

## SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL – O BAMBU-GIGANTE COMO MATERIAL CONSTRUTIVO

## SUSTAINABILITY IN CIVIL CONSTRUCTION – THE GIANT BAMBOO AS CONSTRUCTIVE MATERIAL

BARREIROS, Éder José<sup>1</sup>  
VIEZZER, Marlize Reffatti Zinelli<sup>2</sup>  
BONELLI, Thiago Scremin<sup>3</sup>  
GABRIEL, Aparecida Garcia Pacheco<sup>4</sup>

Recebido: jul. 2021; Aceito: nov. 2021

**Resumo:** Na cultura do bambu evidenciam-se várias espécies de bambu, sendo uma espécie de rápido crescimento e versátil. Dessa maneira, questiona-se considerando sustentabilidade e economia o bambu-gigante apresenta potencial de uso para a construção civil? Assim, objetiva-se mostrar como o bambu-gigante pode ser utilizado como um material sustentável na construção civil. Os objetivos específicos são descrever as principais características do bambu-gigante, analisar os aspectos do desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade na construção civil, e verificar se à norma regulamentadora para o uso do bambu na construção civil no Brasil. Assim, trata-se de estudo bibliográfico com método exploratório. Na atualidade, é preciso repensar no consumo e elementos de materiais que são utilizados na construção civil, procurando alternativas sustentáveis e contribuindo para uma atividade mais econômica e eficiente. Os recursos florestais como o uso do bambu-gigante, proporciona um importante material de baixo custo, fonte renovável de matéria-prima, plantio, corte, manuseio e logística de transporte como uma alternativa eficiente para a substituição da madeira. Portanto, o bambu como elemento construtivo é uma matéria-prima que possui potencial de sustentabilidade e questões relacionadas à preservação do meio ambiente. Na construção civil, o desenvolvimento sustentável passa por transformações tanto nos padrões de consumo quanto na produção.

**Palavras-chave:** Cultura do bambu. Construção civil sustentável. Normas para uso do bambu.

**Abstract:** In bamboo culture several species of bamboo are evident, being a fast growing and versatile species. Thus, considering sustainability and economy, does giant bamboo have potential for use in civil construction? Thus, the objective is to show how giant bamboo can be used as a sustainable material in civil construction. The specific objectives are to describe the main characteristics of giant bamboo, analyze aspects of sustainable development and sustainability in civil construction, and verify the regulatory standard for the use of bamboo in civil construction in Brazil. Thus, it is a bibliographic study with an exploratory method. Currently, it is necessary to

<sup>1</sup> Estudante do curso Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Direito de Alta Floresta (FADAF).

<sup>2</sup> Doutoranda em Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, possui graduação em Engenharia Florestal pela UNEMAT - (2009), graduação em Tecnologia em Gestão de Marketing pela UNOPAR - (2008); Engenharia de Segurança do Trabalho pela UNIC - (2014); Mestrado em Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Técnica de Comercialización y Desarrollo - UTCD (2013).

<sup>3</sup> Licenciado em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso (2010); Mestre em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso (2013); Doutor em Ciências na área de Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2017).

<sup>4</sup> Pedagoga pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Umuarama (1989) Graduação em Direito pela Faculdade de Direito de Alta Floresta (2012); Mestra em Ensino; Doutoranda em Ensino - pela Universidade do Vale do Taquari - Univates/ RS.

rethink the consumption and elements of materials that are used in civil construction, looking for sustainable alternatives and contributing to a more economical and efficient activity. Forest resources such as the use of giant bamboo provide an important low- cost material, a renewable source of raw material, planting, cutting, handling and transport logistics as an efficient alternative to replacing wood. Therefore, bamboo as a constructive element is a raw material that has potential for sustainability and issues related to the preservation of the environment. In civil construction, sustainable development undergoestransformations in both consumption and production patterns.

**Keywords:** Bamboo culture. Sustainable civil construction. Standards for the use of bamboo.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas atividades desenvolvidas pela construção civil a procura pela utilização de meios construtivos sustentáveis ainda acontece de forma lenta. O grande desafio na atualidade se baseia na inserção de materiais que sejam, eficientes, sustentáveis e apresentarem um baixo custo. Ademais, existem diversos materiais usados em construções, nos quais se destacam o concreto, o aço, o tijolo e a madeira. Entretanto, estes materiais, possui um custo elevado na sua extração, pois envolve veículos que os transportam, máquinas motorizadas elétricas ou a combustão e mão-de-obra para ser realizado a industrialização, além de causarem degradação imensas ao meio ambiente (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

A construção civil é fundamental para o desenvolvimento e o crescimento econômico e social de um país, mas, por outro lado, é um dos ramos que mais causam impacto no meio ambiente. O uso em grande escala de matérias-primas não renováveis são os fatores que mais contribuem para degradação ambiental. Desse modo, os profissionais da construção civil tendem a buscar alternativas sustentáveis para diminuir essa utilização.

Diante da necessidade de construções sustentáveis e renováveis, surge a seguinte problemática: Considerando sustentabilidade e economia o bambu-gigante apresenta potencialde uso para a construção civil?

Dessa forma, de modo a propor ações de redução dos impactos ambientais, o objetivo é mostrar como o bambu-gigante pode ser utilizado como um material sustentável na construçãocivil. São objetivos específicos descrever as principais características do bambu-gigante, analisar os aspectos do desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade na construção civil, e verificar se à norma regulamentadora para o uso do bambu na construção civil no Brasil.

Para contemplar os objetivos propostos, a pesquisa parte de um estudo bibliográfico, através da análise e interpretação de estudos científicos referente ao uso do bambu-gigante como material sustentável na construção civil. O método exploratório foi utilizado para levantar informações e não obter conclusões estatísticas sobre o problema da pesquisa. Desse modo, levantar hipóteses e construir uma base sólida e conclusiva acerca do tema proposto pelo estudo. Os resultados apresentados são de caráter qualitativa, baseado na subjetividade, expondo narrativas, ideias e experiências adquiridas através da referência da bibliografia.

