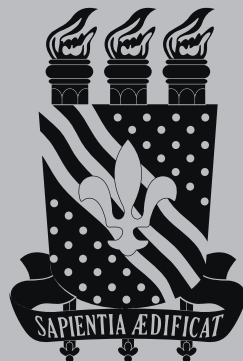


USO DO BAMBU

LAMINADO COLADO (BLC)

PARA CONDICIONAMENTO ACÚSTICO





UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

GIULAN ANTONIO RODRIGUES DE VASCONCELOS

USO DO BAMBU LAMINADO COLADO (BLC) PARA CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO PRODUZIDO
COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE BACHAREL EM ARQUITETURA E URBANISMO.
PROF. ORIENTADORA : DR^a GERMANA ROCHA

JOÃO PESSOA , _____ DE _____ DE _____.

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação



BANCA EXAMINADORA

(PROF. DR^a GERMANA ROCHA)
(ORIENTADORA)

(PROF. DR. NORMANDO PERAZZO BARBOSA)
(EXAMINADOR INTERNO)

(PROF. DR^a JULIANA MAGNA DA SILVA COSTA MORAIS)
(EXAMINADOR INTERNO)

JOÃO PESSOA | 2022

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que sempre me apoiaram em minhas decisões e sempre me incentivaram a seguir com os estudos. Esta conquista é para vocês.

Aos amigos que esse curso me trouxe, Beatriz Ribeiro, João Victor, Luiz Walter, Rayssa Alves e Taina Gonçalves. Agradeço os ótimos momentos que tivemos juntos e todo o aprendizado compartilhado. Em especial a Rayssa e Beatriz, que mesmo após formadas me disponibilizaram tempo para contribuir com este trabalho. Gratidão.

Aos professores do DAU – UFPB, que à sua maneira contribuíram com minha formação profissional. Meus mais sinceros agradecimentos.

A minha orientadora, Germana Rocha, que me estendeu a mão nos momentos mais difíceis desse trajeto e que não desistiu de mim mesmo quando eu mesmo já o tinha feito. Serei eternamente grato pelos ensinamentos e por todos os momentos compartilhados.

RESUMO

O presente trabalho tem como finalidade realizar uma proposta, em nível de estudo preliminar, de um painel em Bambu Laminado Colado (BLC) + fibra de coco para condicionamento acústico de espaços arquitetônicos internos. O intuito do projeto é desenvolver um modelo com design que possibilita formas diversas de uso e seja capaz de reduzir as reverberações e ruídos de ambientes que necessitem de tratamento acústico. Estudos recentes mostram que além do seu caráter ecoeficiente e sustentável, o bambu se apresenta como material mais resistente do que madeiras convencionais (como carvalho e pinho), além de ser extremamente leve e atraente. Ressalta-se que, a partir da revisão da literatura, foi possível identificar as potencialidades do bambu como material absorvente. Entretanto, dada a importância, igualmente, de um produto com boa absorção de ruídos, é proposta a incorporação da fibra de coco por se tratar de um material com grandes potencialidades para esse fim. Para exemplificar uma aplicação do painel em BLC proposto, o trabalho apresenta uma simulação de sistema de forro acústico do tipo "nuvem" a ser instalado no Auditório do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, onde não há condicionamento acústico apropriado às atividades ali desenvolvidas.

O trabalho é finalizado com a execução de um protótipo do painel em BLC proposto, para futuras análises de desempenho pelo grupo de pesquisa do qual o autor faz parte.

Palavras - chave : bambu, acústica, fibra de coco, painel acústico

ABSTRACT

This paper aims to make a proposal, at the preliminary study level, of a panel in Glued laminated bamboo (Glum-Bam) + coconut fiber for acoustic conditioning of indoor architectural spaces. The purpose of the project is to develop a model with a design that allows various forms of use and is able to reduce reverberations and noise in environments that require acoustic treatment. Recent studies show that besides its eco-efficient and sustainable character, bamboo presents itself as a more resistant material than conventional woods (such as oak and pine), besides being extremely light and attractive. It is noteworthy that, from the literature review, it was possible to identify the potential of bamboo as an absorbent material. However, given the importance of a product with good noise absorption, the incorporation of coconut fiber is proposed because it is a material with great potential for this purpose. To exemplify an application of the proposed GlumBam panel, the paper presents a simulation of a "cloud" type acoustic lining system to be installed in the auditorium of the Technology Center of the Federal University of Paraíba, where there is no acoustic conditioning appropriate to the activities developed there.

The work is concluded with the execution of a prototype of the proposed GlumBam panel, for future performance analysis by the research group of which the author is part.

Keywords: bamboo, acoustic, coconut fiber, acoustic panel.

01

INTRODUÇÃO
OBJETIVOS
METODOLOGIA

SUMÁRIO

02

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

- 2.1 BAMBU
- 2.2 BAMBU LAMINADO COLADO (BLC)
- 2.3 ACÚSTICA ARQUITETÔNICA
- 2.4 FIBRA DE COCO

03

DESENVOLVIMENTO DO PAINEL

- 3.1 ANÁLISE DE CORRELATOS
- 3.2 ESTUDO PRELIMINAR DO PAINEL

PRODUÇÃO DO PROTÓTIPO
4.1 PRODUÇÃO DAS PLACAS DE BLC

04

SUMÁRIO

05

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO
5.1 AUDITÓRIO DO CENTRO DE
TECNOLOGIA DE UNIVERSIDADE FEDERAL
DA PARAÍBA

06

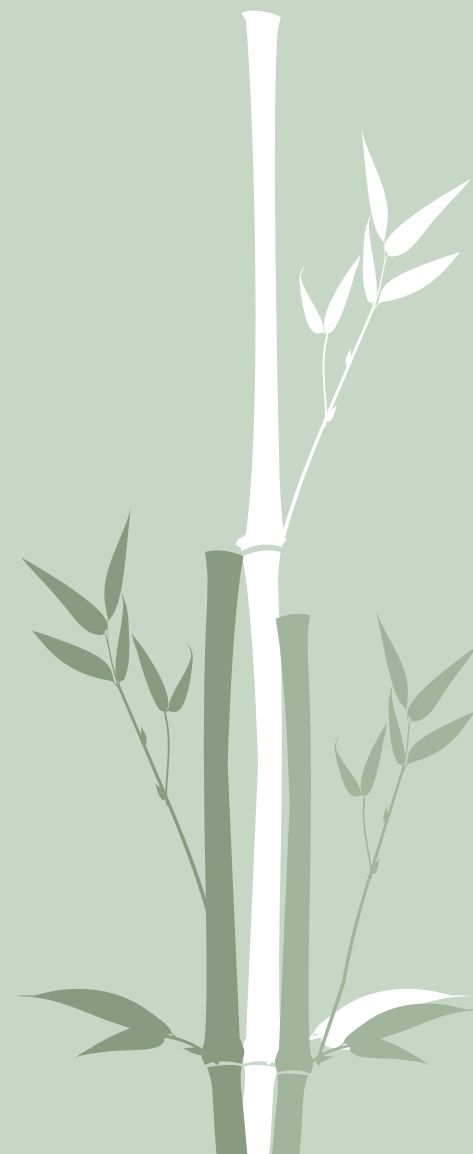
CONSIDERAÇÕES FINAIS
REFERÊNCIAS

01

INTRODUÇÃO

OBJETIVOS

METODOLOGIA



1. INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E METODOLOGIA

Considerando o impacto ambiental causado pelas construções edilícias em nosso planeta, nos últimos anos vem aumentando as discussões na arquitetura contemporânea sobre as questões ecológicas e a empregabilidade de recursos materiais e tecnológicos que possam minimizá-lo, visando o desenvolvimento sustentável. Neste sentido, pesquisas recentes apontam para a importância do uso do bambu na construção por se tratar de um material renovável, de baixo custo energético, ecologicamente correto e economicamente viável, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Essa gramínea, possui uma infinidade de aplicações desde alimentação, vestuário, mobiliário, veículos como a bicicleta, utensílios, vestuário, artesanato, produção de papel, serve para irrigação, renovação de áreas naturais degradadas, além de poder ser utilizado na construção dos vários elementos da arquitetura como estrutura resistente, alvenarias, divisórias, coberturas, forros, esquadrias, brises, entre outros, tanto o bambu em seu estado natural – o bambu colmo – como na forma de painéis prensados – o bambu laminado colado (BLC).

Neste aspecto, o bambu vem se destacando cada vez mais como material alternativo no setor industrial, em particular, na indústria da construção civil, principalmente em países asiáticos como a China e o Japão, por exemplo, pois se trata de uma planta de fácil cultivo, que não necessita de replantio e possui uma grande capacidade de crescimento em um curto espaço de tempo, estando pronto para o uso na construção civil em um tempo de 4 a 7 anos, após o nascimento do broto.

O bambu laminado colado (BLC), assim denominado, é constituído de ripas extraídas dos colmos e coladas entre si, tal processo cria ainda mais possibilidades de uso de tal matéria prima. De acordo com Moizes (2007), uma das possibilidades do emprego do BLC é na conformação de fechamentos verticais, que podem ser projetados e executados de diversas maneiras, com técnicas construtivas distintas. Sendo importante ressaltar, também, que suas características anatômicas proporcionam, para além do caráter estrutural, o seu uso como instrumento acústico – vertente bem menos explorada – dada sua composição fibrosa que “representa de 40% a 50% do tecido total do colmo e 60% a 70% de sua massa” (PADOVAN, 2010, p. 25), o potencializando como elemento absorvente.

O crescimento rápido e desordenado de nossas cidades traz consigo vários problemas para o ambiente urbano, no qual podemos destacar o ruído. Podendo ser entendido como uma oscilação sonora intermitente e aleatória, o ruído, quando em excesso, pode ser bastante prejudicial à saúde humana. Pesquisas apontam que a exposição constante e prolongada a ambientes ruidosos podem causar diversos malefícios ao seu usuários, indo desde perda da concentração e dificuldade de entendimento das comunicações até casos mais graves como: estresse, distúrbios gastrointestinais e perda total ou parcial da audição.

Neste sentido, o estudo da acústica arquitetônica se faz pertinente, sobretudo no que diz respeito aos materiais e métodos para condicionamento sonoro, seja ele

para grandes espaços, como auditórios; ambientes menores, como salas de aulas; ou até mesmo ambientes de trabalho. Estes materiais, quando incididos por uma onda sonora, se comportam de formas distintas quanto a absorção, podendo ser classificados como: Poroso e fibrosos, ótimos para absorção das altas frequências; ressoadores, eficazes na absorção de médias frequências; ou ressonantes, indicados para absorção das baixas frequências (BISTAFA, 2006). Assim, o conhecimento das propriedades de absorção destes materiais torna-se cada vez mais importante para o projeto arquitetônico, pois seu uso correto implicará em benesses diretas para o usuário destes ambientes.

Contudo, a ampla maioria de materiais para condicionamento acústico disponíveis no mercado são à base de materiais convencionais, como a madeira, sendo alguns deles provenientes de materiais não renováveis, como polímeros e fibras minerais. Felizmente, nos últimos anos vem se intensificando as pesquisas para a viabilização de materiais não convencionais para condicionamento acústico. Materiais como as fibras vegetais e seus derivados vem apresentando resultados promissores no campo da absorção sonora, assim como materiais oriundos da reciclagem de componentes descartados pela sociedade, como pneus e garrafas pet. Desse modo o uso destes materiais, para esta finalidade, pode acarretar em benefícios para o meio ambiente, uma vez que gera alternativas viáveis à exploração descontrolada de recursos naturais de nosso planeta.

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho consiste em desenvolver o protótipo de painel modular em BLC, preenchido com fibra de coco, para condicionamento acústico de espaços arquitetônicos. Tendo ainda como

bibliográfica realizada, infere-se que a estrutura física do bambu e da fibra de coco aliadas, podem colaborar para os potencializar como materiais eficazes na absorção acústica. Sendo assim, se faz pertinente a união de ambos os materiais em prol de um sistema direcionado ao condicionamento acústico de espaços arquitetônicos. Para além disso, vale salientar a importante contribuição na ampliação do conhecimento sobre o uso de materiais renováveis na arquitetura, em particular o bambu, colaborando para fomentar na comunidade acadêmica a relevância da ampliação técnica sobre o potencial expressivo e eco-eficiente dessa vertente material na arquitetura. Para alcançar os objetivos propostos a pesquisa será realizada em três principais etapas:

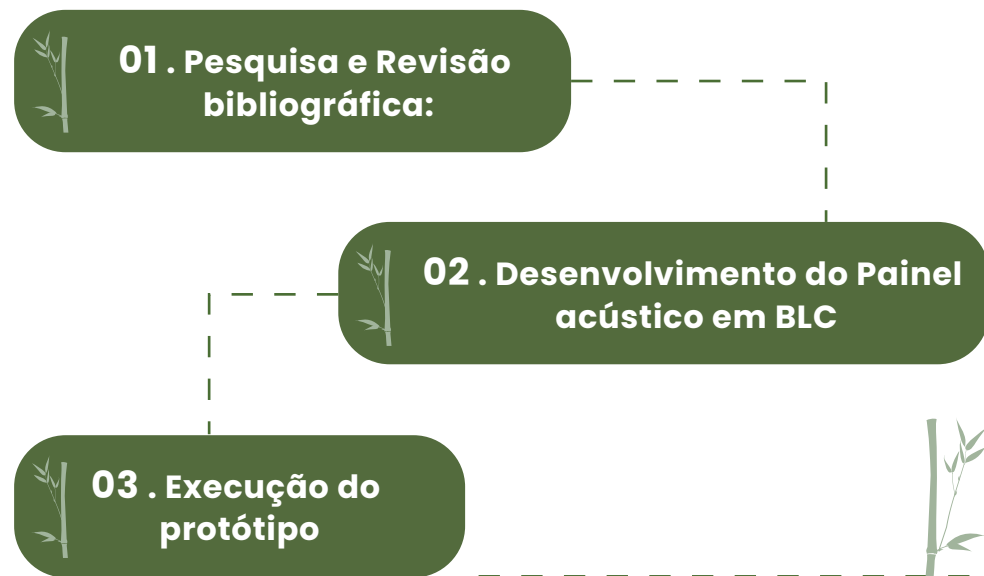


Figura 01 – Esquema de etapas do trabalho
Fonte: Produzido pelo autor.

A etapa 01 consiste na reunião de dados referentes às temáticas abordadas na pesquisa - Bambu; Fibra de coco e Acústica - com base em livros, dissertações, e artigos científicos em prol do devido embasamento teórico. A etapa 02 estabelece o processo de design do painel, fomentando o estudo de um formato que otimize os custos, agilize o processo de montagem e reduza os resíduos na inserção do sistema. Por fim, a última etapa consiste na confecção do protótipo que se dá com base nas seguintes fases: Colheita, Transporte e Secagem dos colmos; Corte dos colmos de bambu em ripas; Usinagem das ripas; Colagem e prensagem das ripas no formato da placa; Usinagem das placas e montagem do painel.



02

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

- 2.1** BAMBU
- 2.2** BAMBU LAMINADO COLADO (BLC)
- 2.3** ACÚSTICA ARQUITETÔNICA
- 2.4** FIBRA DE COCO



2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 BAMBU

Gramínea da subfamília bambusoideae, o bambu é atualmente conhecido entre pesquisadores como o “aço verde”, denominação que vem de sua capacidade físico-mecânica ao reconhecer que o colmo tem uma “resistência à tração x peso específico 2,77 vezes maior que a do aço” (MURAD, 2007, p. 22).

Tal gramínea apresenta mais de 120 gêneros e 1.600 espécies, distribuídas na maioria dos continentes do nosso planeta, com exceção da Europa, sendo 30% delas encontradas nas Américas conforme López (2003). Ademais, vale salientar que “o Brasil é líder de ocorrência nas Américas” (DRUMOND e WIEDMAN, 2017, p.13), detendo aproximadamente 200 espécies das 1.300 distribuídas ao longo do território global. Entretanto, apesar desse quantitativo e da Lei nº 12.484, de setembro de 2011, sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu, é perceptível a pouca inserção da gramínea em meio à arquitetura e à construção civil.

