concreto reforçado com fibras - Determinação das resistências à fissuração e residuais à tração por duplo puncionamento - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2021b.

ABNT. NBR 16941: **Fibras de vidro álcali-resistentes (AR) para concreto e argamassa - Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2021c.

ACOSTA, Caio Cesar Veloso; CARBONARI, Gilberto. **Laje mista de bambu-concreto leve: Estudo teórico e experimental**. In: **MIX SUSTENTÁVEL**, Universidade federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 48-56, 2017.

AUERSVALDT, Bianca Lara; LAY, Luís Antonio; MIRANDA, Thales Liebl. **Incorporação de Fibras Vegetais de Bambu ao Concreto em Substituição à Fibras Sintéticas**. In: **IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Ponta Grossa, p. 1-12, 2019.

BERALDO, A. L. **Bambucreto - o uso do bambu como reforço do concreto**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 16, 1987, Jundiaí, v.2, p.521-530, 1987.

BERALDO, Antonio L.; ALEIXO, Luíz Roberto P. **Bambu: características e aplicações na construção civil e em arquitetura**. 1ª edição. Bauru, SP, 2019.

BHALLA S., Sudhakar P.; Suresh, Rupali; Gupta, Narender Kumar. **Bamboo as green alternative to concrete and steel for modern structures**. In: **JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND DEVELOPMENT**. v.3, n 2, 2008.

CARVALHO, Carlos Mavíael de; BARBOZA, Normando Perazzo; ULISSES, Targino Bezerra; TARCISO, Binoti Simas; OLIVEIRA, Ana Clara; MAGALHÃES, Gustavo Moreira. **Estudo da utilização do bambu na composição do concreto**. The Journal of Engineering and Exact Sciences – jCEC, Universidade Federal de Viçosa, v. 7, N. 01, 2021.

CATEB, Lucas Carvalho. **Concreto com armadura de fibra de vidro**. 2011. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil - Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2011.

DAL BOSCO, Victor Ivan; SILVA, Bruno do vale; TROIAN, Paula; BARBOSA, Monica Pinto. **Comparativo experimental entre os métodos de ensaios pull-out e push-out para determinação da tensão de aderência aço-concreto**. In: **54º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO**. Maceió, 2012.

DANTAS, Jéssica. A.; SOUZA, Daniel. A.; FIGUEIREDO, Antonio. D.; MONTE, Renata. **Sistemas parede de concreto moldado no local com concreto com fibras**. In: **WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS**, 3., 2021. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1–6. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/tecsic/article/view/1327>. Acesso em: 25 dez. 2024.

CARVALHO, Carlos Mavíael; FERREIRA, Ana Clara Oliveira de Sousa; BARBOZA, Normando Perazzo; BEZERRA, Ulisses Targino; MAGALHÃES, Gustavo Moreira. **Estudo da utilização do bambu na composição do concreto**. In: **THE JOURNAL OF ENGINEERING AND EXACT SCIENCES**, v. 7, n. 1, p. 12134-01-13e, Universidade e Conectividade: Conhecimento e Interação com a comunidade Santana do Araguaia, 2021.

CTE. **Sustentabilidade na Construção Civil: Conceitos e tendências**. Centro de tecnologia de edificações - CTE, 2020. Disponível em: <https://cte.com.br/blog/sustentabilidade/sustentabilidade-na-construcao-civil-conceitos-e-tendencias/>. Acesso em: 16 dez. 2024.

DISCHER, Marcos Gottschalg; FORTES, Adriano Silva; ARAÚJO, Marcio Luis Valença. **A Utilização do Concreto Estrutural com Adição de Fibras não Metálicas na Construção Civil, uma Prospecção Tecnológica**. Cadernos de Prospecção, v. 16, n. 3, p. 745-760, Salvador, 2023.

ENTENDA os tipos de Tratamento de Madeira e seu impacto na vida útil deste material. PROMADJR. Itapeva, jul. 2020. Disponível em: <https://www.promadjr.com/post/tratamento-de-madeira-entenda-os-tipos-e-seu-impacto>. Acesso em: 16 dez. 2024.

FERRÃO, A. M; FREIRE, W. J. **Aderência entre bambu e concreto: teste de arrancamento com taliscas de Bambusa tuldoides**. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 5, Belo Horizonte, 1995, v.2, p.389-398.