Assim, percebe-se que em buscas de alternativas de um produto que ofereça matéria- prima abundante, que seja capaz de se desenvolver nas regiões brasileiras, que seja sustentávele causam menos impactos ao meio ambiente, pode-se destacar o bambu-gigante como uma ótima escolha de material a ser empregado na construção civil. Inserir esse recurso renovável em meios construtivos é contemplada de forma genuína a vertente de sustentabilidade, visto que possui excelente adaptação

no país.

Portanto, o bambu-gigante torna-se cada vez mais um material acessível e disponível no mercado brasileiro a eficiência desse material, se assemelha ao aço usado na fabricação do concreto armado, principalmente em construções estruturais de pequeno porte. O seu uso também pode ser em andaimes, caixarias, escoras e armações (SERRA; SILVA, 2019). Além de fonte de renda, a produção também é uma forma sustentável e serve como matéria-prima para o setor construtivo que visam diminuir os impactos no meio ambiente.

## 2 A CULTURA DO BAMBU

O surgimento do bambu se deu no final do período da era mesozoica (entre 250 a 65 milhões de anos atrás) e no início do período cenozoica (se iniciou há 65 milhões de anos e se estende até os dias atuais). Mesmo com o decorrer dos séculos, esta planta usada desde os antepassados para inúmeras finalidades é compreendida até hoje como um importante recurso renovável (NUNES; SOBRINHO JÚNIOR; PASTOR, 2020).

À propósito, o bambu acompanha as diversas atividades na evolução humana, como a criação de ferramentas e objetos. O bambu é conhecido e utilizado há séculos pelos habitantes de países tropicais, devido às suas características de dureza, leveza, resistência, conteúdo de fibras, flexibilidade e facilidade de trabalho. Os países da América Latina cultivam o bambu para pesquisas, construção urbanas e rurais (SERRA; SILVA, 2019).

A China é a principal influência do uso de bambu, porquanto, desenvolveu um papel muito importante na cultura e na ideologia chinesa, o que pode ser observado nas escritas, pinturas e poesias (SOUZA; LEÃO; QUARESMA, 2020). Estima-se que são em média 4 mil meios de uso do bambu na China destacando-se as tradicionais, artesanato, agricultura, artes, cultura, nas áreas de construção e atividades diárias das pessoas, beneficiando a economia rural desse país (SERRA; SILVA, 2019).

Os portugueses também tiveram participação na cultura da produção do bambu, em que pese seus conhecimentos, introduziram outras técnicas durante a colonização em reforços de estruturas de moradias conhecidas como “taipa” (SERRA; SILVA, 2019). Os colonizadores portugueses e imigrantes asiáticos trouxeram para o Brasil as espécies mais conhecidas de bambus disseminadas pelo território brasileiro e são fonte de renda de muitas famílias (SOUZA; LEÃO; QUARESMA, 2020).

Ademais, no Brasil, através dos índios, utilizava o bambu como instrumentos manuais e em construções de habitações e estruturas desenvolvendo técnicas específicas, inclusive, para produtos artesanais, instrumentos, papéis de fibras longas (SERRA; SILVA, 2019). O Brasil também é considerado um grande produtor de bambu, possuindo cerca de 200 espécies, eles podem ser utilizados na fabricação de móveis, alvenarias, pisos, revestimentos, forros, brises, pergolados, alimento, tecidos, painéis e geração de energia no setor industrial (SOUZA; LEÃO; QUARESMA, 2020).

O Brasil dispõe de clima favorável e grande extensão de áreas degradadas inaptas para outros cultivos, mas adequadas ao plantio de diversas variedades de bambu de valor comercial. No entanto, a atividade econômica relacionada ao bambu no Brasil é bastante restrita. Esse cenário deve-se à ausência de tradição no emprego do bambu como matéria-prima e, também, às lacunas de conhecimento e tecnologias locais que permitam usar tanto as espécies de clima temperado, quanto as espécies tropicais nativas, com excelentes propriedades físicas e mecânicas, além de grande

potencial comercial (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

Com o intuito de fortalecer a cadeia produtiva do bambu no Brasil, foi criada a Lei nº 12.484, de 8 de setembro de 2011 que dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu e dá outras providências (BRASIL, 2011).

Desse modo, seguindo o estendimento do legislador:

Art. 3º São diretrizes da PNMCB:

I - a valorização do bambu como produto agro-silvo-cultural capaz de suprir necessidades ecológicas, econômicas, sociais e culturais;

II - o desenvolvimento tecnológico do manejo sustentado, cultivo e das aplicações do bambu;

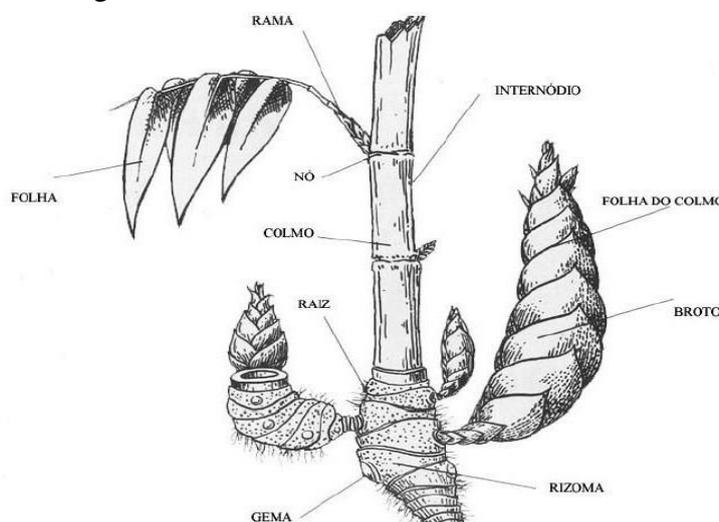
III - o desenvolvimento de polos de manejo sustentado, cultivo e de beneficiamento de bambu, em especial nas regiões de maior ocorrência de estoques naturais do vegetal, em regiões cuja produção agrícola baseia-se em unidades familiares de produção e no entorno de centros geradores de tecnologias aplicáveis ao produto (BRASIL, LEI Nº 12.484, DE 8 DE SETEMBRO DE 2011).