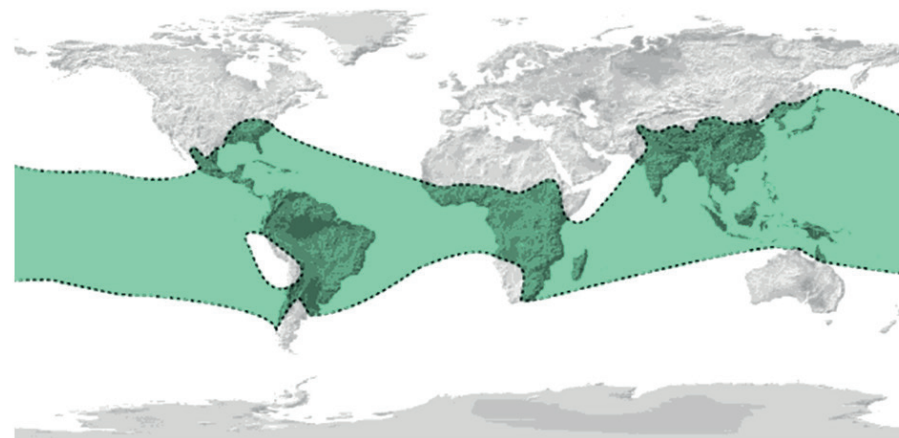


Figura 02 - Distribuição de florestas endêmicas de bambu

Fonte: BAMBOO BIODIVERSITY, 2017. Adaptado pelo autor.

No contexto histórico e global, a China sempre destacou-se pela tradição de uso do bambu, empregando-o de várias formas no cotidiano da cultura oriental. Segundo Rivero (2003 apud HSIUNG, 1988), há pelo menos 4000 maneiras diferentes de uso desse material nesse país, que variam desde um utensílio doméstico, até grandes templos chineses.

Convém, também, destacar que a matéria-prima extraída do bambu oferece um rico repertório de uso e função, que, além do que se verifica na arquitetura, consiste num importante aliado da sustentabilidade, contribuindo na redução do processo de erosão do solo, fonte alternativa de energia sustentável, alimentação, tratamento de esgoto e absorção de CO₂, uma vez que a germinia atua liberando três vezes mais oxigênio para a atmosfera que árvores comuns, equilibrando a absorção de CO₂ da atmosfera (LOUREDO, p.22, 2019).

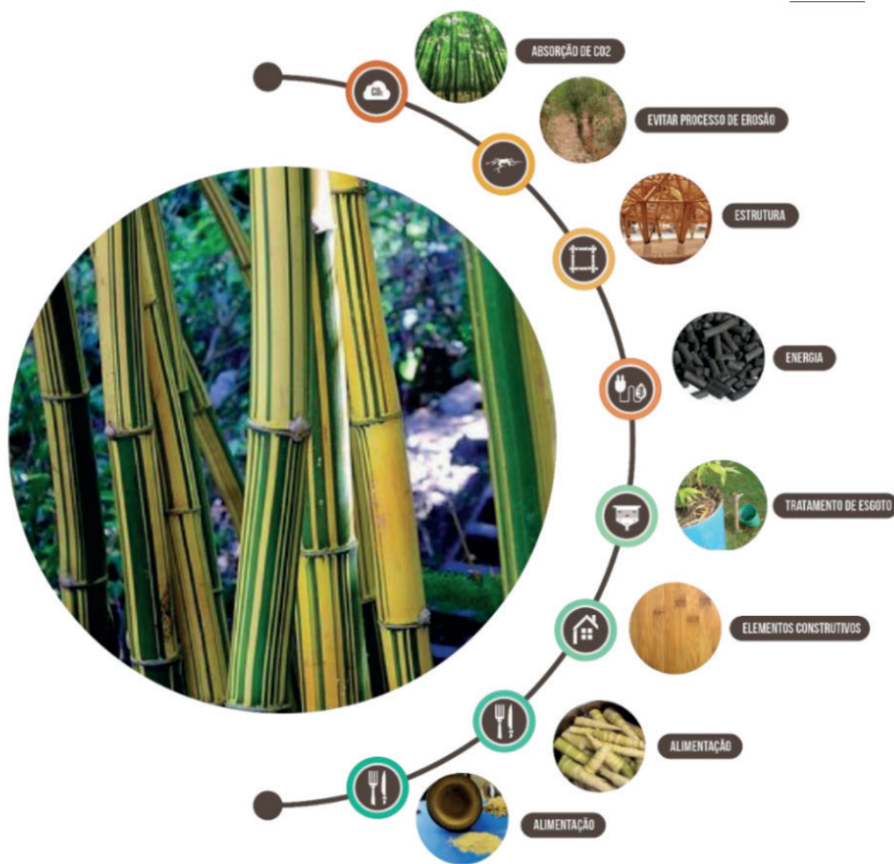


Figura 03 – Infográfico sobre o uso da matéria-prima bambu.
Fonte: Louredo (2019).

Com base no que afirma Rivero (2003), o bambu é composto por nós, entrenós e vazios no interior dos entrenós. Esta configuração confere ao colmo resistência mecânica, flexibilidade e leveza, sendo a fibra dos seus colmos responsável pela sua rigidez material. Nos nós, desenvolvem-se outros ramos e a cavidade dos entrenós (denominados de colmos) é isolada pelo diafragma transversal da germínia.

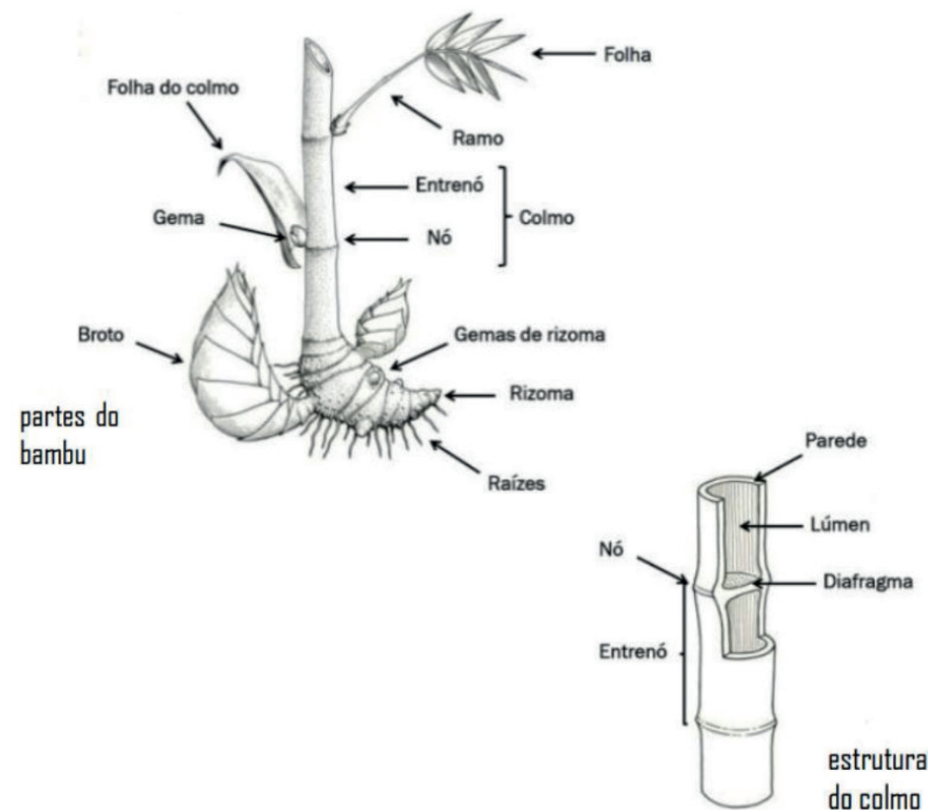


Figura 04 – Constituição do bambu
Fonte: Aranda Junior (2014).

Pereira (2012) complementa, determinando que o bambu é composto por duas partes: a parte aérea, que corresponde aos seguintes elementos da planta: colmo, ramo, folhas e fruto; e pela parte subterrânea, composta pelas raízes e pelo rizoma. Este último, é o responsável pela reprodução da planta de forma assexuada (sem a necessidade de sementes), ramificando o rizoma, cujos processos de reprodução podem ser do tipo alastrante (leptomorfo) ou entouceirante (paquimorfo).

Entouceirantes - Os rizomas são curtos e grossos e possuem gemas laterais que desenvolvem outros rizomas e colmos, que crescem horizontalmente em curtas distâncias entre si. Pode ser encontrado com mais facilidade na zona tropical;

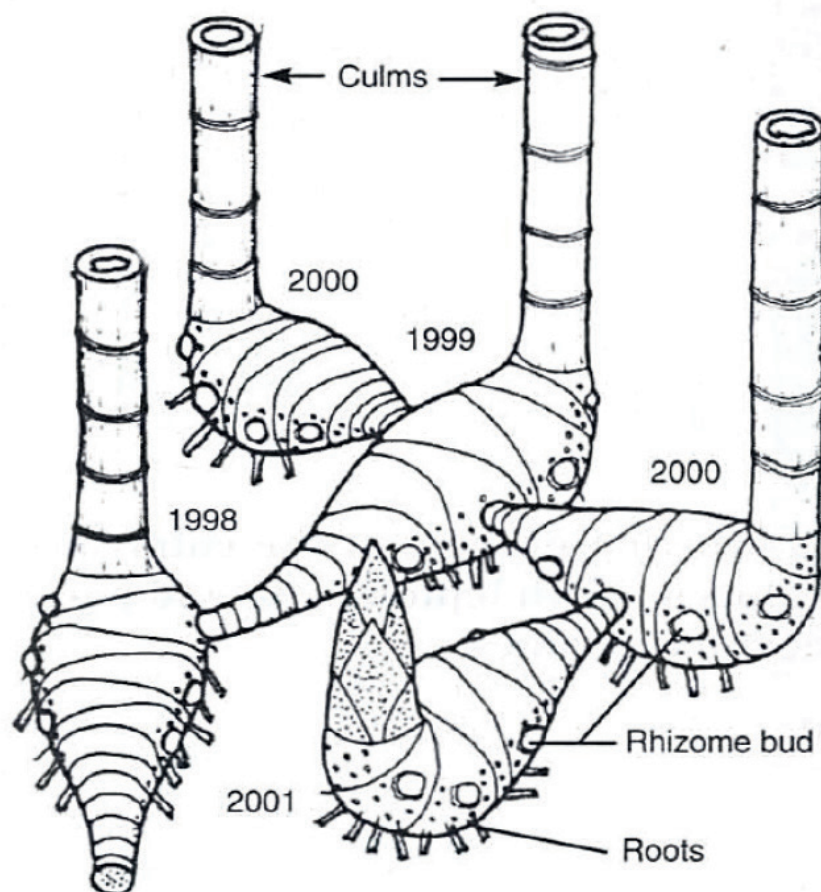


Figura 05 - Sistema do rizoma entouceirante
Fonte: Lopéz (2003). Adaptado pelo autor.

Alastrantes - Há maior profusão de rizomas, os quais se desenvolvem diretamente do solo, com colmos que crescem distantes entre si. Possui maior predominância na zona temperada, alcançando entre 1 a 6 metros anualmente.

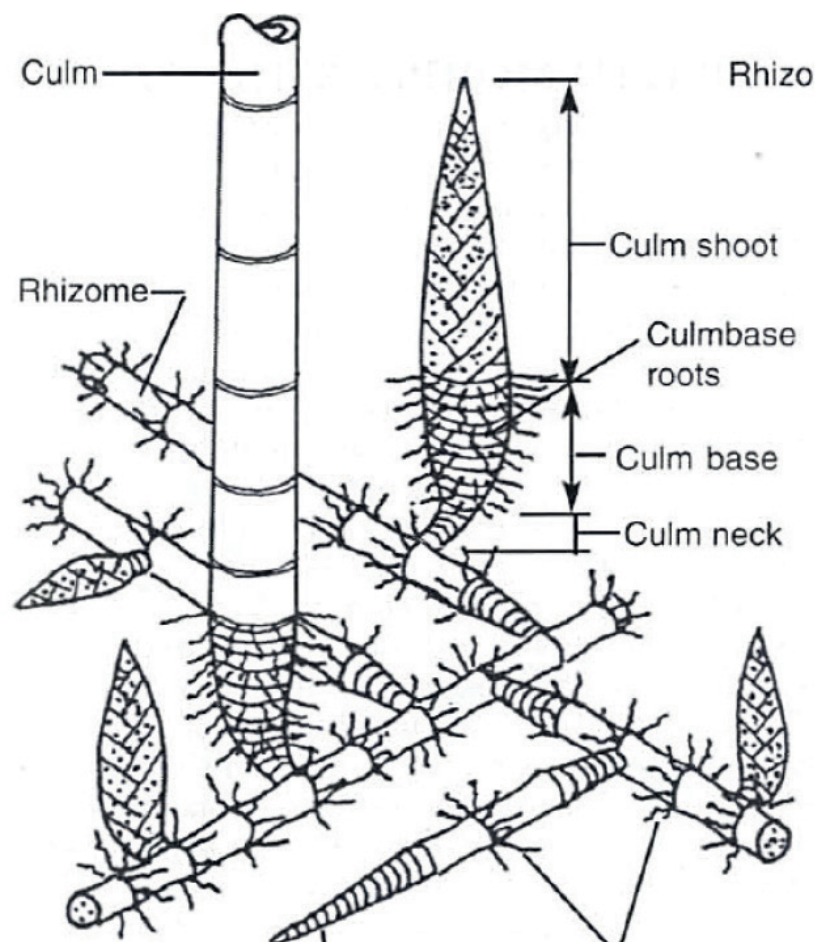


Figura 06 - Sistema do rizoma alastrante.
Fonte: Lopéz (2003). Adaptado pelo autor.

Outrossim, a resistência e as propriedades particulares do bambu é diretamente proporcional ao seu amadurecimento. Assim, quanto maior a idade do bambu, aumenta o seu potencial de resistência mecânica. Com base nisso, López (2003) destaca que dos 3 aos 7 anos, considera-se como idade ideal para empregar o bambu em usos construtivos, tais como: viga, pilar, vedações, esquadrias e painéis.

Ainda referente a estrutura anatômica do bambu, Padovan (2010) explica que o colmo se dá por meio de uma camada lignificada, onde internamente estão localizadas as células esclerenquimáticas, que representam cerca de 40% a 50% do tecido total do colmo e são responsáveis pelas fibras que conferem a resistência mecânica do bambu; o parênquima, representando cerca de 40% a 60% da composição do colmo, sendo responsável pelo armazenamento dos nutrientes, da água e do amido; e os feixes vasculares. Enquanto que sua parede externa é protegida por uma camada concentrada de sílica.

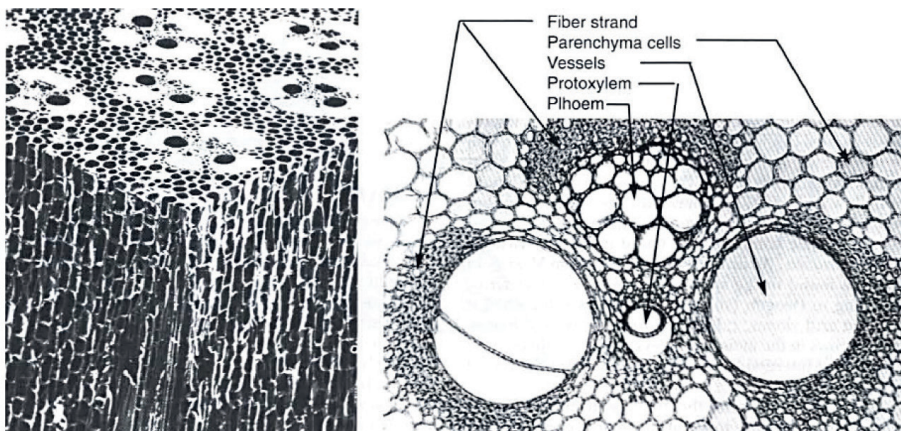


Figura 07 - Visão tridimensional e em corte da estrutura anatômica do colmo.

Fonte: López (2003).

O bambu possui uma grande quantidade de amido armazenado em suas células parenquimáticas, esta característica o torna bastante vulnerável a ataques de insetos xilófagos, como é o caso do caruncho (*Dinoderus minutus*), que se alimenta desta substância presente na planta comprometendo sua integridade física. Assim, em condições naturais, o bambu tem sua durabilidade limitada a cerca de 2 anos, sendo de fundamental importância a execução do processo de tratamento dos colmos (RIVEIRO, 2003, p. 09).