FERREIRA, Beatriz dos Santos; CODÁ, Amaro. **A Utilização de Taliscas de Bambu como Reforço da Armadura em Vigas de Concreto Armado**. In: **GESTÃO E GERENCIAMENTO**, Núcleo de Pesquisas em Planejamento e Gestão, politécnica UFRJ, v. 12, n. 12, p. 12-24, 2020.

FERREIRA, Gisleiva Cristina dos Santos. **Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu Dendrocalamus Giganteus**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2007.

GASQUES, Ana Carla Fernandes; OKAWA, Cristhiane Michiko Passos; DE ANGELIS NETO, Generoso; MIOTTO, José Luiz; DE CASTRO, Tainara Rigotti. **Impactos ambientais dos materiais da construção civil: breve revisão teórica**. Revista Tecnológica Maringá, v. 23, p. 13-24, 2014.

GHAVAMI, K; Hombeck, R. V. **Mechanical properties and water-repellent treatment of bamboo**. In: Latin American Symposium Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing. São Paulo: IPT/CIB, 1981. v.1, p.49-55.

GHAVAMI, K. **Ultimate load behavior of bamboo-reinforced lightweight concrete beams.** *Cement and Concrete Composites*, London, v.17, n.4, p.259-351, 1995.

GHAVAMI, Khosrow; BARBOSA, Normando Perazzo; MOREIRA, Luis Eustáquio. **Bambu como material de engenharia. Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: conforto ambiental, durabilidade e pósocupação**, Universidade Federal de Minas Gerais UFMG, Belo Horizonte, p. 305-348, 2017.

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; OSTAPIV, Fabiano; VITOR, Alexandre Oliveira; BENAVIDES, Andrea Salomé Jaramillo. **Bambu caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil.** Virtuhab, 204p. Florianópolis, 2019.

LIMA JR., H. C.; XAVIER, A. C.; BARBOSA, N. P.; TOLEDO FILHO, R. D. **Aderência bambu-concreto.** In: Congresso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2, 1996, Anais... Juiz de Fora: UFJF, 1996, v.1, p.312-323.

LIMA JUNIOR, Humberto C. Lima; MESQUITA, Ligia P.; FABRO, Gilmar; WILLRICH, Fábio L.; CZARNIESKI, Cleber J. **Vigas de concreto reforçadas com bambu *Dendrocalamus giganteus*. I: análise experimental.** In: **REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Cascavel, v. 9, n. 4, p. 10, 2004.

LIMA JUNIOR, Humberto C. Lima; WILLRICH, Fábio L.; FABRO, Gilmar. **Vigas de concreto reforçadas com bambu *Dendrocalamus giganteus*. II: modelagem e critérios de dimensionamento.** In: **REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Cascavel, v. 9, n. 4, p. 652-659, 2005.

LOPES, Wilza GR; FREIRE, Wesley J.; FERREIRA, Gisleiva C. dos S. **Ensaio de arrancamento e de empuxamento aplicados a taliscas de bambu encravadas em corpos-de-prova de solo-cimento.** In: **REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**, Universidade Federal de Campina Grande, v. 6, p. 504-510, 2002.

LORRAIN, M.; BARBOSA P. M.; SILVA FILHO, L. C. P. **Estimation of compressive strength based on Pull-Out bond test results for on-site concrete quality control.** *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais - RIEM*, São Paulo, v. 4, p. 582-591. 2011.

MARQUES, Sara Corrêa; LUIZ, Gabriel Andrade; DA SILVA, Thalles Gumieri. Emprego do bambu na construção civil. Revista **Portos: Por um mundo mais sustentável**, Epitaya E-books, v. 1, n. 12, p. 72-81, Cachambi – Rio de Janeiro, 2020.

MESQUITA, Ligia P.; CZARNIESKI, Cleber J.; FILHO, Antônio C. Braga; WILLRICH, Fábio L.; JÚNIOR, Humberto C. Lima; BARBOSA, Normando P. Determinação da tensão de aderência do bambu-concreto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 505-516, Cascavel, 2006.