A supracita lei incentiva o manejo sustentável e a cultura do bambu, que passa a ser tratado como um produto agrícola, e o produtor passou a possuir linhas de financiamento para o seu cultivo (BRASIL, 2011). Considerando a importância socioambiental e econômica do bambu e a demanda reprimida existente no setor, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) propõe o Projeto nº 04.15.00.008, visa agregar, em uma única obra, informações de qualidade oriundas de diferentes instituições brasileiras e possam auxiliar no desenvolvimento e na consolidação da cadeia produtiva do bambu no Brasil (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

## 2.1 DESENVOLVIMENTO DO BAMBU

Os bambus são plantas gramíneas, herbáceas gigantes e lenhosas, de rápido desenvolvimento e classificada como *Bambusea*. O bambu apresenta uma parte aérea formada por colmo, folhas, ramificação e outra parte subterrânea constituída de rizoma e raiz. Os colmos de bambu saem do solo com diâmetro e números de nós definidos. Em menos de um ano, o bambu atinge a sua altura máxima e, após esse tempo, os colmos vão aumentando a sua resistência (figura 1) (NUNES; SOBRINHO JÚNIOR; PASTOR, 2020).

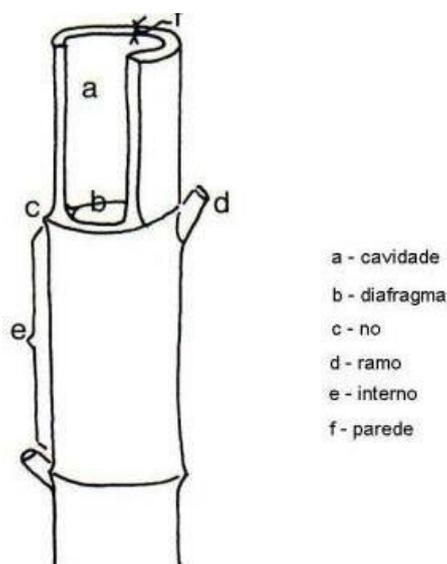
Figura 1 - Partes da estrutura de um bambu



Fonte: Nunes e Pastor (2020, p. 153).

O colmo é a parte aérea da planta que possui de forma cilíndrica e que contém uma série de entrenós que são ocos, separados de forma transversal por diafragmas, dos quais saem os ramos e a folhagem. As partes do colmo são cavidades, diafragma, nó, ramo, interno e parede. Os colmos possuem um diâmetro, altura, espessura da parede e forma de crescimentos distintos, de acordo com cada espécie. Alguns colmos apresentam apenas alguns centímetros de altura e poucos milímetros de diâmetro, muito usados de forma ornamental, mas outros podem chegar a 40 metros de altura e atingir até a 30 centímetros de diâmetro (Figura 2) (SOUZA, 2014).

Figura 2 - Seção de um colmo de bambu e suas denominações



Fonte: Pereira (2021, on-line).

Os colmos dos bambus possuem na sua base o mesmo diâmetro máximo desde o início de sua brotação não possuindo crescimento secundário, constituído por cavidade, diafragma, nó, ramo, entrenó e parede. Os entrenós são ocos na maioria das espécies e separados pelos diafragmas. Os nós somos as partes externas dos diafragmas e são de onde saem os ramos e as folhas (PEREIRA, 2021).

A parte externa do colmo é constituída por duas camadas de células epidérmicas cobertas por uma camada cutinizada e com cera. Mais internamente tem-se uma camada mais espessa e altamente lignificada, constituída de inúmeras células esclerenquimáticas (feixe de fibras), dificultando qualquer movimentação lateral de líquidos (SERRA; SILVA, 2019).

Desse modo, o colmo do bambu possui diversas características que lhe conferem leveza, dureza, flexibilidade, força e facilidade de utilização, assim propício para diferentes áreas. Outra propriedade física funcional é a sua capacidade de absorver umidade, chamado material higroscópico. Portanto, a transmissão de calor do bambu em relação à madeira é menor nas mesmas condições de umidade (BRITO *et al.*, 2015).

Sendo assim, os entrenós aumentam de comprimento da base até o meio do colmo e diminuem em direção ao topo. Os diâmetros máximos para uma mesma espécie podem variar sendo influenciados em função das condições ambientais e da idade da touceira, e são atingidos normalmente entre o quarto e o quinto ano após o plantio (SERRA; SILVA, 2019).

Os vasos têm como função o transporte de nutrientes da raiz para todas as outras partes da planta e, como os colmos de bambu são esbeltos, os vasos são reforçados por um tecido, a esclerênquima, que lhes dá resistência. O conjunto vascular é o componente estrutural mais variado do colmo do bambu, sua forma, tamanho e distribuição variam no interno e ao longo (comprimento) do colmo (MARQUES; LUIS; SILVA, 2020).

Para a produção do bambu, o preparo do solo é de suma importância, após uma análise preliminar e também o reconhecimento em uma determinada região selecionada por suas condições desejáveis, climáticas e altitude ideais, devem prosseguir com a avaliação topográfica, vegetação existente e características do solo. Como uma etapa final antes de decidir-se o local é adequado para o cultivo de bambu, as amostras de solo devem ser levadas a um laboratório para uma análise completa (SOUZA; LEÃO; QUARESMA, 2020).

O plantio é recomendado em locais sombreados ou coberturas com pouca incidência do sol para diminuir a evaporação dos transplantes e promover um bom enraizamento da planta. Quanto à necessidade de chuvas, de maneira geral os bambus se desenvolvem bem com precipitações iguais ou superiores a 1.200 mm anuais (MARQUES; LUIS; SILVA, 2020).

O bambu exige procedimentos simples no seu cultivo, parecido com outras plantas, mas se deve ter o cuidado de manter o distanciamento entre plantas. O bambu desenvolve-se em vários climas, e a chuva é importante, já que a umidade é fundamental para a planta. É uma cultura perene, sem replantio e sua época para o plantio é a do início das chuvas (NUNES; SOBRINHO JÚNIOR; PASTOR, 2020).