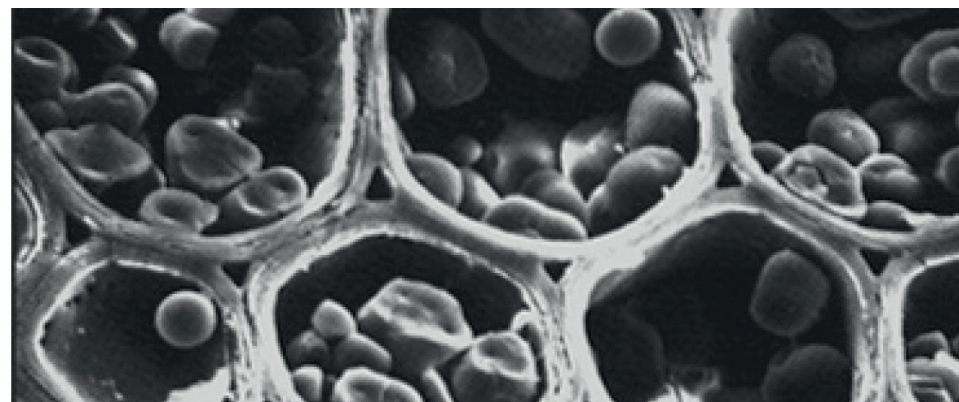


Figura 08 - Células parenquimáticas do colmo com grãos de amido
Fonte: Liese (1998)

Pereira e Beraldo (2016) categorizam o tratamento do bambu em dois métodos: Tradicionais - cura no local da colheita, imersão em água, ação do fogo e pela ação da fumaça; e Químicos - Oleossolúveis, hidrossolúveis, imersão em solução de sais hidrossolúveis e substituição de seiva por sais hidrossolúveis. Para os métodos químicos, o tratamento pode acontecer de duas formas:

Por imersão no produto por um certo período de tempo (15 dias em alguns casos) e sob pressão - Autoclave e método Boucherie modificado - sendo estes mais rápidos e eficazes. O tratamento a base de ácido bórico na concentração de 1% de sulfato de cobre, 1% de dicromato de sódio mais 1% de ácido bórico, é o mais recomendado pelos autores.



Figura 09 - Processo de tratamento do bambu (imersão a esquerda, autoclave a direita).

Fonte: <https://www.bambu.wiki.br/tratamento/tratamentos/>.

Em suma, por se tratar de um material natural, o bambu necessita de cuidados específicos para ser viabilizado como material estrutural. Se todas as etapas foram cumpridas de forma satisfatória, seu processo de degradação é mitigado e os colmos podem chegar a uma vida útil de até 30 anos, segundo alguns autores.



2.2 BAMBU LAMINADO COLADO (BLC)

A partir dos anos de 1980, sobretudo em países asiáticos, vem ocorrendo uma intensificação do uso do bambu nas mais diversas áreas industriais. Das quais se destacam a aplicação em produtos à base de bambu processado (madeira de bambu), sendo obtido artigos como: carvão ativado, palitos, painéis, produtos a base da BLC, chapas de fibra orientada (OSB), dentre outros (PEREIRA e BERALDO, 2016, p.230).

A China, detentora de abundantes florestas de bambu, em seu processo de abertura política, incentivou pesquisas com a finalidade de encontrar um material alternativo à madeira, identificando no bambu a potencialidade para a produção de painéis. Os principais tipos produzidos e utilizados por eles são: lâminas de bambu trançadas e sobrepostas (contraplacado), painéis de partículas de bambu e painéis com lâminas de bambu serradas, aplainadas e coladas o laminado colado de bambu (o BLC). Estas placas são utilizadas como matéria prima na produção de painéis divisórios, forros, pisos, molduras, esquadrias, móveis e revestimento (RIVERO, 2003, p.14).



Figura 10 – Painéis em BLC.

Fonte: <https://www.archdaily.com.br>.

Para Moizés (2007), de forma resumida, o processo de fabricação de painéis de bambu se dá em cinco principais etapas (Figura 11). Podendo sofrer variações a depender do formato da matéria-prima utilizada (lâminas, ripas, flocos ou fibras) e do tipo de aplicação.

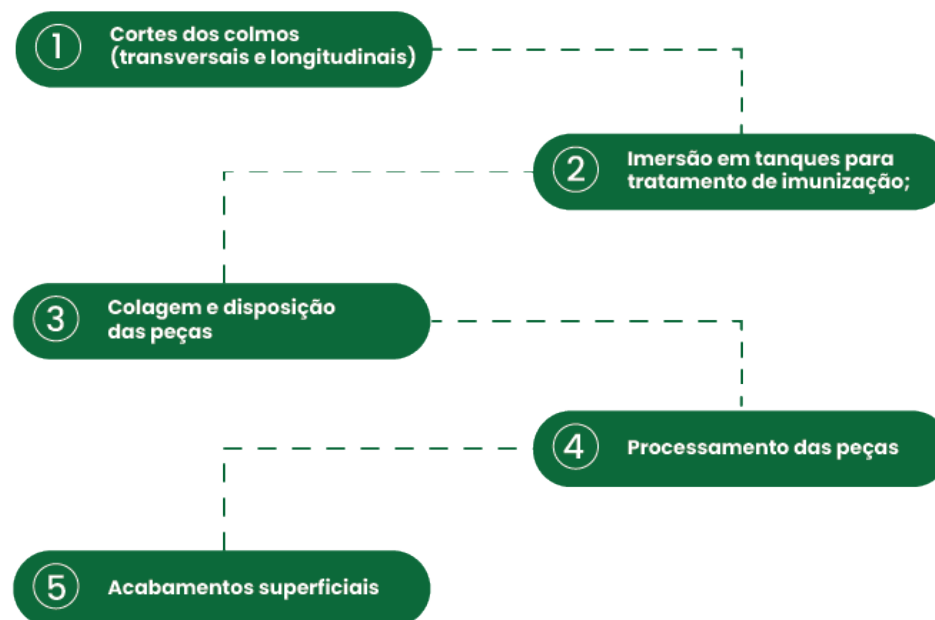


Figura 11 – Etapas de fabricação de painéis de bambu.

Fonte: Produzido pelo autor, com base em Moizés (2007).

Segundo Pereira e Beraldo (2016), a técnica do BLC – processamento do colmo do bambu para a obtenção de ripas que são posteriormente coladas formando placas – pode ser a aplicação mais promissora para o bambu, pois através dela se torna possível agregar valor a uma grande gama de produtos fabricados com este material, sendo possível a substituição da madeira para muitos casos, fato este que poderia aliviar a pressão sobre florestas naturais, vide a já sentida escassez de madeiras tradicionais no Brasil e no mundo.

Rivero (2003), Moizés (2007) e Pereira e Beraldo (2016), descrevem em seus trabalhos o processo de fabricação de painéis de BLC, com ligeiras diferenças entre as etapas e o maquinário utilizado para cada tarefa. Assim, para este trabalho, convém apresentarmos apenas as etapas, pois como o Brasil não dispõe de máquinas específicas para o processamento, cada pesquisador adapta o maquinário disponível a sua realidade. Assim, o processo segue as seguintes etapas:

- 1 - Colheita dos Colmos;
- 2 - Subdivisão dos colmos em peças menores;
- 3 - Corte dos colmos em ripas;
- 4 - Processamento das ripas para atingir uma seção retangular;
- 5 - Tratamento químico das ripas;
- 6 - Secagem das Ripas;
- 7 - Beneficiamento final das ripas;
- 8 - Colagem lateral e colagem em altura;
- 9 - Acabamento final das peças.

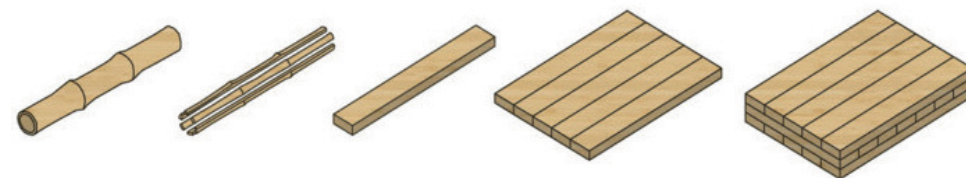


Figura 12 - Esquema do processo de produção do bambu.

Fonte: <https://www.archdaily.com.br>.

A característica estrutural das placas de BLC é dada pela disposição das ripas no processo de colagem. Tais painéis podem ter uma ou mais camadas, dispostas em diferentes formatos e direções. A colagem das ripas pode se dar lateralmente na vertical e na horizontal (a2, b2), na mesma linha de cola; de forma intercalada (a3, b3); e na forma de contraplacado ou entrelaçado (c e d) (MOIZÉS, 2007, p.42).

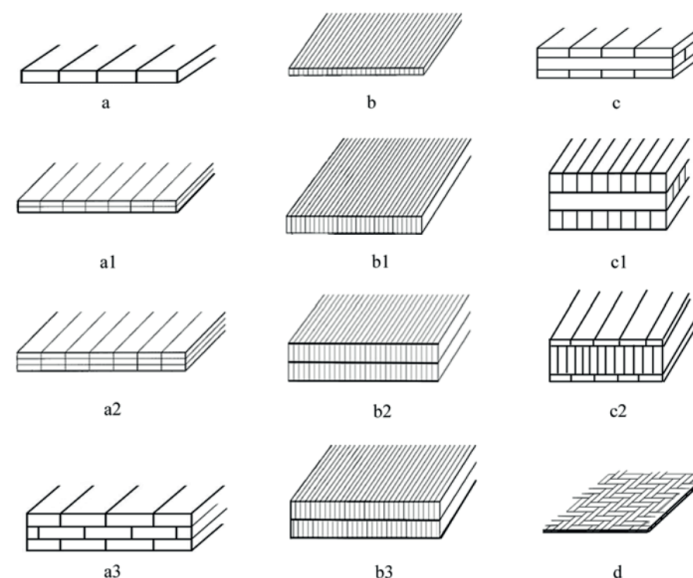


Figura 13 - Disposição estrutural das ripas para painéis em BLC

Fonte : Moizés (2007).

No Brasil, a produção industrial ainda é incipiente, se resumindo a mobiliário e alguns modelos de painéis. Já a produção acadêmica, vem se desenvolvendo bastante nos últimos anos, tendo a UnB e a USP como principais centros de pesquisa no país.

Na UFPB, o grupo de pesquisa TEKTONIK.AS, sob a orientação da professora Germana Rocha, deu início em 2019 a uma pesquisa PIBIC/PIVIC, da qual este autor fez parte, para estudo desta área. Nela foi feito o estudo das bibliografias existentes e como produto foi produzida uma placa em BLC (Figura 14). Nos anos de 2020-2021, esta pesquisa teve continuidade com o aluno Kauan Mateus, onde também através da literatura existente, fora desenvolvido um protótipo de elemento de vedação e realizados ensaios para avaliar sua resistência aos esforços de compressão e cisalhamento na lâmina de cola (Figura 15).

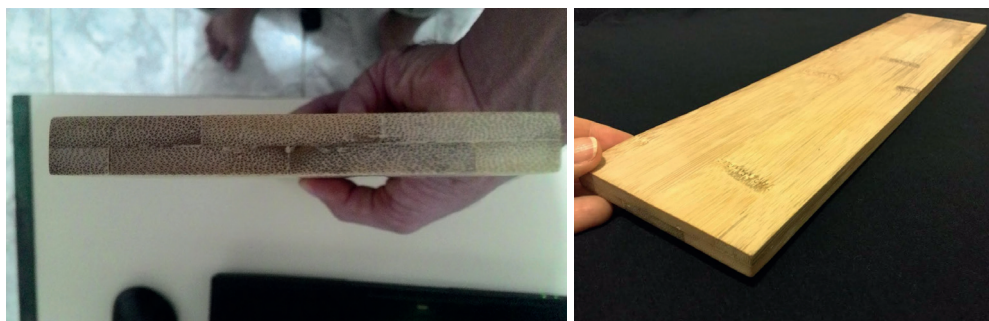


Figura 14 – Placa de BLC produzida para a pesquisa.

Fonte: Acervo do grupo de pesquisa TEKTONIK.AS.



Figura 15 – Protótipo de elemento de vedação em BLC.

Fonte: : Acervo do grupo de pesquisa TEKTONIK.AS.

Contudo, como relata Pereira e Beraldo (2016), em seu livro, o maior entrave para desenvolvimento tanto das pesquisas como da indústria no Brasil, é a falta de maquinário apropriado para a produção do BLC. Em países mais desenvolvidos como China e Japão, se dispõe de uma série de maquinários específicos para a realização dos diversos processos de produção do BLC, sendo que no Brasil, o maquinário utilizado quase sempre é adaptado da indústria da madeira.

2.3 ACÚSTICA ARQUITETÔNICA

2.3.1 Som e Ruído

Para Carvalho (2006), o som se trata de uma onda mecânica, capaz de ser captada pelo ouvido humano, gerada por um corpo vibrante e propagada através de um meio físico, seja ele sólido, líquido ou gasoso.

O ruído se trata de um som quase sempre indesejado, sem harmonia (BISTAFA, 2006).

2.3.2 Ruídos Aéreos

Como o próprio nome sugere, ruídos aéreos são aqueles sons indesejáveis, gerados por fontes sonoras, tendo o ar como meio físico propagador. Estas ondas são originadas por diversos meios como: carros, vozes, máquinas da construção civil, dentre outros. Estes sons, na maioria das vezes indesejados, podem adentrar ao ambiente construído através das aberturas (esquadrias) ou mesmo ultrapassando barreiras arquitetônicas, a depender da intensidade sonora (QUEIROGA, 2020).

2.3.3 Frequência

Quando exercida uma pressão em um meio elástico, ocorre como resultado oscilações cíclicas de pressão e depressão em determinados intervalos de tempo. Denomina-se frequência a quantidade de oscilações ou ciclos de pressão e depressão por unidades de tempo (período), tendo sua unidade de medida expressa em Hertz (Hz) (CARVALHO, 2006).

A energia com a qual a onda sonora chega ao receptor é denominada intensidade sonora, sendo que esta característica não interfere na frequência do som. Os sons podem ser percebidos, ou não, conforme sua frequência de acordo com a tabela abaixo:

Classificação das ondas sonoras quanto à frequência		
Infrassons	Abaixo de 20Hz	Não perceptíveis ao ouvido humano
Baixas frequências	De 20 a 200Hz	Sons graves
Médias frequências	De 200 a 2.000Hz	Sons médios
Altas frequências	De 2.000 a 20.000Hz	Sons agudos
Ultrassons	Acima de 20.000Hz	Não perceptíveis ao ouvido humano

Tabela 01 - Classificação das ondas sonoras quanto à frequência

Fonte: Carvalho (2006). Adaptado pelo autor.

2.3.4 Materiais Fibrosos e Porosos

Materiais porosos e fibrosos são ótimos absorventes sonoros, não à toa são amplamente empregados para absorção acústica, sendo os principais deles: a lã de vidro, lã de rocha e a espuma de poliuretano. Esta absorção se dá por meio da dissipação de energia sonora gerada pelo atrito da movimentação das moléculas de ar no interior do material conforme a passagem da onda sonora (BISTAFA, 2006).

Segundo Bistafa (2006), para que um material seja um bom absorvente de som ele tem de ser um material que “respira”, ou seja, ele deve permitir que as moléculas de ar penetrem e se movimentem em seu interior. A figura 16 mostra a diferença entre os materiais citados e exemplifica como o ar se movimenta no interior de cada um.

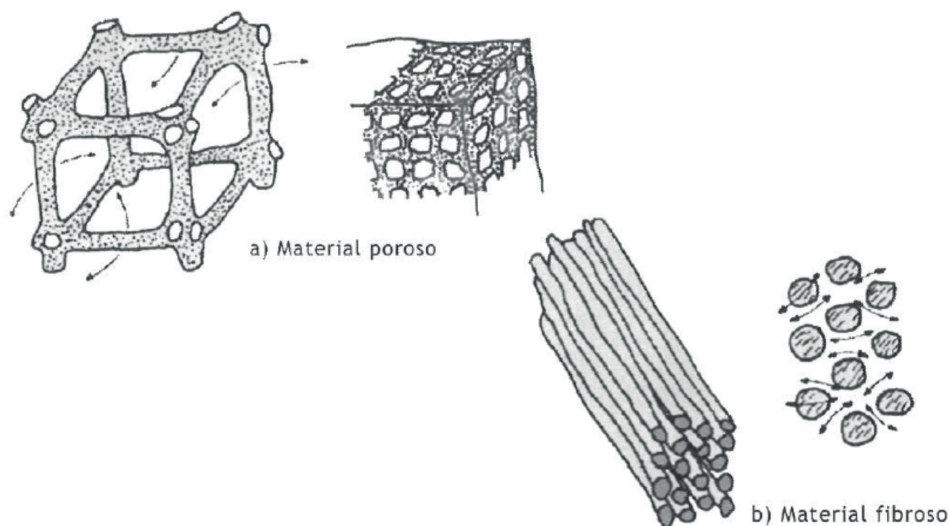


Figura 16 - Estrutura de materiais porosos e fibrosos.

Fonte: Bistafa (2006). Adaptado pelo autor.