MINTO, Fabricio M.; DE BRITO, A. Camargo; VITTORINO, F.; GHAVAMI, K.; PERAZZO, Barbosa; MOREIRA, L. Eustáquio (2017). **Bambu como Material de Engenharia**. In Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Conforto Ambiental, Durabilidade e Pós-Ocupação (pp. 305–348). João Pessoa, 2017.

MOTA, Izabel de Oliveira; PEREIRA, Michel de Azevedo; DAMACENA, Pedro Coelho; DOS SANTOS, Luiz Claudio Belmonte. **Estudo das propriedades físicas e mecânicas do bambu brasileiro (*Bambusa vulgaris vittata*) para aplicação na construção de sistemas hidráulicos alternativos de distribuição de água à baixa pressão**. In: **REVISTA DE ESTUDOS AMBIENTAIS**, v. 19, n. 1, p. 18-26, 2017.

NACCACHE, Anna Carolina Aiex; GHAVAMI, Khosrow. **Tratamentos do bambu como reforço em concreto**. Pontífice Universidade Católica - PUC Rio de Janeiro, p. 13, Rio de Janeiro, 2013.

NZAMBI, Aaron Kadima LukanuLwa; OLIVEIRA, Dênio Ramam Carvalho de; COÊLHO, Euclides Luiz Pires. **Análise experimental de pilares de concreto com armadura de bambu sob flexocompressão**. In: **AMBIENTE CONSTRUÍDO**, Universidade Federal do Pará, v. 24, p. e126982, Belém, 2023.

OLIVEIRA, Claiton Sommariva de; VITO, M. **Substituição total do aço, usando bambu como armadura de combate a flexão em vigas de concreto**. 2013. Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil. Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Criciúma, 2013.

PEREIRA, Marco Antonio dos Reis. **O bambu**. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pereira/bambu.htm>. Acesso em: 25 dez. 2024.

PIRES, Janaína Carlos; PEDROSA, Joyce vieira. **Estudo da resistência mecânica do concreto reforçado utilizando taliscas de bambu como substituto do aço**. 2019. Trabalho de conclusão de curso submetido ao curso de Engenharia civil da Unievangélica, Anápolis, 2019.

RÊGO, Rafael Mendes. **Utilização de materiais alternativos à base de madeira na construção civil**. 2008. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal para obtenção do título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

ROSA, Sylvia Pecegueiro do Amaral Pereira Da. **Análise teórica e experimental de colunas de concreto armado com bambu**. Dissertação de mestrado em Engenharia civil na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002.

SILVA, Bruno Do Vale. **Investigação do potencial dos ensaios APULOT e pull-out para estimativa da resistência à compressão do concreto**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista – UNESP, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Ilha Solteira, 2010.

SILVA, Nathalia Andrade da. **Estudo da aderência bambu-bioconcreto**. 2019. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

SOARES, Mirla Rafaela Torres Pinto; DOS SANTOS, Elizangela Cabral. **Materiais alternativos para a construção civil na zona urbana**. Trabalho de conclusão do curso de bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal rural do Semiárido – UFERSA, Mossoró, 2017.

TAVARES, Alysson José; BARBOSA, M. P.; BITTENCOURT, T. N.; LORRAIN, M. **Aderência aço-concreto: simulação numéricadosensaio de arranchamento pull-out e APULOT usando o programa ATENA**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 7, p. 138-157, São Paulo, 2014.

TEIXEIRA, Lucas Alves Silva; SIMPLICIO, Maria da Conceição Azevedo. **A modernização da Construção Civil através do uso do steel frame.** In: **BOLETIM DO GERENCIAMENTO**, Núcleo de Pesquisas em Planejamento e Gestão (NPPG) pertence à Escola Politécnica da UFRJ, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, 2018.

VICTOR, Dal Bosco; SILVA, Bruno Do Vale. **Comparativo experimental entre os métodos de ensaios pul-out e push-out para determinação da tensão de aderência aço-concreto.** In: Congresso Brasileiro do Concreto. Conference 54. Maceió, 2012.

YADAV, Madhura; ARUSHI, Mathur. **Bamboo as a sustainable material in the construction industry: An overview.** Materialstoday: Proceedings, Índia, v. 43, part 5, p, 2872 – 2876, 2021.