O corte do bambu deve ser realizado na estação seca do ano, pois os colmos estão com menor teor de água, tornando-se mais leves para manuseio, transporte e a planta possui menos seiva, tornando-se menos vulneráveis ao ataque de fungos e insetos. O corte, que deve ser feito com serra apropriada, deverá ter altura de 0,15 cm a 0,30 cm do solo e acima do nó, o bambu necessita de alguns cuidados com a secagem, para reduzir as contrações e dilatações da madeira, evitando o aparecimento de rachaduras e fendas. Este corte precisa ser feito anualmente, fazendo uma seleção de colmos maduros, retirando também os defeituosos e os que estão secando na moita (MARQUES; LUIS; SILVA, 2020).

A maioria dos trabalhos realizados com a cultura do bambu recomenda que sua colheita seja realizada nos meses mais frios e secos, pois os colmos com menor teor de umidade ficam mais leves, o que facilita tanto o corte quanto o transporte, além de evitar que os colmos trinquem. O tratamento dos colmos de bambu deve ser feito para prolongar a durabilidade e a vida útil dos colmos. O tratamento dos colmos é outro desafio para o armazenamento e utilização do bambu. Vários métodos já foram utilizados com esse intuito, tais como banho frio; químico e térmico (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

A escolha do método de tratamento depende de vários fatores, como o fim para que é usado, se está verde ou seco, qual a quantidade de canas a tratar, etc. Em alguns lugares, a restrição ao uso do bambu deve-se à sua durabilidade, que pode ser de 1 a 3 anos sem tratamento em contato com o solo e de 4 a 6 anos sem tratamento e sem contato com o solo. Mas o manejo adequado dos colmos é que irá garantir maior ou melhor durabilidade do seu uso (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

O armazenamento do bambu deve ser, preferencialmente, abrigado em locais cobertos e erguido a 15 cm do solo para evitar a umidade e contato com pragas. Além disso, as varas devem ser dispostas em camadas espaçadas para permitir a passagem de ar entre elas (SOUZA, 2014). Para a preservação do bambu deve ser feito um tratamento natural ou químico, o segundo mais eficaz. O tratamento químico pode fazer com que uma construção de bambu dure em torno de 15 anos

(PEREIRA, 2021).

## 2.2 ESPÉCIE BAMBU-GIGANTE - *DENDROCALAMUS GIGANTEUS*

Na cultura do bambu evidenciam-se várias espécies de bambu, entretanto, na construção civil o uso da bambu-gigante, que possui nome científico *Dendrocalamus giganteus munro* é uma espécie de rápido crescimento e versátil, além de proporcionar custos e benefícios. Aspectos como espessura da parede, diâmetro e linearidade longitudinal do colmo, comprimento das hastes, aliada à produtividade florestal, fazem dela uma espécie apropriada para reflorestamentos e utilizações industriais, inclusive para confecção de laminado colado (BRITO *et al.*, 2015).

Originário da Malásia, possui folhas acuminadas e flores verdes de início, que depois se tornam amareladas e pardo-claras, com espiguetas paniculadas, a planta floresce a cada trinta anos (MARINHO *et al.*, 2012). O bambu-gigante ou bambu-balde, possui grande porte e pertence ao grupo dos entouceirantes. Possui um bom desenvolvimento em regiões tropicais úmidas e regiões subtropicais, em solos férteis e suporta temperaturas mínimas até  $-2^{\circ}\text{C}$  (figura 3) (BRITO *et al.*, 2015).

Figura 3 - Bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*



Fonte: Sítio da Mata (2021, on-line).

Considerado o mais alto bambu do mundo, possui colmos que variam entre 18 e 40 m de altura e seu diâmetro de 12 até 32 cm. Os colmos têm paredes espessas com 1,5 a 2,5 cm e sua cor pode ser de verde fosco a verde-escuro azulado e coberto com uma crosta de cera branca quando jovens. Os entrenós, possuem normalmente comprimentos de 35 a 45 cm. Os ramos são agrupados, as folhas possuem diferentes tamanhos, os ciclos de floração são relatados a cada 40 anos. Sua origem é do sudeste asiático em climas tropicais e subtropicais, geralmente em montanhas com até 1200 m de altitude, podendo, porém, ser cultivado em terras baixas onde a umidade do solo é alta (BRITO *et al.*, 2015).

O conhecimento da composição química dos colmos de bambu das diversas espécies é importante para obtenção de dados relativos às características peculiares de cada uma. As propriedades físicas e mecânicas dos bambus estão correlacionadas com as suas propriedades químicas e anatômicas, destacando-se o teor de lignina e a espessura das paredes celulares. As

oscilações na densidade dos tecidos lenhosos também são originárias das diferenças estruturais, anatômicas e pela presença de extrativos na sua composição química (MARINHO et al., 2012).

Nesse sentido, importa mencionar que as fibras constituem o tecido esclerenquimático, estão bem concentradas nos internos e protegem os feixes vasculares, formando de 40 a 50% do tecido total do colmo e 60 a 70% de sua massa (BRITO et al., 2015). Os fatores climáticos também influenciam na produção do bambu-gigante, principalmente na quantidade de extrativos totais. Devido à facilidade de serem extraídos em água ou em solventes orgânicos neutros, ou volatilizados através do vapor, os extrativos vegetais são compostos orgânicos aromáticos.

### 2.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, visto que tem grande impacto na economia, na sociedade e no ambiente. Ela corresponde a um macro complexo, que inclui a indústria de construção e todos os segmentos industriais indiretamente ligados a suas atividades, formando um dos setores de maior expressão em qualquer economia (FERREIRA, 2018).

Entretanto, em simultâneo, onde a construção civil desempenha importante papel social e econômico, contribuindo para a geração de empregos, para a redução do déficit habitacional para a criação de infraestrutura, indispensável ao progresso; quando comparada a outros setores produtivos, ela é a principal consumidora de recursos naturais e é responsável por um impacto ambiental bastante expressivo, que infelizmente não pode ser reduzido na mesma proporção dos avanços tecnológicos experimentados pela indústria (FERREIRA, 2018).