2.3.5 Paineis Perfurados sobre material fibroso/poroso

Materiais porosos e fibrosos são materiais que possuem uma alta absorção acústica, porém, por vezes necessitam de proteção mecânica para compor um sistema eficiente. Tal proteção pode acontecer por chapas perfuradas em materiais mais resistentes e de maior apelo estético como: madeira, metal ou plástico. Quando a área perfurada do painel supera 20% de sua área, a absorção sonora se dá exclusivamente pelo material absorvente. Quando a área perfurada do painel é menor que 20% de sua área, ocorre um pico na curva de absorção do conjunto (BISTAFA, 2006).

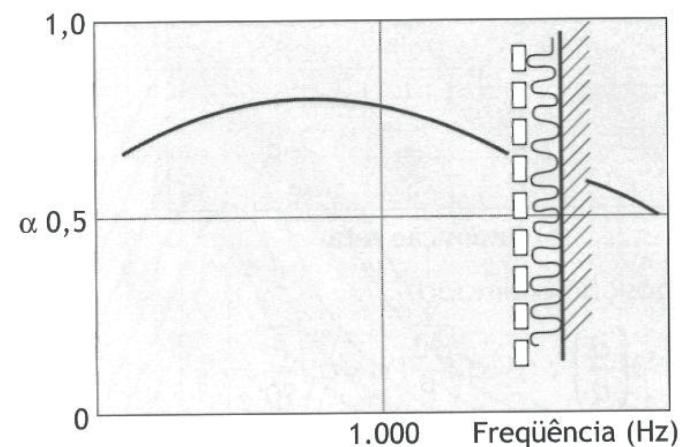


Figura 17 - Gráfico com a curva de absorção de painéis perfurados sobre material poroso/fibroso.

Fonte: Bistafa (2006). Adaptado pelo autor.

2.3.6 Nuvem acústica

Nuvens acústicas são elementos de absorção sonora geralmente fixados ao teto na forma de placas suspensas. Sua principal função é promover uma melhora no tempo de reverberação, através da absorção sonora, do ambiente no qual é instalada, além de servir como elemento estético-formal conferindo um caráter tectônico ao ambiente construído.

Sua nomenclatura decorre do fato de serem instaladas de forma paralela ao teto, distribuídas em diversas localizações e assumindo os mais diversos formatos geométricos como redondos; curvos; retangulares entre outros, lembrando as configurações das nuvens no céu.

As nuvens acústicas podem se tornarem mais vantajosas para o tratamento acústico de um ambiente em relação a outros sistemas, pois não necessitam cobrir todo o teto, sendo instaladas de forma espaçadas entre si, dispensando o uso de forros de madeira e de gesso, por exemplo. Desta forma, a onda sonora que transpassa estes espaços e que não é absorvida pela face aparente (frontal) do painel, reflete na laje e é atenuada em seu retorno sendo absorvida pela face oposta do painel. Assim, as nuvens podem apresentar um melhor desempenho acústico que elementos absorvedores, de um mesmo tamanho e material, simplesmente colado no teto (OWA Sonex, 2019).

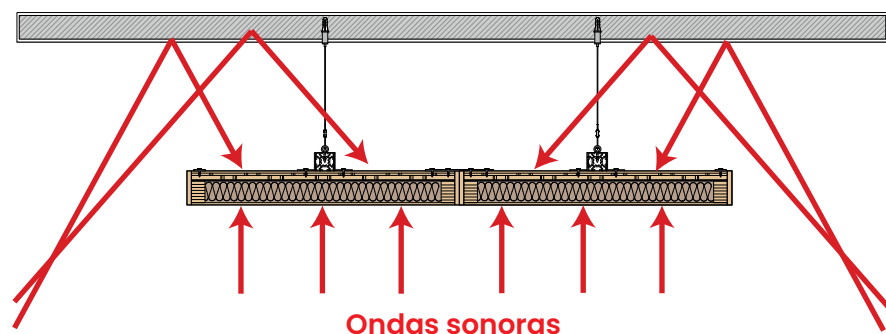


Figura 18 - Esquema de Absorção sonora de nuvens acústicas
Fonte: Produzida pelo autor.



2.4 FIBRA DE COCO

Segundo a EMBRAPA, o Brasil produz cerca de 1.116.969.000 frutos de coqueiro por ano. Estima-se que 80% desta produção seja destinada à indústria alimentícia, que processa basicamente sua água e sua polpa, descartando todo o restante do fruto, tendo como subproduto a casca. O Brasil tem potencial para produzir 804.218 toneladas de casca, o que resultaria em 241.265 toneladas de fibra. O Nordeste brasileiro é o maior responsável por esta produção, sendo cultivados 224.918 hectares de coqueiros (IBGE, 2009), o que gera em torno de 1.567 toneladas de resíduos, sendo cerca de 729 mil toneladas apenas da casca.



Figura 19 – Fruto do coqueiro
Fonte: Embrapa (2010).

Com tudo, a maior parte desta produção de casca no Brasil é incinerada nos locais onde se faz o descascamento dos frutos ou são jogadas em lixões. Assim, são descartadas quantidades significativas de um material com grande potencial de agregação de valor, tanto para a indústria como para a agricultura. Potencial este que poderia ser maior, caso consideremos a grande quantidade de casca de coco verde que é descartada diretamente no meio ambiente.



Figura 20 : Cascas de coco verde descartadas no meio ambiente.
Fonte: Embrapa (2010).

No Brasil e no mundo, é crescente as pesquisas por materiais absorvedores acústicos oriundos de fibras naturais. Através de suas características físicas, a fibra de coco vem se destacando neste cenário. Como é possível observar na pesquisa de Vieira (2008), na qual foi desenvolvido

e testado um painel aglomerado multicamadas, a base de látex e fibra de coco. Tal material apresenta desempenho relevante para a absorção de ruídos.

Na pesquisa foram desenvolvidos painéis de diferentes espessuras e densidade. De um modo geral, nos ensaios para a determinação do coeficiente de absorção, o painel de Tipo III.2 (densidade de 130kg/m^3 e espessura de 50mm) apresentou um comportamento similar a espuma, levando vantagem na absorção das baixas frequências, onde mostrou se mais eficiente.



Figura 21: Painel de fibra de coco.
Fonte: Vieira (2008).



03

DESENVOLVIMENTO DO PAINEL

3.1 REFERÊNCIAL PROJETUAL

3.2 ESTUDO PRELIMINAR DO PAINEL



3. DESENVOLVIMENTO DO PAINEL

Fundamentado pela revisão da literatura sobre o uso de materiais renováveis na confecção de painéis para o condicionamento acústico, partiu-se para o desenvolvimento da proposta de um painel utilizando o bambu laminado colado e a fibra de coco, tendo como base também os trabalhos desenvolvidos (PIBIC/PIVIC) na graduação junto ao grupo de pesquisa Tectônica, Recursos Renováveis e tecnologias colaborativas no ambiente construído (TEKTONIK.AS).

Para isso buscou-se inicialmente estudar projetos e painéis existentes no mercado, com foco no design e sistema de fixação, desta forma, foram escolhidos para análise os seguintes painéis: A Nuvem Acústica Cobogó, fabricado pela empresa Técnica Soluções Acústicas; as nuvens Sonex Ilitec, fabricado pela empresa Sonex Saint-Gobain; e as nuvens Trisoft, fabricado pela empresa Trisoft Soluções Acústicas Sustentáveis. Constituindo assim o referencial projetual deste trabalho.

3.1 Referência Projetual

3.3.1 Nuvem acústica Cobogó

Ficha Técnica

Fabricante: Técnica Soluções Acústicas.

Dimensões: 1.20 x 1.20 x .10m

Material da estrutura: Mdf melamínico.

Preenchimento: Lã de poliéster.

Acabamentos disponíveis: Mdf melamínico ou Laminado de madeira.

Sistema de fixação: Cabos de aço atirantados ao teto.

Certificados: Classe IVB, IIIA ou IIA IT 10 do Corpo de Bombeiros de São Paulo.

Selos: Não especificados.

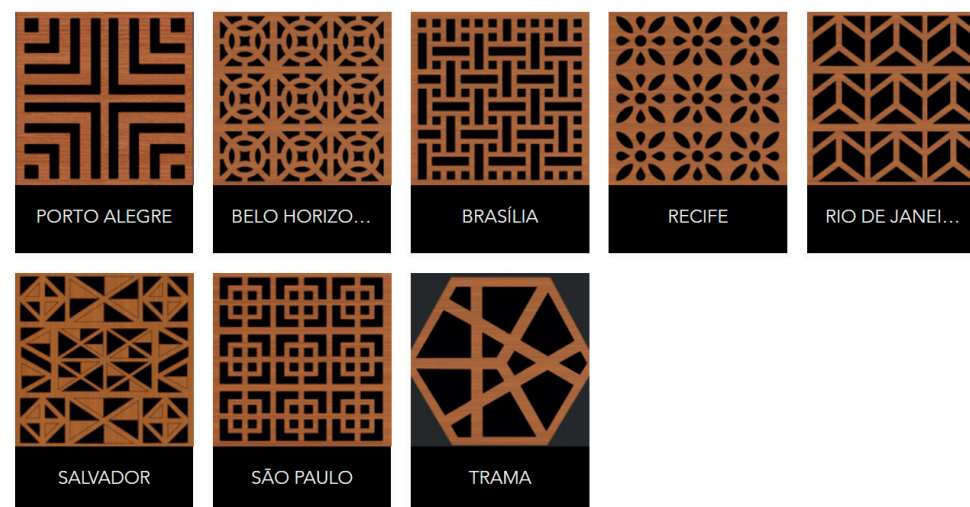


Figura 22: Padrões de nuvens disponíveis.

Fonte: Técnica Soluções Acústicas. Disponível em: <https://www.tecnicaacustica.com.br/nuvem-acustica-cobogo>. Acesso em: 20 de novembro de 2022.



NUVEM ACÚSTICA COBOGÓ

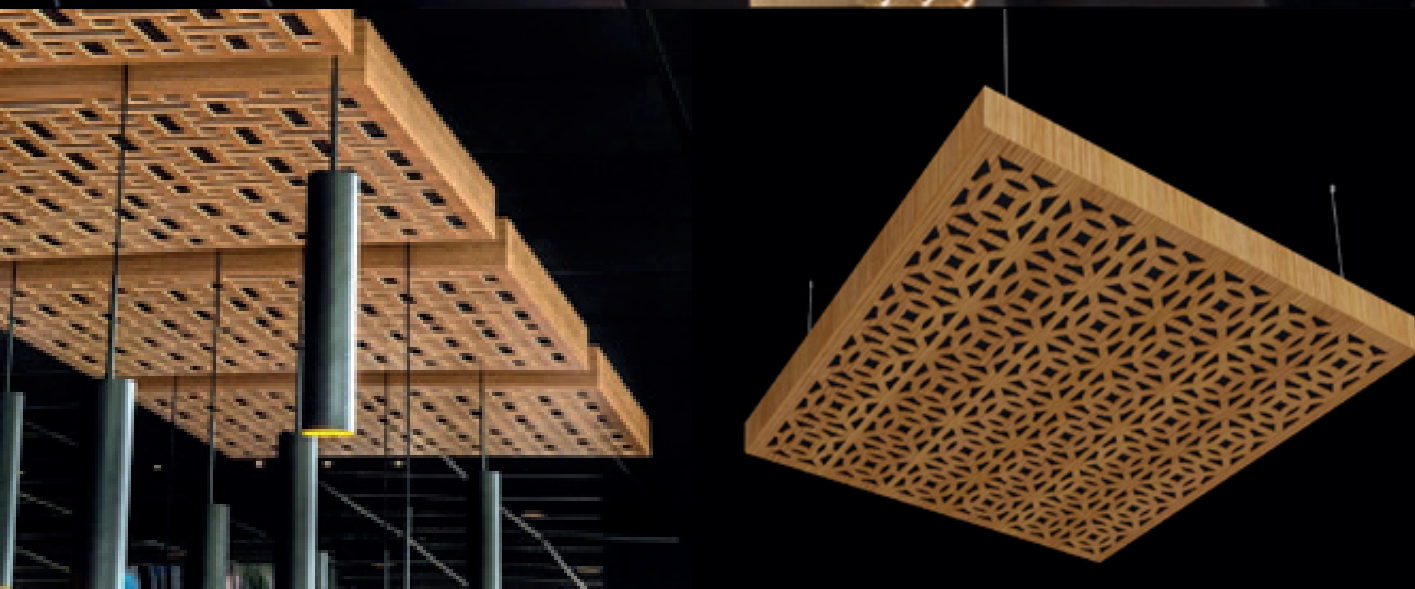


Figura 23: Nuvem acústica cobogó

Fonte: Tecnica Soluções Acústicas. Disponível em: <https://www.tecnicaacustica.com.br/nuvem-acustica-cobogo>. Acesso em: 20 de novembro de 2022.

3.3.2 Nuvens Sonex Illtec

Ficha Técnica

Fabricante: Sonex Saint-Gobain.

Dimensões: Diversas.

Material da estrutura: Não especificado.

Preenchimento: Espuma acústica Illtec, semi-rígida, de estrutura micro-celular, densidade 11kg/m^3 .

Acabamentos disponíveis: Acabamento em pintura para todas as placas, com possibilidade de variação de cores.

Sistema de fixação: Cabos de aço atirantados ao teto.

Certificados:

Classe I conforme ASTM E84 (Estados Unidos)

Classe I conforme BS 476 parte 6 e 7 (Inglaterra)

Classe B1 conforme DIN 4102 (Alemanha)

Classe IIA conforme IT10, segundo excelentes resultados obtidos nos ensaios das normas NBR 9442 (IP) e ASTM E662 (DM) (Brasil).

Selos: Contribui para a classificações LEED e ACQUA

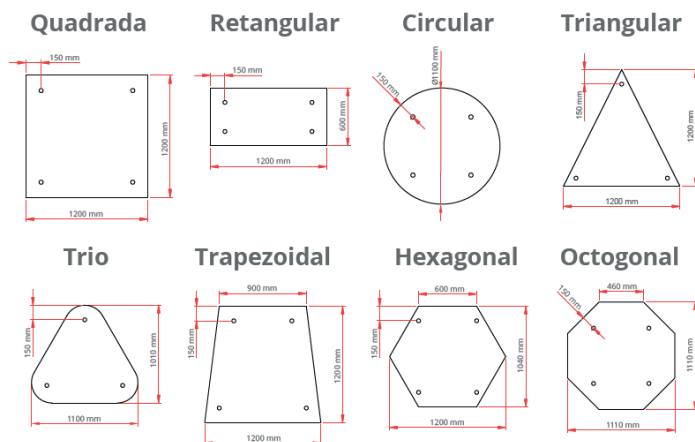


Figura 24: Nuvens Sonex Illtec

Fonte: Sonex Saint-Gobain. Disponível em: <https://sonex.com.br/produ-tos/nuvem-acustica-sonex-illtec/>. Acesso em: 20 de novembro de 2022.





NUVEM SONEX ILLTEC

Figura 25: Nuvens Sonex Illtec

Fonte: Sonex Saint-Gobain. Disponível em: <https://sonex.com.br/produtos/nuvem-acustica-sonex-illtec/>. Acesso em: 20 de novembro de 2022.

3.3.3 Nuvens Trisoft

Ficha Técnica

Fabricante: Trisoft Soluções Acústicas Sustentáveis.

Dimensões: Diversas.

Material da estrutura: Pet Felt

Preenchimento: Lã de pet.

Acabamentos disponíveis: Feltro de pet de alta resistência.

Sistema de fixação: Cabos de aço atirantados ao teto.

Certificados: Classificação IIA-IT10 do Corpo de Bombeiros de São Paulo.

Laudo de desempenho e reação ao fogo feito pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas).

Selos: Contribui para a classificação LEED, ACQUA, PROCEL e EDIFICA.