Referente ao conceito de desenvolvimento sustentável:

Em 1987 surgiu o termo “desenvolvimento sustentável”, no momento em que a ONU apresentou o “Nosso Futuro comum”, documento mais conhecido como Relatório Brundtland, esta expressão é empregada para práticas que buscam suprir as necessidades as necessidades atuais de modo que não venham a comprometer as gerações futura. A construção civil tem buscado novas opções em relação a materiais, trabalho e ganho econômico. Com o objetivo de utilizar materiais de forma sustentável sem agredir o meio ambiente e sem causar desaparecimento de materiais básicos, os mais utilizados nas obras de grande, médios e pequenos portes estão sendo revisado (SOUZA; LEÃO; QUARESMA, 2020, p. 22).

Diante disso, o Relatório Brundtland, foi um importante documento para elaboração de práticas de desenvolvimento sustentável, sendo referenciada nos dias atuais para a construção civil.

Nesse sentido, oportuna é a transcrição:

O avanço do conceito de “desenvolvimento sustentável”, desencadeou o surgimento e a adoção de práticas ou padrões ambientais, tanto relacionados à produção (análise do ciclo de vida, padrões de construção ecológica, etc.) quanto aos procedimentos de gestão (sistema de gestão ambiental) na indústria da construção civil. Muitos estudos têm destacado os impulsionadores, as desvantagens e os benefícios da implementação dessas novas práticas, com alguns chamando a atenção para as implicações estratégicas da adoção delas (FERREIRA, 2018, p.66).

Tecendo comentários acerca do exposto, existem métodos no setor da construção civil, usados para implementar preceitos sustentáveis, sendo a avaliação do desempenho ambiental, que

previnem e precavam os possíveis impactos que podem ser ocasionados, normalmente formados por um conjunto de protocolos definidos por indicadores e critérios (MARQUES; BISSOLI-DALVI; ALVAREZ, 2018).

A sustentabilidade em uma das suas definições preconiza o gerenciamento da qualidade e quantidade nos recursos naturais sem haver danos ou limitações nas suas fontes primários que impeçam o abastecimento futuro, onde, tanto os anseios presentes como os futuros sejam equitativamente atendidos (BARBOSA; SALOMÃO, 2018).

Com o surgimento de relatórios de sustentabilidade proporcionou uma oportunidade para uma avaliação mais consistente das práticas e desempenho ambiental das empresas. Uma investigação é necessária para esclarecer a linguagem que as empresas utilizam em suas divulgações e examinar possíveis implicações que isso possa acarretar (FERREIRA, 2018).

Portanto, a sustentabilidade na construção civil implica a existência de sistemas construtivos onde exista a agregação com os recursos naturais, respeitando as necessidades de uso e a existência do consumo humano, sem findar tais recursos, preservando assim, para as gerações futuras, promovendo um bem-estar biopsicossocial (BARBOSA; SALOMÃO, 2018).

### 2.3.1 Uso do bambu-gigante na construção civil

Com o aumento dos problemas climáticos, ambientais e sociais, a área da construção civil vem se preocupando cada vez mais com a escassez das matérias-primas não renováveis, sendo assim, busca alternativas que prejudique menos o meio ambiente. Para tanto, o bambu é o recurso florestal natural que menos tempo leva para ser renovado, não havendo nenhuma espécie florestal que possa competir em velocidade quanto ao crescimento (SERRA; SILVA, 2019). Desse modo, possui rápido crescimento e podendo ser plantado em larga escala em pequenas áreas (SOUZA; LEÃO; QUARESMA, 2020).

No Brasil, a utilização do bambu na engenharia civil atrai várias pesquisas que buscam novas alternativas de sustentabilidade a serem empregadas, assim, as diversas propriedades do bambu, contribuem pelo seu excelente desempenho estrutural sendo leve e resistente. Além de possuir características mecânicas e estruturais (SOUZA; LEÃO; QUARESMA, 2020).

O bambu pode ser usado em diversas construções, devido ser um material economicamente viável, adequado para edificações de baixo custo, podendo ser integrado no sistema moderno de produção de construções. Na construção civil, seu uso pode substituir a madeira como um material, pois possui alta eficiência estrutural e até mesmo sendo superior aos materiais estruturais (SERRA; SILVA, 2019).

O uso do bambu na construção civil é pequeno, mas seu potencial é imensurável ao considerar a evolução de processos de tratamento, produção e estocagem para o bambu roliço e a evolução da tecnologia para o processamento e produção do laminado colado de bambu (SERRA; SILVA, 2019). Seguindo essa perspectiva:

Por se tratar de um material orgânico e higroscópico, o bambu em contato com o concreto fresco, absorve água e, conseqüentemente, tem suas dimensões aumentadas. Quando o concreto já está endurecido, ocorre o processo inverso e o bambu perde a água absorvida, o que leva a uma redução de seu volume, gerando vazios que vão diminuir a eficiência da aderência entre os materiais mencionados. Deste modo é necessário realizar tratamentos para o uso do bambu área (SOUZA; LEÃO; QUARESMA, 2020, p. 19642).

Entretanto, nem todos os bambus estão aptos para ser utilizados como material de construção, pois, esse recurso para aplicações estruturais deve seguir os seguintes critérios:

Colmos eretos e direitos; varas esbeltas com diâmetro variável entre 5 e 25cm; espessura superior a 1 cm; gomos curtos e bem revestidos de sílica; varas maduras depois de cortadas deixadas 2 semanas verticalmente na mata para reduzir a quantidade de amido; boa resposta ao tratamento de preservação; alta densidade de matéria lenhosa; alto número de vasos vasculares (SANTOS, 2021, p. 37).

Antevejo relevância, os projetistas e executores tende a possuir um conhecimento específico sobre suas características, as empresas que disponibilizaram a matéria-prima, as técnicas de tratamento para sua utilização e o seu potencial. Para conseguir se assegurar sobre esse meio de construção, tem que possuir um acompanhamento da obra todo, documentos em seus diários. Para o aproveitamento do bambu alcance a sustentabilidade são necessários utilizar todas as etapas da cadeia produtiva, colocando seus conhecimentos sobre a área para proporcionar a aplicação do bambu na construção (SOUZA; LEÃO; QUARESMA, 2020).

Do ponto de vista energético, comparando as energias requeridas para se obter uma unidade de diferentes materiais, pode se ter uma ideia da sustentabilidade do bambu em relação aos outros materiais, conforme mostra a tabela 1 (SERRA; SILVA, 2019).

Tabela 1 - Consumo Energético por Material.

Material	Energia (MJ/m <sup>3</sup> por N/mm <sup>2</sup> )
Aço	1.500
Concreto	240
Madeira	80
Bambu	30

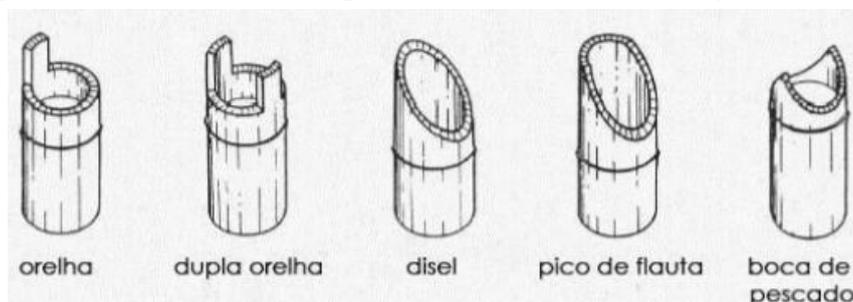
Fonte: Serra e Silva (2019, p. 37).

Outras causas que contribuem para o uso do bambu na construção civil, é devido às resistências à compressão e à tração do bambu são maiores durante seis anos, enquanto amostras com idade superior a oito anos apresentam uma resistência mais elevada a flexão. A resistênciado bambu é influenciada pelo conteúdo de umidade do colmo (SERRA; SILVA, 2019).

Se comparado a outros materiais naturais, o bambu possui maior resistência a flexão, inclusive ser mais resistente do que o aço, além de compressão, e também resultados mais satisfatórios. Outrossim, possui características estruturais que possibilita o seu uso, como, por exemplo, em pilares, lajes e vigas (SERRA; SILVA, 2019).

Entretanto, algumas dificuldades são encontradas na utilização do bambu como material de construção, a exemplo, são suas conexões, porque sua forma não é perfeitamente circular, cônica, oca, com diversas dimensões em seu comprimento, diâmetro e espessura de paredes (Figura 4) (SANTOS, 2021).

Figura 4 - Diferentes cortes aplicados a técnica de construção com bambu



Fonte: Santos (2021, p. 37).

Para solucionar essas dificuldades referentes às maneiras de conexões do bambu, conforme os estudos nesta área e conhecimento acerca das propriedades deste material, foram criadas conexões que são as mais usadas para as estruturas atuais e podem ser feitas dos mais diversos tipos e materiais, o importante é saber como as forças estão atuando e se a resistência é adequada (SANTOS, 2021).

## 2.4 ASPECTOS NORMATIVOS PARA O USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

No Brasil, o bambu mesmo com suas características e benefícios oferecidos no setor da construção civil a ausência de norma regulamentadora é um dos grandes inconvenientes que ainda impedem o seu destaque que outros materiais de construção. Por ser utilizado em diversas obras estruturais, faz-se imprescindível a regulamentação do bambu no país e sua normatização na construção civil (NUNES; SOBRINHO JÚNIOR; PASTOR, 2020).

No entanto, em 2017 nas dependências do SINDUSCON — SP, realizou-se a primeira reunião para discussão da Proposta para Criação da Norma brasileira para Estruturas de Bambu, que até então, não possui valor normativo (ABNT NBR XXXXX-1:2016, on-line).

Recentemente em 2020, foram elaborados dois projetos de normas técnicas pelo Comitê de Estudo de Estruturas de Bambu (CE-002:126.012) que também estão sem valor normativo. O Projeto ABNT NBR 16828-1 “aborda os requisitos básicos para projetos estruturais com colmos de bambu. Versa acerca das suas propriedades físicas e mecânicas, bem como acerca da sua durabilidade” (ABNT NBR 16828-1, on-line).

Por último, o Projeto ABNT NBR 16828-2 cujo “objetivo especifica métodos de ensaio para determinação das propriedades físicas e mecânicas do colmo ou de parte dele, para servirem de base ao projeto de estruturas de bambu” (ABNT NBR 16828-2, on-line).

## 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para elaborar a fundamentação teórica é a revisão da bibliográfica. Após a escolha do tema, iniciou-se um amplo levantamento das fontes teóricas (relatórios de pesquisa, artigos científicos, monografias, dissertações e teses) (PRODANOV; FREITAS, 2013), com o objetivo de elaborar a contextualização da pesquisa que trazem informações sobre o bambu, suas características e aplicações na construção civil como material sustentável.

Os critérios adotados foram estabelecidos por um marco teórico de referência, ou seja, as fontes publicadas em até cinco anos, exceto o livro Metodologia do Trabalho Científico. Além de obras científicas disponíveis que tratem do assunto ou que deem embasamento teórico e metodológico para o desenvolvimento da pesquisa. Outro ponto importante, foi a escolha de publicações escritas em língua português. Os descritores para busca são cultura do bambu, bambu-gigante, construção civil sustentável, e normas para uso do bambu.

Destaca-se que a finalidade da pesquisa científica se desenvolve a partir de um caráter interpretativo no que se refere aos dados obtidos, correlacionando a pesquisa com o universo teórico, servindo de embasamento à interpretação do significado dos dados e fatos colhidos ou levantados (PRODANOV; FREITAS, 2013). O método de abordagem caracteriza-se como exploratório pois buscou-se compreender o processo social da problemática deste estudo

direcionado no decorrer do desenvolvimento. A pesquisa exploratória tem por objetivo aprimorar hipóteses, validar instrumentos e proporcionar familiaridade com o tema proposto (FRANCO; DANTAS, 2017).

Sendo assim, a pesquisa de caráter exploratório são investigações de pesquisa empírica cujo objetivo é a formulação de um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos (MARCONI; LAKATOS, 2021).