PRODUTO	FORMATO	ESPESSURA (mm)	LARGURA (mm)	COMPRIMENTO (mm)	DESEMPENHO ACÚSTICO (W-NRC)
NUVEM ou NUVEM DECOR IR50	QUADRADA	50	600	600	0,92 - 0,98
	QUADRADA		1.200	1.200	0,79 - 0,85
	RETANGULAR		600	1.200	0,90 - 0,94
	REDONDA		600	diâmetro	0,87 - 0,91
	REDONDA		600	diâmetro	0,84 - 0,88
	QUADRADA		600	600	0,94 - 0,98
NUVEM TECH IR50	QUADRADA	50	1.200	1.200	0,80 - 0,84
	RETANGULAR		600	1.200	0,90 - 0,94

Figura 26: Nuvens Trisoft

Fonte: <https://trisoft.com.br/nuvens-trisoft>





NUVENS TRISOFT



Figura 27: Nuvens Trisoft

Fonte: <https://trisoft.com.br/nuvens-trisoft>

3.2 Estudo Preliminar do Painel

Patraquim (2008), em pesquisa realizada com profissionais ligados ao ramo da construção civil, sobretudo com arquitetos, constatou que sabedores do desempenho acústico e do valor, o design dos painéis acústicos foi uma das características mais apreciadas para a escolha de um produto em relação a outro, justificando entender que os painéis acústicos além de cumprirem com sua função técnica – absorção e/ou difusão de ondas sonora – se comportam também como revestimento. Assim, se torna importante para um produto apresentar um design agradável e que permita sua inserção nos ambientes de forma harmônica.

Dito isto, e com base nas demais bibliografias consultadas e no estudo de sistemas de absorção existentes no mercado, foram elencadas diretrizes para nortear o desenvolvimento do estudo preliminar do painel acústico. São elas:

PAINEL

- **Design**

Conferir um design inovador.

- **Sustentabilidade**

Uso de materiais não convencionais de fontes renováveis.

- **Painel perfurado sobre material poroso/fibroso**

Possibilidade de associação do BLC com a fibra de coco.

- **BLC como proteção mecânica**

Maior resistência mecânica e apelo estético.

- **Fibra de coco como material absorvente**

Grande potencial de absorção sonora.

- **Área perfurada do painel menor que 20%**

Potencializar a absorção do sistema com os dois materiais participando do processo de absorção.

- **Modulação 60x60cm**

Formato já difundido no mercado e dimensão possível de executar o protótipo, considerando os maquinários e recursos que temos à disposição.

SISTEMA DE FIXAÇÃO

- **Versatilidade de aplicação**

Permitir que o painel possa ser usado em dois ou mais sistemas.

- **Compatibilização com sistemas prediais**

Possibilitar instalação que dialogue com os sistemas prediais já instalados.

- **Fácil instalação**

Garantir um processo de montagem simples e eficiente.

- **Redução na geração de resíduos.**

Adoção processo com baixa geração de resíduos.

ESTUDO DE FORMAS

MODELO 01

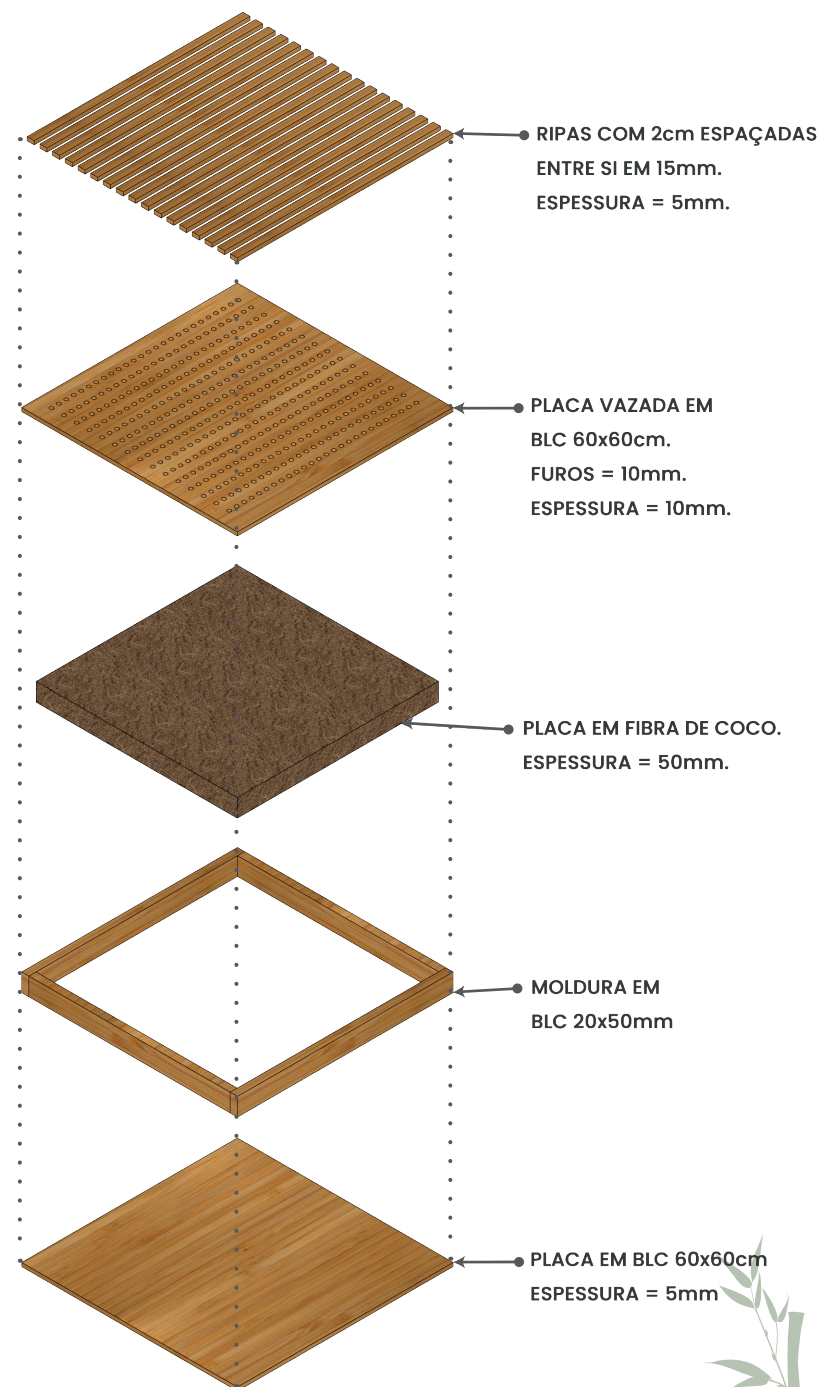
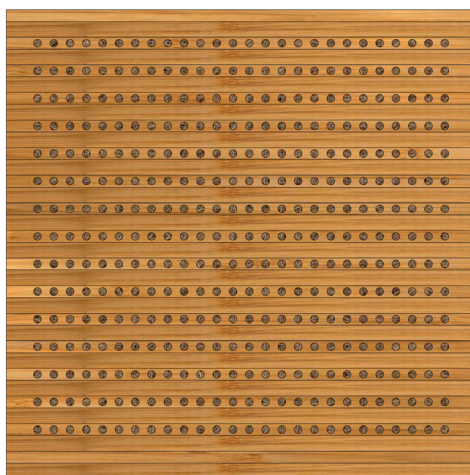
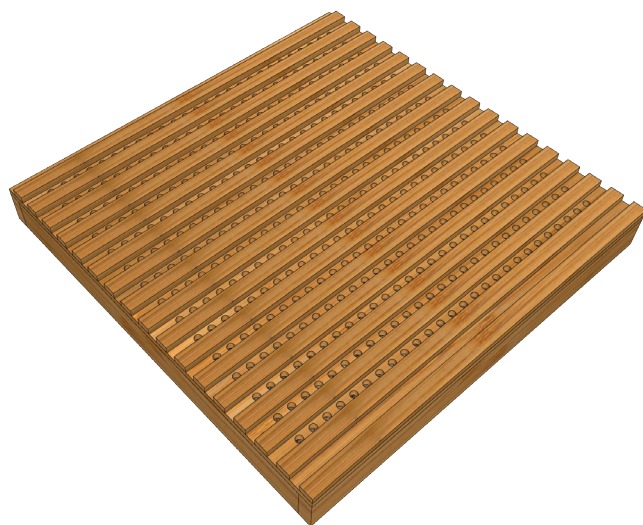


Figura 28 - Painei 01

Fonte: Produzido pelo autor.

ESTUDO DE FORMAS

MODELO 02

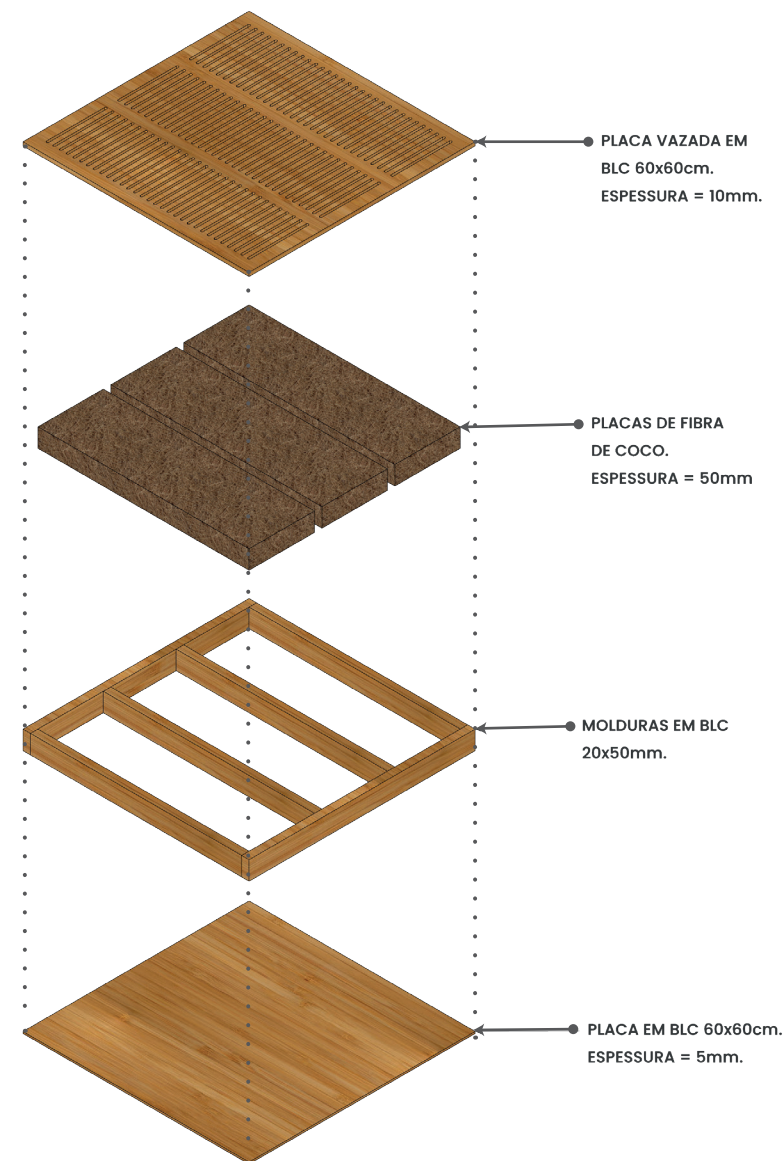
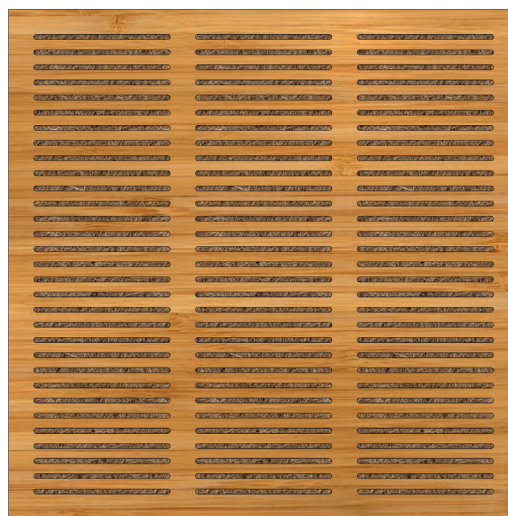
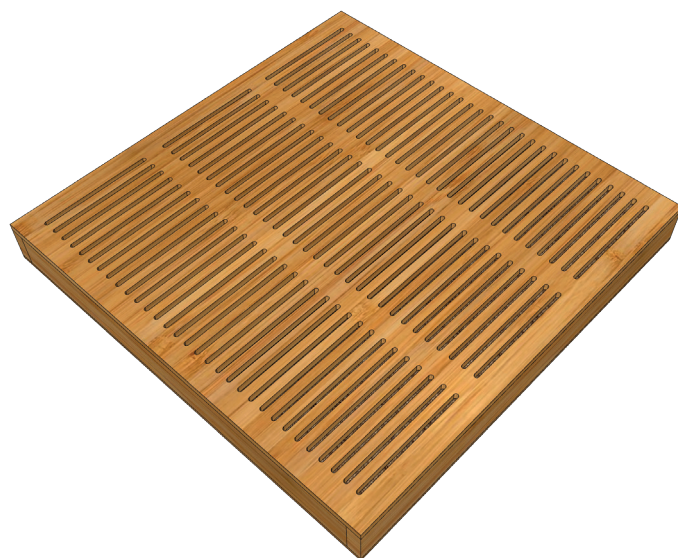


Figura 29 – Painel 02

Fonte: Produzido pelo autor.

ESTUDO DE FORMAS

MODELO 03

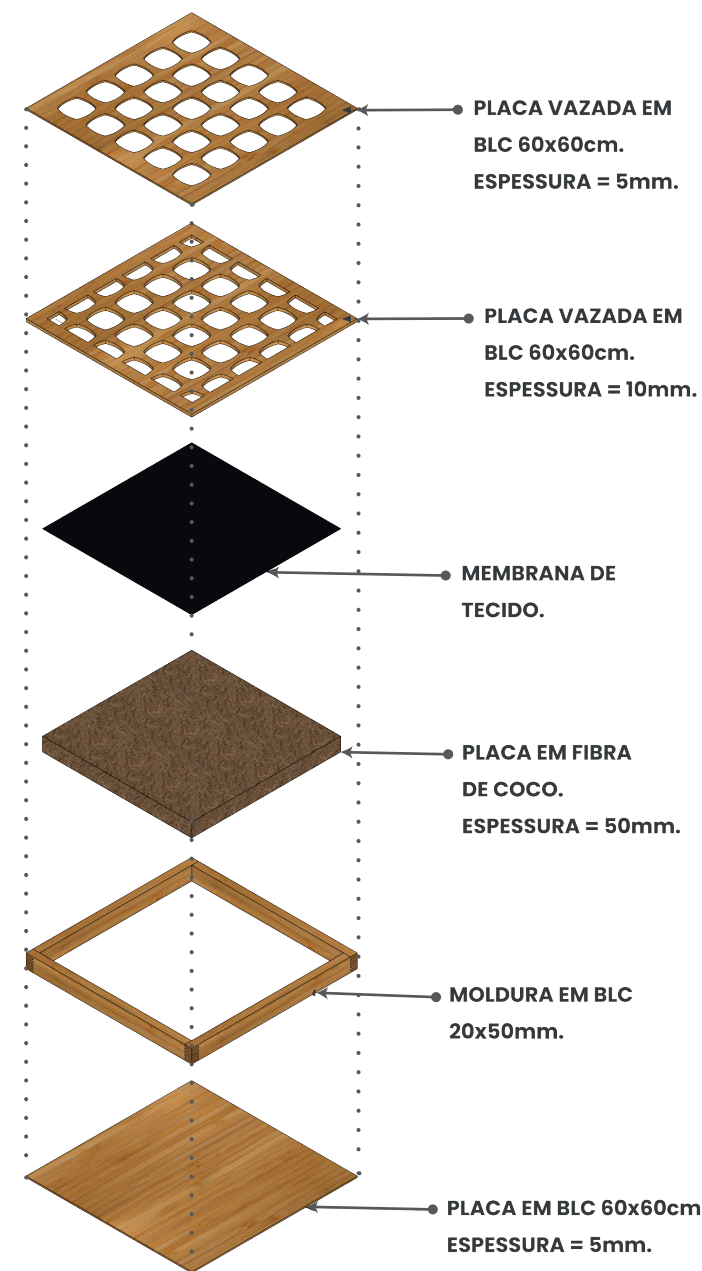
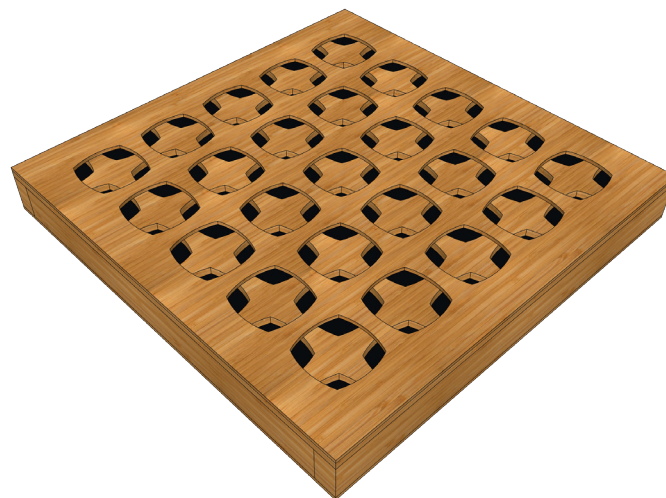
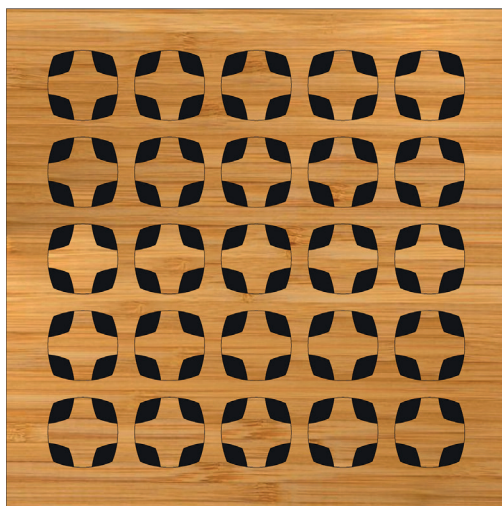
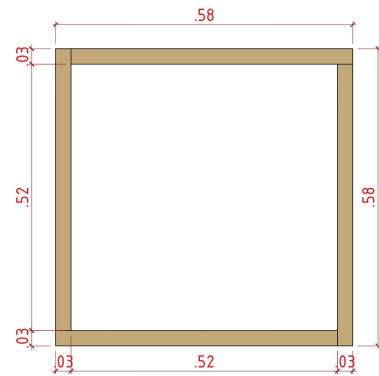


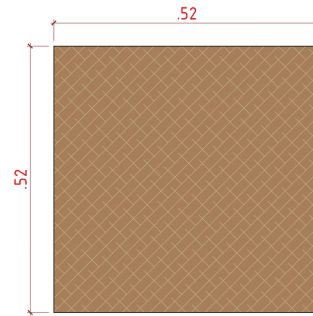
Figura 30 - Painel 03

Fonte: Produzido pelo autor.

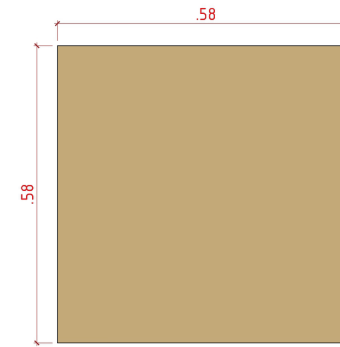
DETALHAMENTO



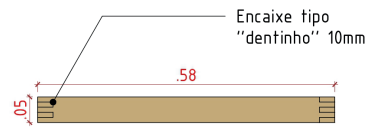
VISTA DE TOPO - CAMADA 05



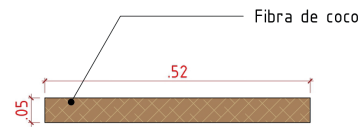
VISTA DE TOPO - CAMADA 06



VISTA DE TOPO - CAMADA 07



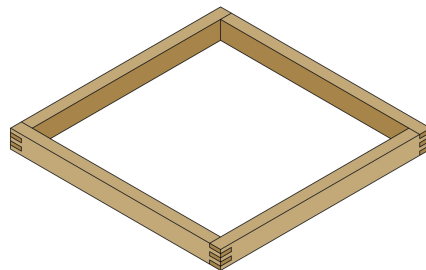
VISTA FRONTAL - CAMADA 05



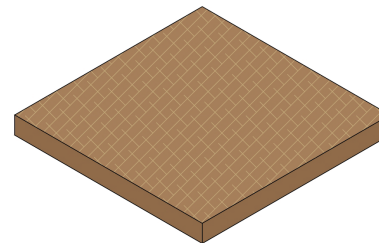
VISTA FRONTAL - CAMADA 06



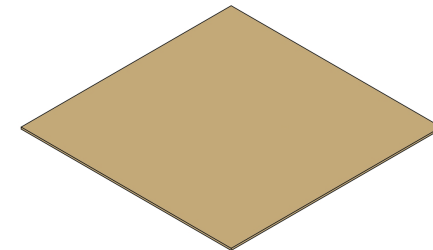
VISTA FRONTAL - CAMADA 07



VISTA ISOMÉTRICA - CAMADA 05

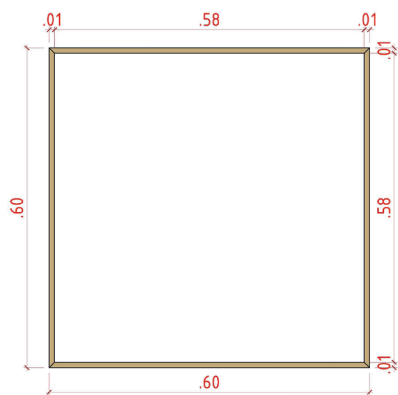


VISTA ISOMÉTRICA - CAMADA 06

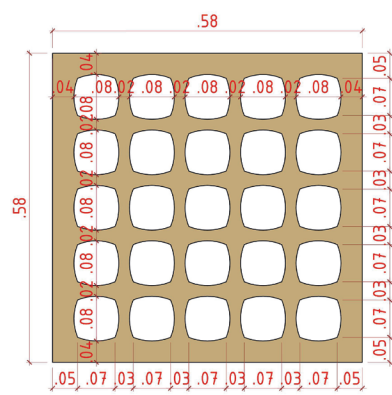


VISTA ISOMÉTRICA - CAMADA 07

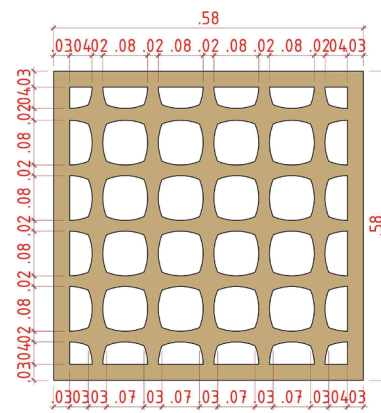
Figura 31 - Detalhamento painel 03
Fonte: Produzido pelo autor.



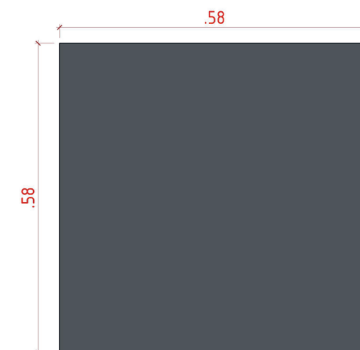
VISTA DE TOPO - CAMADA 01



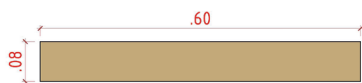
VISTA DE TOPO - CAMADA 02



VISTA DE TOPO - CAMADA 03



VISTA DE TOPO - CAMADA 04



VISTA FRONTAL - CAMADA 01



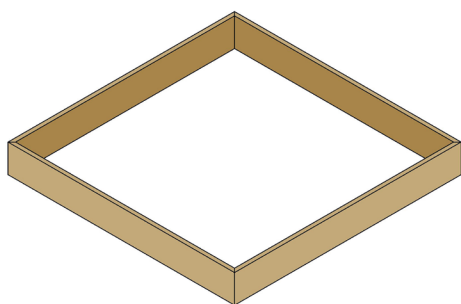
VISTA FRONTAL - CAMADA 02



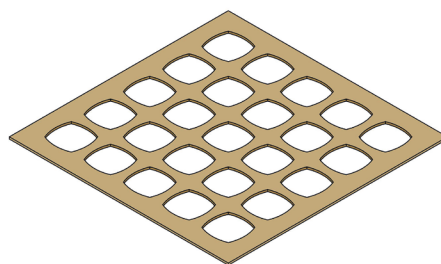
VISTA FRONTAL - CAMADA 03



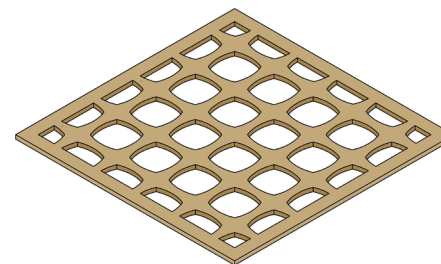
VISTA FRONTAL - CAMADA 04



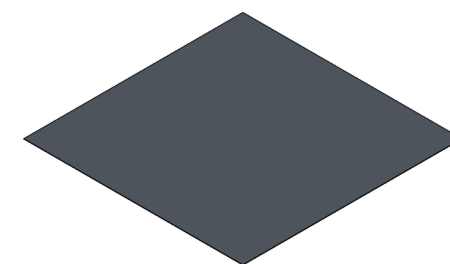
VISTA ISOMÉTRICA - CAMADA 01



VISTA ISOMÉTRICA - CAMADA 02



VISTA ISOMÉTRICA - CAMADA 03



VISTA ISOMÉTRICA - CAMADA 04

Figura 32 - Detalhamento painel 03

Fonte: Produzido pelo autor.

PRODUÇÃO DO PROTÓTIPO

4.1 ESCOLHA DA ESPÉCIE E COLHETA DOS COLMOS

4.2 TRATAMENTO DOS COLMOS

4.3 SECAGEM DOS COLMOS

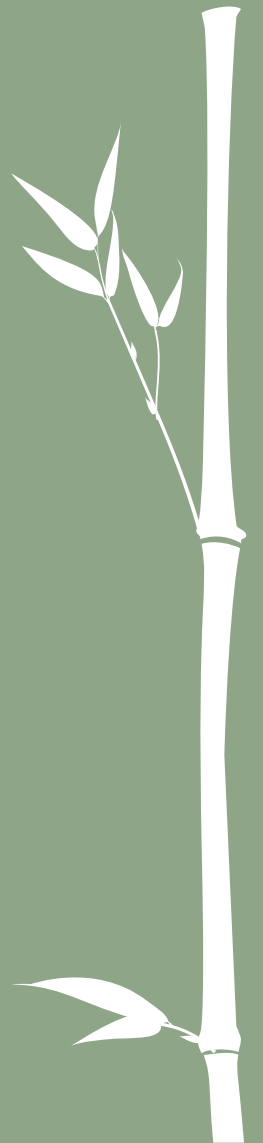
4.4 OBTENÇÃO E BENEFICIAMENTO DAS RIPAS

4.5 COLAGEM DAS RIPAS

4.6 USINAGEM DAS PLACAS

4.7 MONTAGEM DO PAINEL

04



4. PRODUÇÃO DO PROTÓTIPO

O processo de confecção do protótipo se deu em três etapas: Produção das placas de BLC; usinagem das peças e montagem do painel. As quais serão descritas a seguir.

4.1 Escolha da espécie e colheita dos colmos

Para este trabalho, escolhemos a espécie *Dendrocalamus Asper*. Segundo Pereira e Beraldo (2016), esta é uma espécie de bambu gigante entouceirante, de grande porte, com uma elevada resistência e durabilidade; apresenta um colmo mais retilíneo, comparado a espécies como o *Bambusa vulgaris*; seus colmos podem atingir uma altura de 20 a 30 metros; um diâmetro de 8 a 20 centímetros; espessura das paredes de 11 a 20 milímetros; internós de 20 a 45 centímetros. Apresentando assim, boas características para o uso no processo de BLC.

Após a escolha da espécie a ser utilizada, a colheita dos colmos se deu no Campus III da Universidade Federal da Paraíba, na cidade de Areia, com o auxílio do Professor Dr. Leonaldo Alves de Andrade do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais. Para tal, eu e os demais membros do grupo de pesquisa TEKTONIK.AS, viajamos até a cidade de Areia para a realização da colheita. Como recomendado por Pereira e Beraldo (2016), escolhemos colmos maduros, com cerca de quatro a cinco anos, identificados através da presença de líquens (manchas brancas); os cortes dos colmos foram realizados a uma distância de cerca de 20 centímetros do solo, rente aos nós,

para evitar o acúmulo de água da chuva, o que ocasiona o apodrecimento do colmo e impede o nascimento de novos brotos. Após a retirada dos colmos das touceiras, os mesmos foram subdivididos em peças com aproximadamente 1,5 metros de comprimento, a fim de facilitar seu transporte até o Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas (LABEME), localizado no Campus I da Universidade Federal da Paraíba, na cidade de João Pessoa. Onde as demais etapas de beneficiamento dos colmos serão realizadas.



Figura 33 – Processo de colheita dos colmos

Fonte: Acervo do grupo de pesquisa TEKTONIK.AS.

4.2 Tratamento dos colmos

Como mencionado no capítulo anterior, o tratamento adequado do bambu está diretamente ligado a sua durabilidade, sendo este um processo imprescindível para o uso do bambu como estrutura. Contudo, para este trabalho, assim como feito por Lima et al. (2014), optamos por não executar esta etapa, devido ao tempo diminuto e a escassez de recursos. Decisão esta, que não afeta a integridade do objeto proposto, uma vez que se trata de uma peça móvel, desmontável e que possibilita a fácil identificação de ataques de insetos xilófagos, sendo possível uma rápida intervenção para correção de possíveis problemas desta natureza. Todavia, com o advento da Pandemia do Coronavírus, esta escolha passou a não fazer mais sentido, visto que toda a programação foi alterada e a pesquisa interrompida.

4.3 Secagem dos colmos

Assim como praticado por Rivero (2003), decidimos por realizar a secagem natural, um processo mais demorado, porém menos oneroso se comparado com a secagem em estufa. Opção está, também tomada devido a indisponibilidade de estufa que coubessem os colmos nas dimensões que necessitávamos.

O processo de secagem natural se dá com a disposição dos colmos em local seco, coberto e ventilado. Os colmos devem permanecer neste estado por cerca de 30 dias até obterem a estabilização da massa. Entretanto, com a paralisação da pesquisa em decorrência da pandemia, os

colmos se mantiveram dessa forma por cerca de 32 meses.

4.4 Obtenção das ripas

Para a obtenção das ripas, com o auxílio de uma serra circular de bancada, os colmos com cerca de 1.5 metros de comprimento foram divididos em duas partes de cerca de 0.75 metros (1); foram efetuados cortes longitudinais com distanciamento de aproximadamente 4 centímetros (2); e posteriormente foram removidos os diafragmas para soltar as ripas (3).

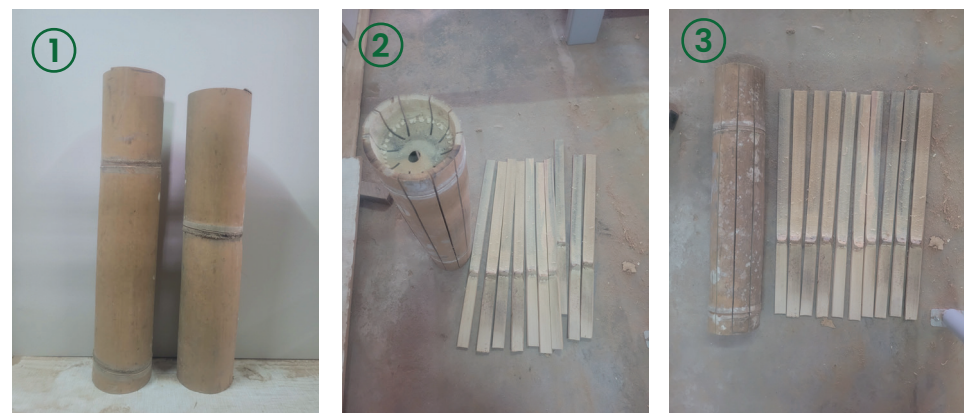


Figura 34 - Processo de obtenção das ripas

Fonte: Acervo do autor

Este processo foi realizado nos nove colmos de 1.5 metros que tínhamos à nossa disposição, gerando uma média de cerca de 20 ripas por colmo. As ripas foram agrupadas por colmo, a fim de garantir uma homogeneidade nas espessuras, o que facilita a etapa de beneficiamento.

4.5 Beneficiamento das ripas

O beneficiamento foi realizado com a ajuda de uma plaina desengrossadeira de bancada. A talisca gerada na etapa anterior (1) é processada na plaina para a retirada de uma fina camada da parte externa do colmo (2), e posteriormente é retirada uma camada da parte interna (3), a fim de gerar uma uniformidade na espessura das ripas e eliminar as superfícies lisas (cascas interna e externa dos colmos) que dificultam a penetração e aderência da resina (RIVERO, 2003, p.29).

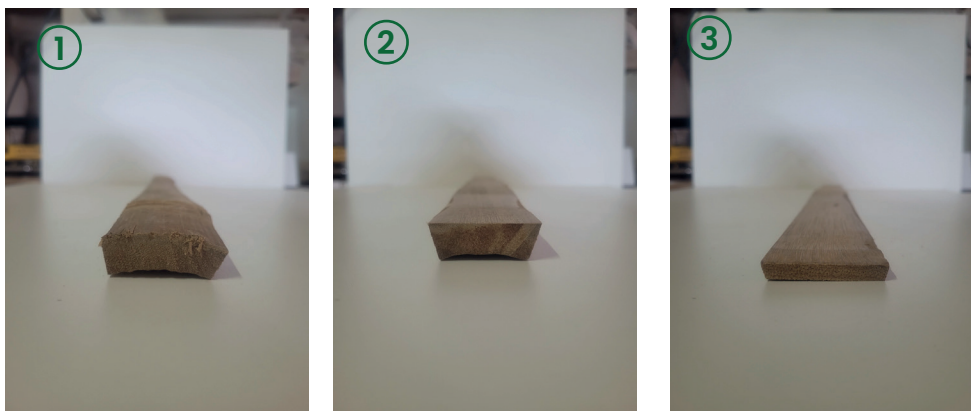


Figura 35 - Processo de beneficiamento das ripas

Fonte: Acervo do autor

Por fim, com a ajuda de uma serra circular de bancada, foram feitos os aparelhamentos laterais das ripas, gerando ripas com dimensões de 0.5x3x62 cm (altura x largura x comprimento).

4.6 Colagem das ripas

Como visto em MOIZÉS (2007), a forma de disposição das ripas está diretamente ligada às características estruturais do painel a ser gerado. Desta forma, o processo de colagem das ripas se deu em três etapas: colagem horizontal (A), para placas com 5mm de espessura; colagem horizontal (A2), para placas com 10mm de espessura e colagem vertical (B), para molduras de 50mm de espessura.

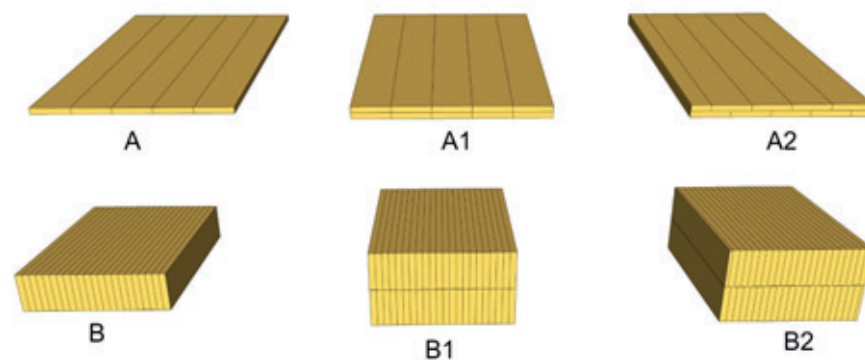


Figura 36- Disposições estruturais de painéis em BLC

Fonte: Adaptado de MOIZÉS, 2007

Através da bibliografia consultada, escolhemos utilizar o adesivo a base de poliacetato de vinila (PVA), conhecido comercialmente por Cascorez Extra. Este adesivo se comportou de forma satisfatória nas análises realizadas por Lima et al. (2014), sendo caracterizado como um adesivo não estrutural, com uso sugerido para colagem de peças de madeira em ambientes internos. Ademais, este produto apresenta um custo diminuto se comparado a adesivos estruturais a base de resina fenólica resorcinol-formaldeído, chegando a ser cerca de 20 vezes mais barato (LIMA et al, 2014, p.18).

O dispositivo utilizado na prensagem das placas foi o Sargento do tipo Grampo Duplo. Tal dispositivo permite a prensagem horizontal e vertical das peças ao mesmo tempo, garantindo assim uma colagem uniforme e retilínea. Como o custo para a aquisição da quantidade necessária dos dispositivos é elevado, optamos por confeccioná-los com materiais reutilizados. Tarefa esta realizada com a ajuda do Técnico de Laboratório do LABEME, Sebastião Leandro Filho.

O processo de colagem se dá de forma semelhante em ambas as etapas, variando apenas os espaçadores necessários para o acomodamento da placa no dispositivo. Basicamente, as ripas foram dispostas lado a lado e com o auxílio de um pincel o adesivo foi aplicado em suas bordas (colagem horizontal A), em suas faces (colagem vertical B) e nas bordas e faces (colagem horizontal A2); em seguida foram viradas e posicionadas no dispositivo de prensagem, na posição em que serão coladas; por fim é feito o fechamento do dispositivo e aplicada a pressão necessária para a união horizontal e vertical das peças. As placas permanecem no dispositivo por um período de 12 horas, logo após são retiradas e deixadas descansando

pelo mesmo período de tempo, completando um ciclo de 24 horas, tempo de cura recomendado pelo fabricante. Ao final do processo foram geradas duas placas com dimensões de 60x60x0.5cm, uma placa com 60x60x1cm, uma placa com 62x31.5x1cm e quatro barrotes com 60x5x3.5cm (comprimento x largura x espessura).

4.7 Usinagem das placas

Nesta etapa são executados todos os cortes, rasgos e encaixes, definidos para cada componente na fase projetual. Cada processo será descrito de forma detalhada, para cada componente a seguir:

Placa sólida – A placa de 60x60x0.5cm, gerada na etapa anterior, é esquadrada com o auxílio de uma serra esquadrejadeira de varão, para a obtenção das dimensões especificadas na etapa projetual. Ao final foi gerada uma placa com 58x58cm, com uma espessura de 5mm.

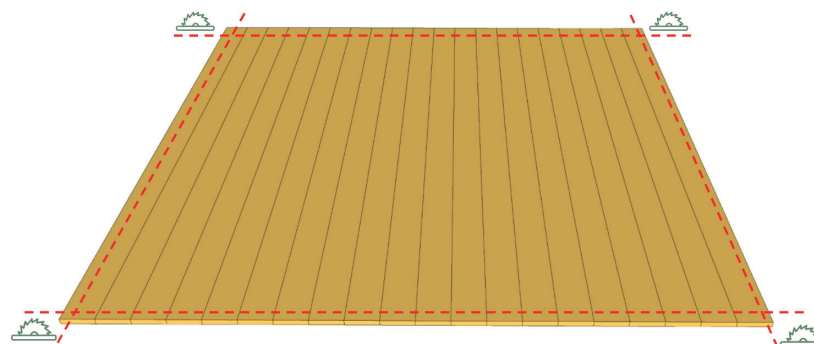


Figura 37: Processo de usinagem placa sólida.

Fonte: Produzido pelo autor.

Placas vazadas - Para a usinagem dos desenhos escolhidos para o painel, foi feito o uso de uma Router CNC, máquina computadorizada que permite cortes rápidos e precisos, com os mais diversos formatos e complexidade. Esta etapa precisou ser feita fora da universidade, pois as máquinas disponíveis encontravam-se sem operadores capacitados. Ao final do processo, foram geradas duas placas, com os desenhos definidos na etapa projetual, com dimensão de 58x58cm e espessuras de 0.5 e 1 centímetros. pelo mesmo período de tempo, completando um ciclo de 24 horas, tempo de cura recomendado pelo fabricante. Ao final do processo foram geradas duas placas com dimensões de 60x60x0.5cm, uma placa com 60x60x1cm, uma placa com 62x31.5x1cm e quatro barrotes com 60x5x3.5cm (comprimento x largura x espessura).

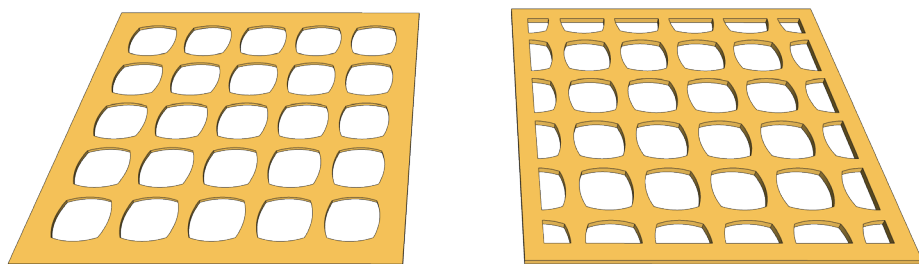


Figura 38: Processo de usinagem placas vazadas.
Fonte: Produzido pelo autor.

Molduras estruturantes - Com o auxílio de uma plaina desengrossadeira de bancada, as peças foram aplainadas em suas quatro faces para atingir a bitola especificada na fase projetual, secção de 5x3cm; em seguida, com a ajuda de uma serra circular de bancada, foram feitos os cortes de topo para conferir o comprimento final da peça; por fim, foram executados os encaixes do tipo “dedinho”.

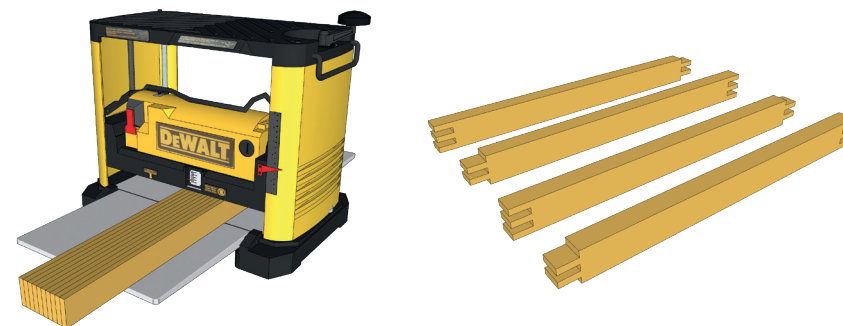


Figura 39: Processo de usinagem molduras estruturantes.
Fonte: Produzido pelo autor.

Molduras de acabamento - A placa de 62x31.5x1cm, gerada na etapa anterior, tem suas bordas esquadradas e em seguida é subdividida longitudinalmente em quatro partes com dimensão de 60x7.5x1cm (comprimento x largura x espessura), finalizando o processo com o corte em ângulo de 45° das extremidades da peça.

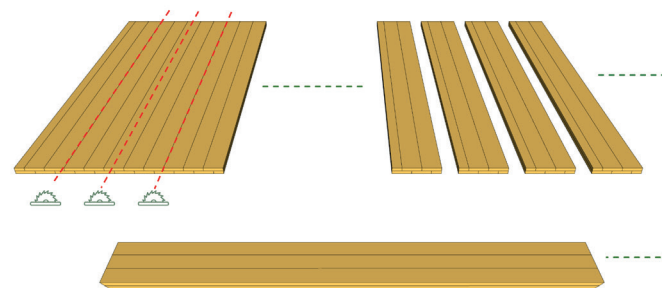


Figura 40: Processo de usinagem molduras de acabamento.
Fonte: Produzido pelo autor.

Após a etapa de usinagem, todas as peças foram submetidas a um processo de lixamento, a fim de eliminar resquícios do adesivo, proveniente do processo de prensagem e conferir o acabamento adequado das mesmas.

4.7 Montagem do Painel

A seguir será demonstrado como se dará o processo de montagem do painel. Esta tarefa ainda encontra-se em execução e será finalizada para a apresentação junto à banca examinadora.

Esta etapa se dá de forma simples, através de encaixes previamente definidos na fase de projeto e colagem das peças, não sendo necessário o uso de fixações mecânicas, como pregos e parafusos. Ao final da montagem, o painel é colocado no dispositivo de prensagem para garantir a união dos diversos componentes. O processo de cura do adesivo se dá conforme a etapa de colagem das ripas.

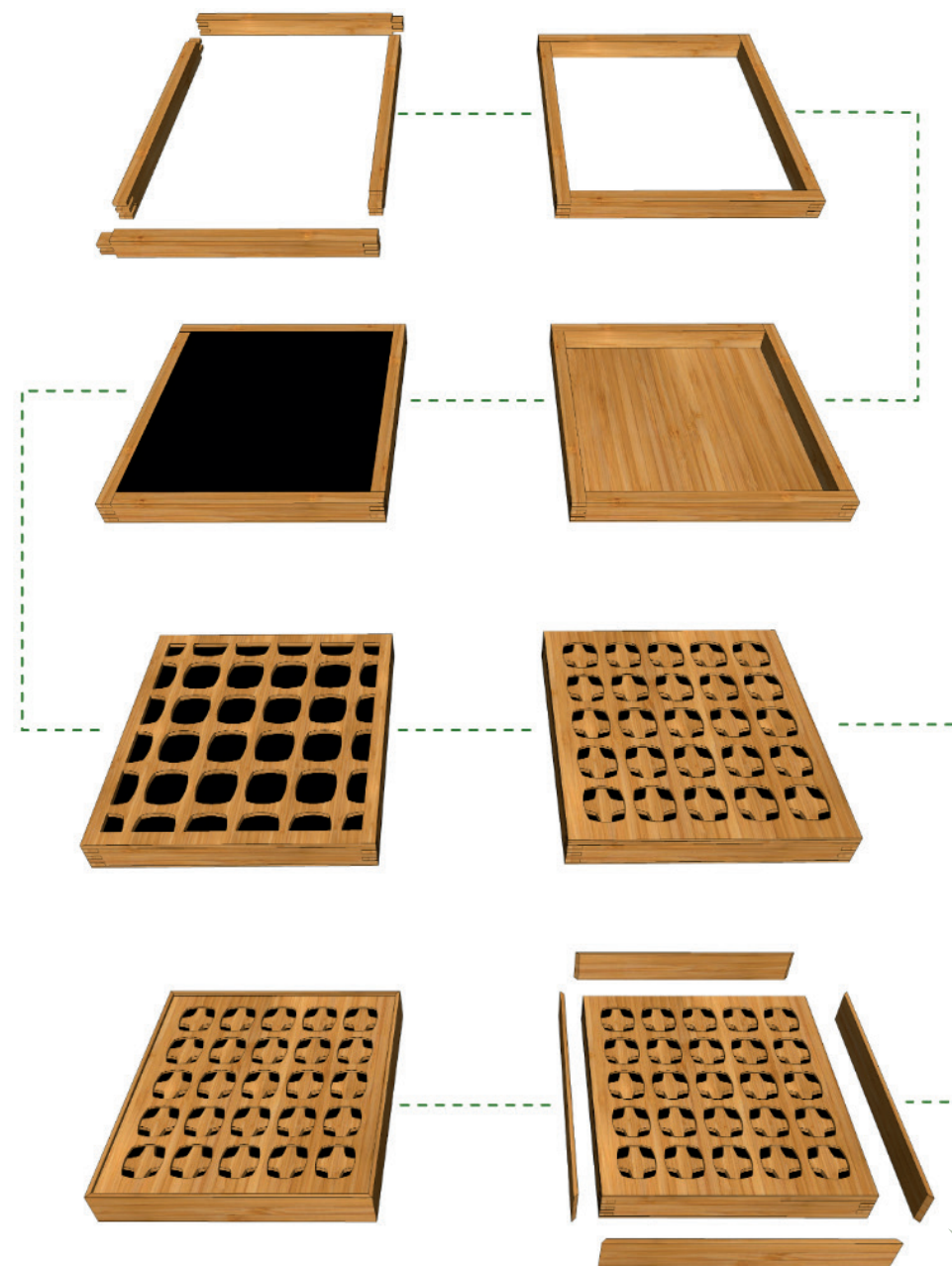


Figura 41 – Esquema de montagem do painel

Fonte: Produzido pelo autor

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

5.1 AUDITÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIA DE UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA

5.1 Proposta de intervenção

Para exemplificar a aplicação do modelo proposto, fora selecionado o Auditório do Centro de Tecnologias da Universidade Federal da Paraíba como ambiente a receber a intervenção. O espaço se destina ao emprego da palavra falada: Palestras, aulas e conferências.

Ficha Técnica

Capacidade: 225 pessoas sentadas.

Área: 222 m².

Pé direito: 3.95 m (próxima ao palco); 2.95 m (entrada).

Materiais

Alvenaria: Tijolo cerâmico maciço.

Teto: Concreto liso pintado.

Piso: Concreto liso não pintado (granilite).

Janelas: Alumínio pintado e vidro.

Portas: Madeira envernizada e vidro.

Assentos: Madeira envernizada.

A aplicação sugerida para o painel é em sistema de Nuvem Acústica com placas dispostas lado a lado, em uma mesma altura, formando grupos de quatro unidades, com espaçamento entre os mesmos para acomodação das instalações prediais que se fizerem necessárias.

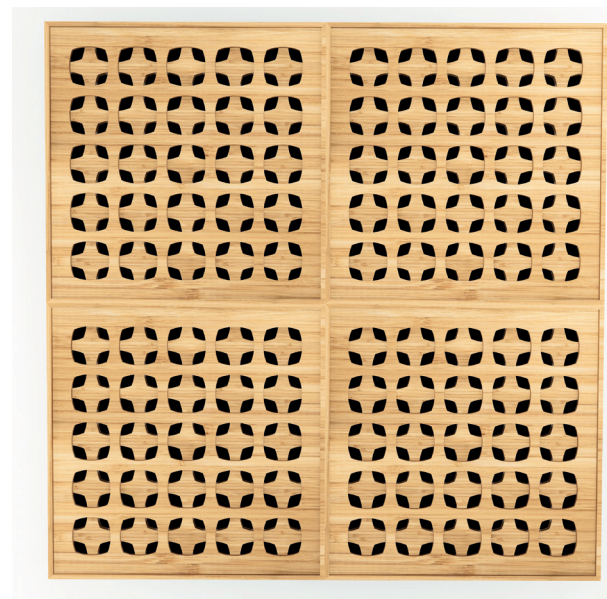


Figura 42 – Agrupamento dos painéis em sistema de nuvem

Fonte: Produzido pelo autor



Figura 43 – Agrupamento dos painéis em sistema de nuvem

Fonte: Produzido pelo autor

Para a instalação do sistema, as placas serão unidas entre si com o auxílio de chapas de alumínio e parafusos, posteriormente são parafusadas em cantoneiras, e em sequência são fixadas ao perfil de alumínio estrutural, que por sua vez é preso ao teto através de cabos de aço fixados com parafuso e bucha.

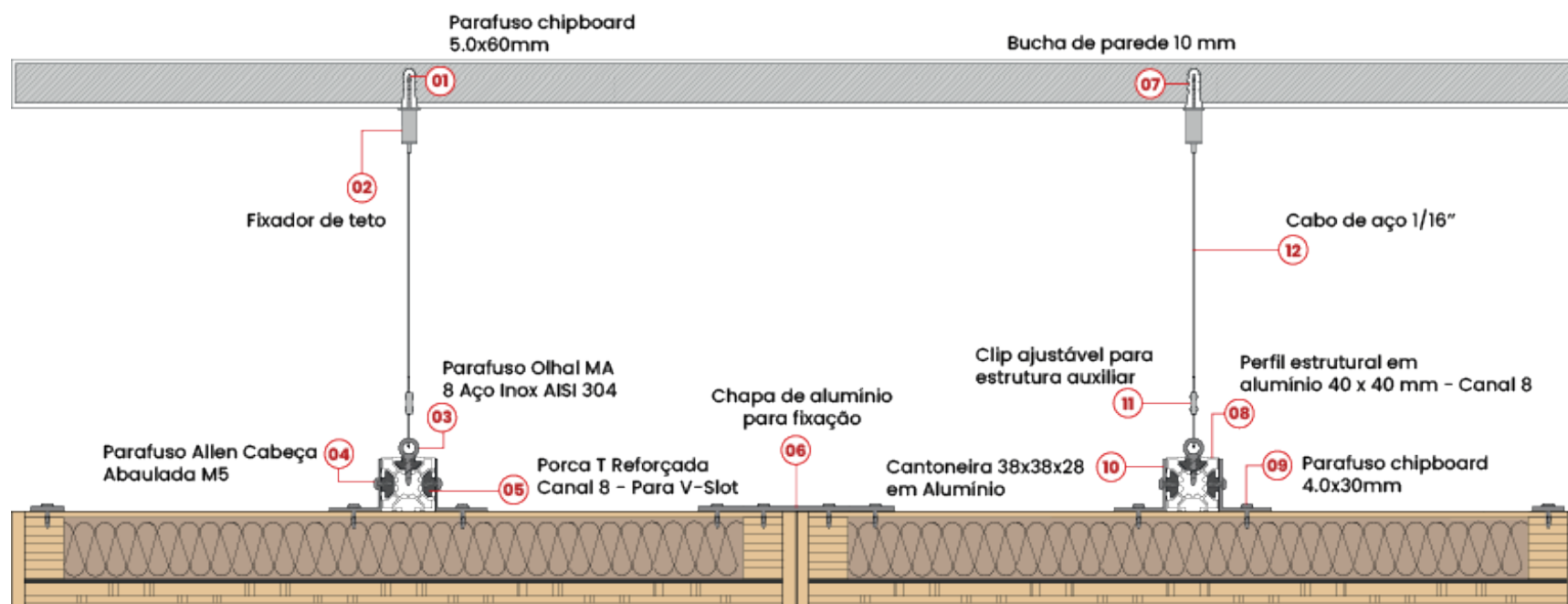
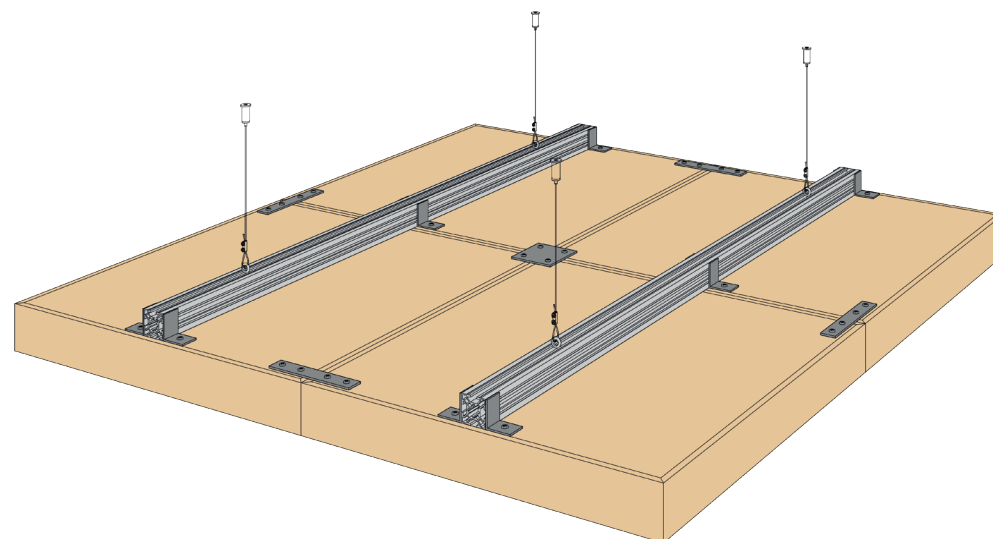


Figura 44 - Detalhamento do sistema de fixação

Fonte: Produzido do autor

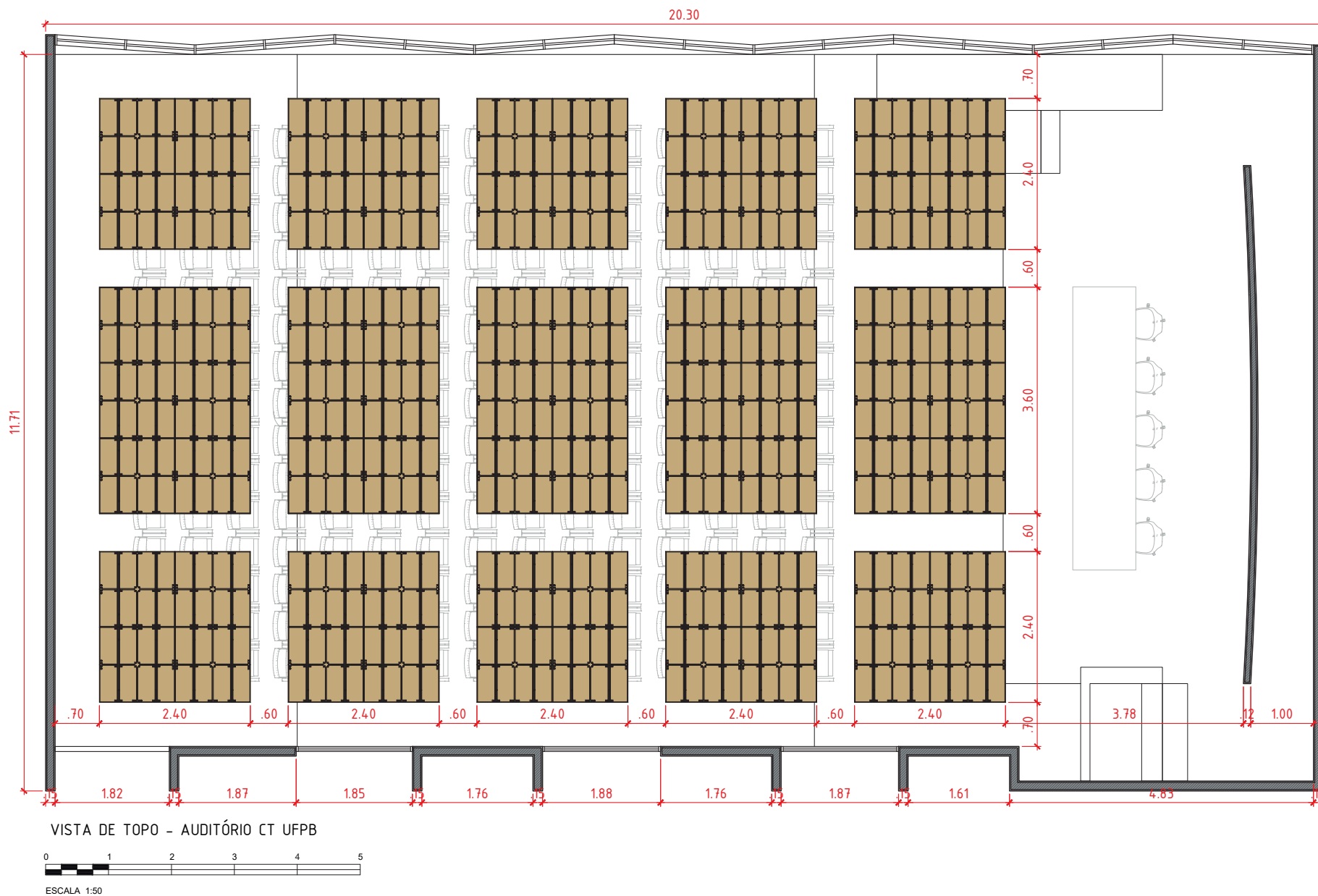
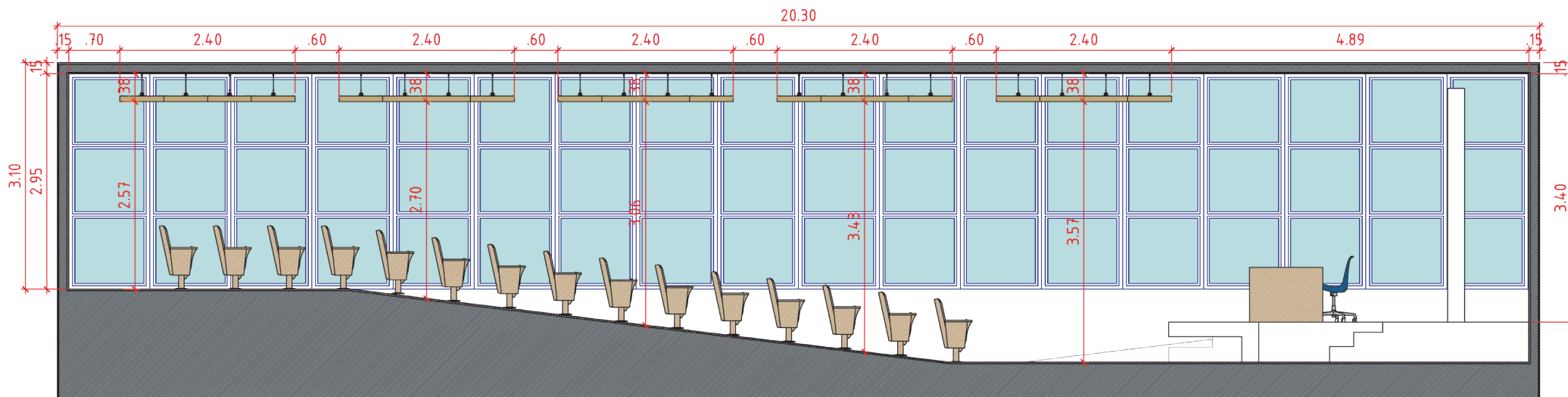


Figura 45 - Planta baixa com o sistema aplicado.

Fonte: Produzido do autor



CORTE AA - AUDITÓRIO CT UFPB

0 1 2 3 4 5

ESCALA 1:50

Figura 46 - Corte longitudinal com o sistema aplicado.

Fonte: Produzido do autor



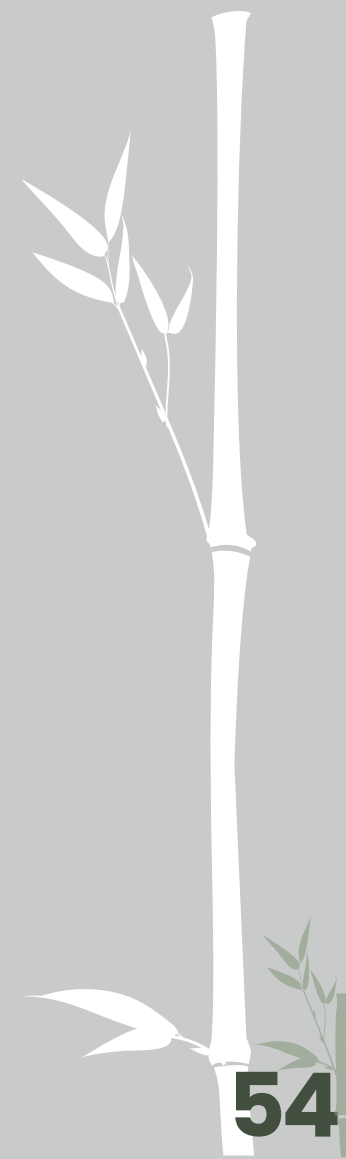


05

CONSIDERAÇÕES FINAIS E REFERÊNCIAS



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Bluncher, 2006.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Decreto-lei n° 12.484, de 8 de setembro de 2011**. Dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu e dá outras providências. 8 set. 2011.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica Arquitetônica**. Brasília: Thesaurus, 2006.

DRUMOND, Patrícia Maria; WIEDMAN, Guilherme. **Bambus no Brasil: da Biologia à Tecnologia**. Rio de Janeiro, RJ, 2017.

LIMA, Douglas Mateus de; AMORIM, Mariana Mendes; JÚNIOR, Humberto Correia Lima; BARBOSA, Normando Perazzo; WILRICH, Fábio Luiz. **Avaliação do comportamento de vigas de bambu laminado colado submetidas à flexão**. Porto Alegre, 2014.

LÓPEZ, Oscar Hidalgo. **Bamboo the gift of the gods**. 2003.

LOUREDO, Joelma da Mota. **Painéis acústicos em bambu: propriedades mecânicas e acústicas de painéis aglomerados biocompósitos produzidos a partir de bambu e ácido cítrico**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU/UnB. Brasília, 2019.

MOIZÉS, Fábio Alexandre. **Painéis de Bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru**, São Paulo. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2007.

MURAD. José Roberto de Lima. **As propriedades físicas, mecânicas e meso-estrutural do bambu Guadua weberbaueri do Acre**. PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2007.

OLIVEIRA, A.K.F.de; PAEZ, J.B. **Caracterização físico-mecânica de laminado colado de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) para revestimento de pisos**. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 2006.

PADOVAN. Roberval Bráz. **O bambu na Arquitetura: Design de Conexões Estruturais**. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2010.

PATRAQUIM, Ricardo J.; PATRÍCIO, Jorge V. **Painéis acústicos de design inovador**. Acústica 2008, Universidade de Coimbra. Portugal, 2008.

PEREIRA, Marcos A. R. **Projeto bambu: introdução de espécies, caracterização e aplicações**. Tese (livre-docência) - Universidade Estadual Paulista, Universidade, Faculdade de Engenharia, Bauru, 2012.

PEREIRA, Marco A.R.; BERALDO, Antonio L. **Bambu de corpo e alma**. 2ª Edição. Bauru- SP: Canal6, 2016.

QUEIROGA, Francisca Amanda Vieira. **Estratégias de redução do ruído de impacto através de intervenções no sistema de forro**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2020.

RIVERO, Lourdes Abade. **Laminado colado e Contraplacado de Bambu**. Dissertação de Mestrado em Construções. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

VIEIRA, Rodrigo José de Andrade. **Desenvolvimento de painéis confeccionados a partir da fibra de coco para o controle acústico de recintos**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará. Belém, 2008.

O que são as nuvens acústicas e por que devemos contar com elas?. **OWA Sonex**, 2019. Disponível em: <<https://blog.owa.com.br/o-que-sao-as-nuvens-acusticas-e-por-que-devemos-contar-com-elas/>>. Acesso em: 10 de nov. de 2022.