Por último, os resultados e discussões são apresentados de maneira qualitativa. Assim, é um método de interpretação dinâmica e totalizante da realidade, pois considera que os fatos não podem ser relevados fora de um contexto social, político e econômico (PRODANOV; FREITAS, 2013). Portanto, o uso do bambu-gigante na construção civil contribui para o desenvolvimento social e econômico do país.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente é preciso repensar no consumo e elementos de materiais que são utilizados na construção civil, procurando alternativas sustentáveis e contribuindo para uma atividade mais econômica e eficiente. Os recursos florestais como o uso do bambu-gigante, proporcionam um importante material de baixo custo, fonte renovável de matéria-prima, plantio, corte, manuseio e logística de transporte como uma alternativa eficiente para a substituição da madeira.

A riqueza e a diversidade morfológica dos bambus são a base do conhecimento sobre sua taxonomia, e seu entendimento é crucial para o confiável reconhecimento de espécies. O bambu pode ser dividido em raiz, caule, folhas e inflorescências. A porção subterrânea do caule, denominada rizoma, pode ser do tipo paquimorfo, de crescimento simpodial, ou leptomorfo, com crescimento monopodial (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

A parte aérea do caule, como em todas as gramíneas, é denominada colmo. As folhas dos bambus são, como em praticamente todas as gramíneas, constituídas por bainha e lâmina, com uma lígula na região de transição. As flores dos bambus são agrupadas em pequenas inflorescências denominadas espiguetas, que, por sua vez, reúnem-se em sinflorescências. Os frutos dos bambus são denominados cariopse, caracterizada pelo pericarpo aderido à semente (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

O bambu-gigante é mencionado como material de construção renovável por causa do menor tempo que se leva para atingir idades ideais para corte e precisar de pequenas áreas para o plantio de material suficiente. Assim, possui alta produtividade e fácil cultivo, o bambu-gigante se torna uma alternativa sustentável para a construção, podendo ser associado com outros materiais e ampliando sua versatilidade.

O bambu-gigante apresenta características de elevada resistência mecânica à tração, compressão e flexão, gerando estruturas leves, resistentes e flexíveis, conferindo-lhe aproveitamento na construção civil. Conforme suas propriedades mecânicas e resistência a esforços mostra-se um excelente material estrutural. Para melhor representar a resistência do bambu se comparado a outros materiais evidencia-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores característicos da relação entre a energia de consumo para a produção e a resistência

Material	Bambu	Madeira	Concreto	Aço
----------	-------	---------	----------	-----

MJ/m <sup>3</sup> /MPA	30	80	240	1500
------------------------	----	----	-----	------

Fonte: Catem e Miño (2021, on-line).

O bambu possui condições peculiares, algumas características como a resistência à tração, seu peso específico baixo, a sua produção e o menor consumo de energia, transforma o bambu em um material bem atrativo conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Valores característicos referentes à resistência à tração de alguns materiais, peso específico e suarazão comparando o aço com o bambu

Material	Resistência à Tração $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	Peso específico (N/mm <sup>3</sup> 10 <sup>-2</sup> )	R = ( $\sigma$ / )10 <sup>-2</sup>	R / Raço
Aço (CA 50A)	500	7,83	0,63	1
Bambu	140	0,8	1,75	2,77

Fonte: Catem e Miño (2021, on-line).

Ante o exposto, considera-se o bambu-gigante uma planta de vários usos, flexível e durável. As características químicas, físicas e mecânicas do bambu são definidas pela sua constituição estrutural e as propriedades do colmo são determinadas, principalmente, pela estrutura anatômica (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

Na construção civil, pode ser usado em áreas externas para quebra de vento, sombreamento ou proteção contra a erosão. Também pode servir de estruturas para andaimes, pilares, vigas e telhados. Nas áreas internas ganha destaque na decoração de revestimento de paredes e artesanatos. Assim, o bambu tem sido empregado em edificações em estruturas de pequeno, médio e grande porte, deixando de ser exclusivamente decorativo ou ornamental (Figura 5).

Figura 5 - Revestimento em parede e forro feitos de bambu



Fonte: Sustentarqui (2021, on-line).

Destarte, como elemento construtivo seus usos são os mais variados possíveis, os andaimes em bambu são bem conhecidos pela sua capacidade de resistir a ventos fortes, em alguns países asiáticos são mais comuns andaimes feitos de bambu do que de aço, pois estes são industrializados com dimensões padronizadas o que o torna mais prático, rápido para montar e desmontar. Existem

dois modelos principais de andaimes em bambu, para a execução de trabalhos rápidos, é utilizado um andaime de camada simples. Porém, para o emprego de maiores envergaduras, são utilizados os andaimes de camada dupla (Figura 6) (SOUZA, 2017).

Figura 6 - Andaime feito de bambu



Fonte: Sustentarqui (2021, on-line).

Também pode ser usado na forma de painel de vedação constituindo-se de varas verticais, podem ser preenchidos com barro ou podem ser argamassados, outrossim, são de grande flexibilidade, de fácil execução e passíveis de futuras ampliações (Figura 7) (TEIXEIRA, 2006).

Figura 7 - Painel de vedação feito de bambu



Fonte: Sustentarqui, 2021, on-line.

É possível construir várias estruturas de telhados utilizando o bambu como principal material, na forma de triângulos ou arcos (TEIXEIRA, 2006). Na construção de telhas, os bambus devem ser amarrados umas às outras com arame galvanizado de uma maneira que o vento não as arranque do lugar (Figura 8) (SANTOS, 2021).

Figura 8 - Telhado de bambu



Fonte: Sustentarqui (2021, on-line).

No uso de escadas, os bambus são apoiados em estruturas de concreto, para evitar contato com o solo, visto que a umidade pode diminuir a sua vida útil. Elementos metálicos ou fibras naturais podem ser utilizados na junção dos degraus, que favorecem a ligação e estruturação das escadas de bambu (SANTOS, 2021). O conjunto dessas características permite a utilização dos bambus para os mais diversos fins.

Portanto, o bambu-gigante é uma planta de cultivo fácil e baixa idade de maturação. Sendo, uma alternativa com baixo custo e uma opção viável para diversos modelos de projetos, inclusive, podendo ser utilizada em larga escala nas construções. Contudo, diferente de outros materiais, o uso do bambu como elemento construtivo ainda não apresenta especificação técnica para uso na construção, o que dificultava a tarefa dos projetistas e dos construtores. Assim, a utilização do bambu como material construtivo, poderá substituir integral ou parcial os materiais hoje usados e também contribuir para a diminuição dos desmatamentos de florestas nativas e incrementando o uso de espécies para uso industrial.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, verifica-se que o bambu possui várias espécies, contudo a mais utilizada e recomendável para construção civil é o bambu-gigante, por ser flexível e estável e ótimo material ecológico, sendo capaz de substituir a madeira por exemplo. De fácil cultivo e manuseio, como elemento construtivo possui uma excelente eficácia, segurança e qualidade. Este material é utilizado em diversos países asiáticos, na China, em Portugal e também no Brasil, prezando pela sustentabilidade e economia.

O uso do bambu-gigante em construções precisa passar por um tratamento específico que confie durabilidade, segurança e facilite sua manutenção após a conclusão do projeto. Suas características de resistência permitem ser utilizados em telhas, telhados, vigas, como elemento de fachadas simples, suspensas ou elaboradas, meios de conexão, andaimes, proteção contra o vento, painéis de vedação.

Nesse sentido, o bambu é utilizado para vários objetivos, adequando-se conforme cada atributo que lhe for pedido. Os bambus presentes em edificações podem originar detalhes de importância funcional e estética, além de inúmeras formas de elemento decorativo e revestimento

de parede, portões, esquadrias e lavatórios. Sendo assim, a cultura do bambu-gigante na construção civil pode ser empregada em várias situações e necessidades do cliente.

Portanto, com o escopo de atingir os objetivos propostos, considera-se que o bambu como elemento construtivo é uma matéria-prima que possui potencial de sustentabilidade e questões relacionadas à preservação do meio ambiente. Na construção civil, o desenvolvimento sustentável passa por transformações tanto nos padrões de consumo quanto na produção. Seus usos estão associados à construção civil, produção de lenha, fabricação de artesanato e móveis, e proteção de solo e de fontes de água.

Sendo assim, o profissional responsável pela construção com seu cliente deve se preocupar com as questões ambientais, optando por desenvolver técnicas que favoreçam a diminuição dos problemas ambientais. Para isso, é imprescindível planejar o emprego de materiais alternativos e de baixo custo no empreendimento, assim, propõe-se o uso do bambu-gigante. A utilização do bambu se mostrou viável como matéria prima para diversas aplicações, inclusive na construção civil.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16828-2:2020.**

Estruturas de bambu - Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu.

Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=459032>. Acesso em: 16 nov. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR XXXXX-1:2016.**

**Estruturas de bambu Parte 1 – Projeto.** Disponível em:

<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Norma-Brasileira-primeira-reuni%C3%A3o-beraldo.pdf>.

Acesso em: 16 nov. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR16828-1** de 12/2020.

Estruturas de bambu - Parte 1: Projeto. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/45495/nbr16828-1-estruturas-de-bambu-parte-1-projeto>. Acesso em: 16 nov. 2021.

BARBOSA, U. S.; SALOMÃO, P. E. Reutilização do concreto como contribuição para a sustentabilidade na construção civil. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro – Unipac**. pp. 383-397, 2018.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 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. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/112484.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112484.htm). Acesso em: 16 nov. 2021.

BRITO, F. M. S. *et al.*. Caracterização anatômica e física do Bambu-gigante (*Dendrocalamus giganteus* Munro). **Revista Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, pp. 559-566, 2015.

CATEM, L. O.; MIÑO, M. G. **Dimensionamento comparativo de cobertura feita com bambu e com madeira.** Disponível em:

<https://monografias.brasilescuela.uol.com.br/engenharia/dimensiona>. Acesso em: 16 nov. 2021.

DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. **Bambus no Brasil:** da biologia à tecnologia. 1. ed. Rio de

Janeiro: ICH, 2017. 655 p.

FERREIRA, T. C. **Impactos e desafios da construção civil brasileira para os objetivos de desenvolvimento sustentável.** Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP. Ribeirão Preto, 2018. 178 f.

FRANCO, M. V. A.; DANTAS, O. M. **Pesquisa exploratória: aplicando instrumentos de geração de dados – observação, questionário e entrevista.** EDUCARE – XII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, pp. 14845- 14859, 2017.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MARINHO, N. P. [et al.]. Análise química do Bambu-gigante (*Dendrocalamus Giganteus Wall. Ex Munro*) em diferentes idades. **Revista Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, pp. 417-422, 2012.

MARQUES, S. B.; BISSOLI-DALVI, M.; ALVAREZ, C. E. Políticas públicas em prol da sustentabilidade na construção civil em municípios brasileiros. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, supl. 1, 2018.

MARQUES, S. C.; LUIZ, G. A.; SILVA, T. G. Emprego do bambu na construção civil. **Revista Portos: por um mundo mais sustentável**, cap. 7, pp. 72-81, 2020.

NUNES, G. M.; SOBRINHO JÚNIOR, A. S.; PASTOR, J. S. O uso do bambu como material estrutural na construção civil. Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB. **Revista Principia**, João Pessoa, n. 55, pp. 152-164, 2020.

PEREIRA, M. A. R. P. **O bambu.** 2021. Disponível em:  
<<https://www.feb.unesp.br/pereira/bambu.htm>>. Acesso em: 16 nov. 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale. 2013.

SANTOS, C. R. B. E. **Potencialidade do bambu como material de construção civil.** Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2021. 61 f.

SERRA, M. V. C.; SILVA, T. H. L. **O uso do bambu como um material sustentável na construção civil.** Centro Universitário Fametro. 2019. 16 f.

SOUZA, F. M.; LEÃO, L. O.; QUARESMA, W. M. Estado da arte do bambu na construção civil. **Revista Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 4, pp.19637- 19653, 2020.

SOUZA, A. M. **OS Diversos usos do bambu na construção civil.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão: UTFP, 2014. 103 p.

SUSTENTARQUI. **Maneiras de usar o bambu sustentável.** Disponível em:  
<<https://sustentarqui.com.br/>>. Acesso em: 16 nov. 2021.

TEIXEIRA, A. A. **Painéis de bambu para habitações econômicas: avaliação do desempenho de painéis revestidos com argamassa.** Programa de pós-graduação. Universidade de Brasília. Brasília:

