

A UTILIZAÇÃO DO BAMBU COMO ALTERNATIVA ESTRUTURAL NA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES

Beatriz Covolato Carvalho (IC) e Ricardo Carvalho Lima Ramos (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO

A rápida evolução habitacional urbana em conjunto com a alta demanda na construção civil são frequentemente discutidas no contexto de impactos ambientais que vêm sendo gerados a longo prazo no planeta. O antropoceno é uma nova era na qual o ser humano está transitando devido a sua significativa influência no planeta, e a mesma vem acompanhada de diversos impactos incluindo entre eles o esgotamento de recursos naturais, o desmatamento e outras atividades que vem prejudicando o nosso presente e futuro. Devido a globalização, a exploração insustentável de recursos em busca de lucro vem sendo potencializada, causando impactos irreversíveis em um âmbito global. O uso de materiais como o bambu para a construção como uma alternativa estrutural, sustentável e consciente, responde diretamente a necessidade de enfrentar as demandas ambientais e sociais que existem neste período de intensa atividade humana no planeta. Como parte da análise é vista a alta demanda habitacional urbana, e desta forma, a oportunidade de desenvolver uma maneira de amenizar este problema de forma sustentável. Finalmente, são avaliadas as propriedades físicas do bambu, a situação atual do material na indústria de construção, a possibilidade da utilização do mesmo em programas habitacionais e novas técnicas e investigações recentes. Em resultado, estaremos contribuindo para um ambiente de mais equilíbrio, resiliência e consciência na qual a indústria de construção civil tem um futuro sustentável.

Palavras-chave: estrutura de bambu, antropoceno, desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The fast urban housing evolution together with high demand in the construction industry are often discussed in the context of the environmental impacts that have been generated in the long term. The Anthropocene is a new era in which humanity is transitioning due to significant human influence on the planet, and it is accompanied by various impacts, including resource depletion, deforestation, and other activities that are harming our present and future. The way in which globalization is currently being led due to unsustainable resource exploitation for profit, causes irreversible impacts on a global scale. In the article, the use of materials such as bamboo for construction is discussed as a structural, sustainable, and conscious alternative that directly addresses the need to confront the environmental and social demands that exist in this period of intense human activity on the planet. As part of the research, the high demand

for urban housing, along with the opportunity to develop a way to mitigate this problem in a sustainable manner. Finally, the physical properties of bamboo, the current status of the material in the construction industry, the possibility of its use in housing programs, and new techniques and recent investigations are evaluated. As a result of the research, it will contribute to an environment of greater balance, resilience, and awareness, in which the construction industry has a sustainable future.

Keywords: bamboo structures, anthropocene, sustainable development.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da demanda do setor de construção civil levanta uma preocupação cada vez maior sobre os impactos que essa atividade está causando a longo prazo no planeta, visto que a exploração desenfreada de matérias primas e outros recursos utilizados pela construção civil vem gerando uma degradação ambiental significativa. Para Veiga (VEIGA, 2019), as consequências dos seres humanos no planeta têm importância significativa na nossa existência. Paul Crutzen (2002) argumenta que entramos em uma nova era geológica: o Antropoceno, onde as atividades humanas se tornaram de tamanha força que estão alterando significativamente a atmosfera, os oceanos e a paisagem. Em complementação, autores como Johan Rockstrom (2009) argumentam que os “limites planetários” já foram ultrapassados, e desta forma, estamos vindo a lidar com sérias implicações para a sustentabilidade global. Discussões sobre os impactos ambientais no planeta são recorrentes desde a década de 70, onde conceitos como o “crescimento zero” surgiram como resposta à preocupações sobre a sustentabilidade ambiental e a limitação de recursos naturais no planeta. Junto a este conceito, surgiram argumentos como o fator do crescimento econômico poder vir a prejudicar o desenvolvimento e a melhoria das condições de vida. Este debate é vigente até hoje, em situações como a agenda de 2030 da ONU e os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS). Esses objetivos buscam harmonizar o crescimento econômico com metas sociais-ambientais, reconhecendo a importância do equilíbrio entre os dois fatores e a necessidade de uma evolução multifacetada e não apenas focado em um dos tópicos. A conferência de Estocolmo em 1972 foi o primeiro passo significativo na cooperação internacional para abordar questões ambientais, estabelecendo os primeiros princípios das políticas ambientais que levou a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), e lançou bases para o entendimento global da importância da sustentabilidade, refletindo preocupações similares às dos limites planetários e do crescimento zero. Mais adiante, a conferência das nações unidas sobre o meio ambiente, conhecida como Rio-92, focou na integração do desenvolvimento econômico atrelado à sustentabilidade, resultando em documentos importantes, como a Agenda 21, que traçou um plano essencial para o desenvolvimento sustentável e explorou o equilíbrio entre o desenvolvimento sustentável e o crescimento econômico. Em 2008 ocorreu a primeira reunião do G20, em resposta à crise financeira, mas também abordou questões sustentáveis, refletindo assim, a crescente interconexão entre a economia e o meio ambiente.

Todos os eventos supracitados representam a evolução do pensamento global sobre o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, e se relacionam com as preocupações discutidas anteriormente, porém os problemas atrelados ao antropoceno são de uma

escala tão grande que trazem consequências maiores do que as imaginadas anteriormente. Segundo a UNEP-SBCI, a construção civil é responsável pela emissão de 30% dos gases efeito estufa (GEEs) e consome cerca de 40% de toda a energia produzida, desta forma, é de extrema importância que haja a redução das emissões de CO₂ em 50% para reduzir o avanço das mudanças climáticas e impactos no futuro do planeta. As atividades humanas vêm causando impactos ambientais em uma dimensão tão ampla que é difícil medir o verdadeiro tamanho das consequências que vem acompanhando estas ações. Segundo Giddens (2002), com a forte intensificação da globalização uma série de novas possibilidades surgiram, afetando o desenvolvimento, progresso e influenciando a vida de comunidades locais ao redor do mundo. Isso significa que as questões globais, locais e pessoais estão mais interligadas e têm mais impacto umas nas outras. Esse processo de reflexão sobre a própria existência é explicado pelos “mecanismos de desencaixe”. A globalização e os mecanismos de desencaixe levam a uma maior exploração e uso insustentável dos recursos naturais em busca de lucro e crescimento econômico - sem considerar os impactos ambientais que podem ser causados no processo. Segundo GUMES (2005), atualmente, o ser humano vive em um contexto de constantes construções e reconstruções, demonstrando uma maior capacidade reflexiva. Isso nos aproxima de ações mais conscientes e nos torna mais solícito a identificar a importância de escolhas mais sustentáveis. Com atitudes significativas, pode tornar-se viável nossa existência em um planeta saudável.

Desta maneira, é fundamental destacar a importância de desenvolver estratégias eficazes para caminharmos em direção a este futuro sustentável, e o estudo de biomateriais como o bambu, alinha-se com as metas de sustentabilidade global, podendo assim contribuir para um método de construção sustentável, responsável e uma gestão mais eficiente de recursos naturais. Os benefícios da utilização de biomateriais, devido à sua natureza renovável e biodegradável são extensos quando visando a redução dos impactos ambientais em comparação a materiais não renováveis. O bambu é particularmente notável neste âmbito devido à sua força e flexibilidade, sendo uma possível alternativa para materiais convencionais como o concreto e o aço, e pode ser usado em diversas aplicações na área. Sendo isso, um ponto fundamental para enfrentar desafios globais como mudanças climáticas, a perda da biodiversidade e escassez de recursos naturais, é necessário encontrar formas de comunicar com o público geral sobre as informações encontradas nestes estudos e as futuras consequências que virão à tona caso não haja mudanças na nossa forma de atuação em relação ao meio ambiente.

O objetivo é promover a utilização do Bambu como alternativa estrutural sustentável através de um olhar atento e crítico dos impactos ambientais causados pela indústria da construção civil e do modelo habitacional urbano atual. Segundo Steg e Vlek (2009),

pesquisadores na área de psicologia ambiental, as intervenções comportamentais são mais eficazes quando são planejadas, implementadas e avaliadas de maneira sistemática. Diante disso, foi definida a finalidade de conscientizar os leitores sobre os possíveis impactos ambientais futuros e como podemos amenizá-los através da implementação do bambu na construção civil. O intuito é realizar uma triagem teórica, com base em estudos, livros e pesquisas já realizadas no assunto, para desta forma, apresentar de uma maneira mais clara e concisa os desafios que enfrentamos atualmente. Com isso, estaremos fortalecendo o diálogo sustentável e contribuindo para um futuro mais saudável e consciente na construção civil.

2. DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO

A ciência do sistema terra (CST) é uma abordagem que estuda o planeta como um sistema complexo e interconectado dentro das suas esferas, que estão ligadas com processos físicos, químicos, biológicos e geológicos. Esse estudo é essencial para entendermos os processos que dominam o funcionamento do planeta, identificar padrões que indiquem como as atividades humanas vêm impactando o meio ambiente e de que maneira elas podem ser evitadas, reduzidas ou até revertidas. Segundo Rockström e Steffen (2009), o conceito de limites planetários enfatiza a necessidade de estabelecer limites para as atividades humanas a fim de garantir a sustentabilidade do meio ambiente. Esta ideia sugere que existam fronteiras ou limites, nos quais a humanidade precisa respeitar para garantir a segurança e estabilidade do planeta, e esses limites foram criados para evitar que as atividades humanas não ultrapassem riscos irreversíveis.

Estamos vivendo uma crise planetária. Este fato pode ser identificado em diversas obras, como em *'The Population Bomb'*, publicado em 1968, onde o autor Paul Ehrlich discute questões cruciais relacionadas à crise planetária, destacando o adensamento populacional como problema fundamental sobre os recursos naturais; em *'Merchants of Doubt'* (2010), onde a obra explora como a desinformação e a dúvida foram usadas para atrasar a ação em questões críticas do meio ambiente; em "Razão para Esperança: Uma Jornada Espiritual" de Goodall (1999), fazendo reflexões sobre a condição do planeta e a necessidade de uma abordagem mais compassiva e sustentável. Todos estes autores debatem tópicos que se alinham ao conceito de exceder os limites planetários e ilustram uma imagem complexa sobre os desafios que devem ser reconhecidos para evitar mais problemas em relação a fatores essenciais, como: mudanças climáticas, biodiversidade, uso de água e outros recursos. Uma vez que esses limites foram transgredidos, uma série de problemas refletem o estado atual dos danos provocados pela atividade humana no meio ambiente. No livro "Há Mundo por Vir" (DANOWSKI; CASTRO, 2017), os autores nos lembram que não é contra a história, o destino

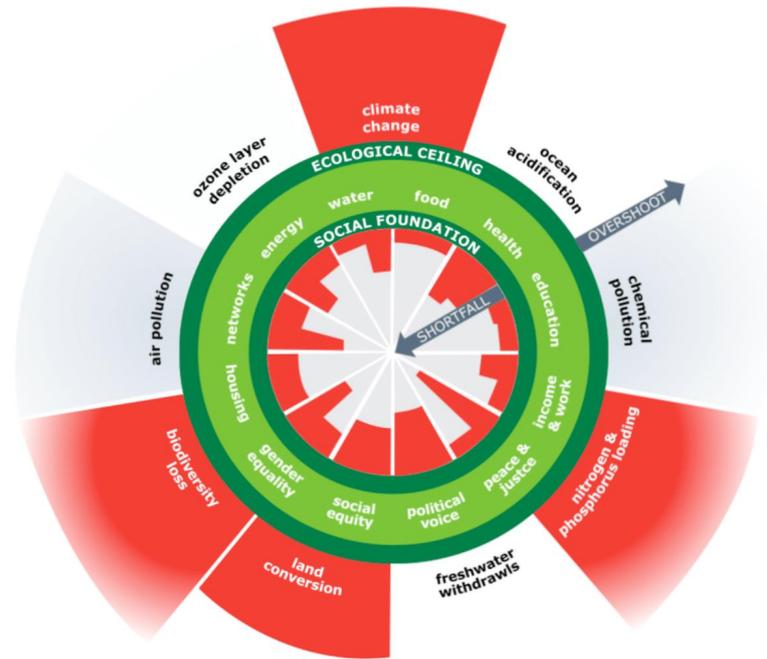
ou a humanidade com quem devemos lutar, e sim, contra as entidades que têm o controle destas ações prejudiciais e mesmo assim escolhem seguir caminhos danosos para o sistema terra. É desta maneira que a indústria de construção civil se encaixa, ela é uma das entidades que “agem em nome dos humanos”, mas são nocivas para a saúde do planeta. O debate sobre o estado atual do planeta e o nível de consciência das pessoas a respeito desse assunto tem se tornado extremamente importante e ganhado destaque devido à urgência de ações imediatas.

A necessidade de encontrar um equilíbrio levantou o surgimento de conceitos como o *decoupling*, “a ambição de que o uso de recursos naturais e os impactos ambientais deixem de acompanhar o crescimento econômico” (VEIGA, 2019, p.21). Esse conceito tem como objetivo criar uma economia em que o desenvolvimento e o crescimento possam ocorrer sem pressão sobre o meio ambiente, gerando um equilíbrio. Essa busca tem sido explorada por diversos autores, se manifestando com abordagens distintas, como é possível ver no modelo “*Doughnut Economics*” desenvolvido por Kate Raworth.

A partir de uma abordagem visual a autora procurou representar o espaço seguro e justo para a humanidade a partir dos conceitos dos limites planetários. O *doughnut* ilustra uma parte interna, que representa as necessidades humanas básicas, e uma parte externa, de limites planetários que não devem ser excedidos. Ambos os conceitos supracitados reconhecem a necessidade de operar dentro dos limites planetários e equilibrar as necessidades humanas às capacidades do planeta, mas foram criados devido ao fato da humanidade já ter ultrapassado estes limites, contribuindo para a crise planetária. A indústria da construção civil tem um papel inevitável nesta discussão devido ao seu consumo significativo de recursos naturais e emissões de gases estufa (GEEs).

“A urbanização em larga escala da sociedade e a necessidade de atender às crescentes demandas por moradia contribuíram para o crescimento do setor da indústria civil. Em contrapartida, esse crescimento apresenta pontos negativos como a utilização irracional de recursos renováveis e não renováveis. Para SJÖSTROM (2000) a construção civil consome entre 14% e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta.” (ALVES, 2019, p. 5).

3. FIGURA 1 - “*Doughnut Economics*”

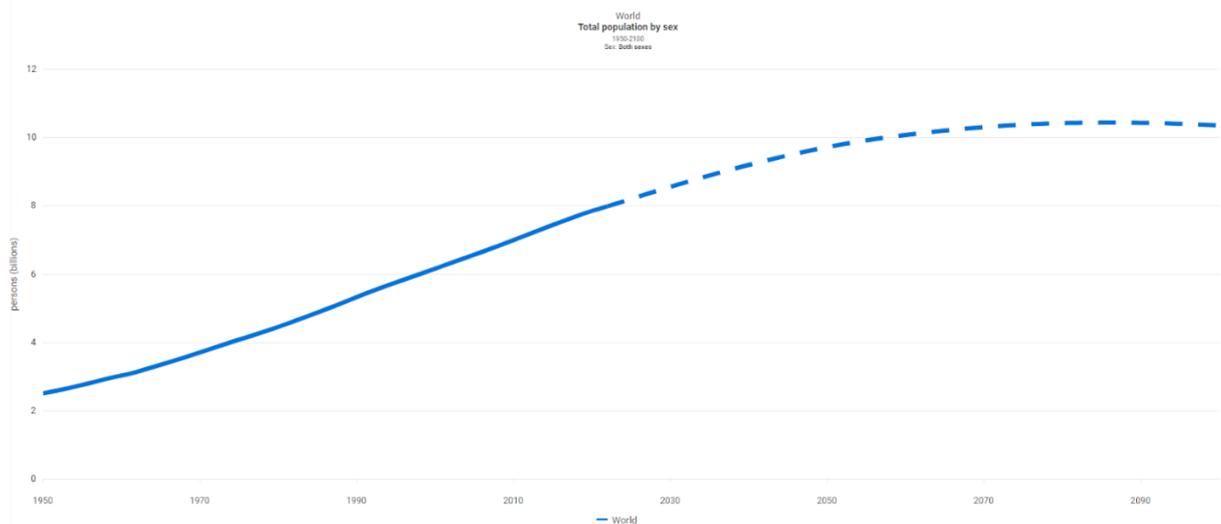


Fonte: World Economic Forum, 2017

A necessidade da adoção de práticas sustentáveis, como a utilização de biomateriais com melhores eficiências energéticas, é um fator decisivo para direcionar o futuro do meio ambiente. É uma maneira consciente da indústria contribuir para o *decoupling* e operar dentro do espaço seguro proposto pelo *Doughnut Economics*, podendo utilizar essas teorias como ferramentas para navegar com responsabilidade no antropoceno. Promovendo assim, uma coexistência harmônica, consciente, responsável e um futuro saudável para as gerações que estão por vir.

Em um mundo marcado pelo antropoceno, o adensamento populacional é um dos problemas mais urgentes da era moderna, marcada pela influência humana como a força dominante no planeta. A urbanização e o antropoceno estão intrinsecamente ligados, uma vez que a migração para as cidades em busca de oportunidades leva ao crescimento das mesmas e resulta em diversos desafios para a gestão urbana. A expectativa é que a população mundial atinja cerca de 9,7 bilhões até 2050, com a maior parte desse crescimento concentrada em áreas urbanas (ONU, 2019)

FIGURA 2- População Mundial 1950-2100



Fonte: ONU, 2019

Isso gera um ciclo interminável que tem como consequência o esgotamento de recursos naturais, habitações inapropriadas e o incentivo de impactos ambientais catastróficos para o futuro do planeta. A falta de moradias acessíveis em áreas urbanas está diretamente conectada a esta urbanização acelerada, isso resulta em problemas sérios e que não estão sendo devidamente discutidos nos tempos atuais. Com esta previsão de aumento populacional mundial, a demanda por habitações aumenta, e essa demanda impulsiona a indústria de construção civil, que sem as devidas regulamentações e objetivos adequados, pode levar a um escalonamento nos impactos ambientais. O consumo elevado de recursos da indústria de construção civil (ICC), pode ocasionar o esgotamento de recursos naturais, desmatamento e a perda de biodiversidade, além de ter danos imprescindíveis na questão da emissão de GEEs. Essa cicatriz urbana, que está sendo causada pela ICC, excede significativamente o espaço seguro de atuação no planeta e vem causando danos irreversíveis para a saúde do meio ambiente. O Antropoceno sublinha a responsabilidade de gerir esse crescimento habitacional de maneira consciente e sustentável, garantindo qualidade de vida e respeitando os limites planetários. Para que isso seja possível, é ideal que haja a busca por um equilíbrio entre a manutenção de espaços habitáveis acessíveis à população e o desenvolvimento urbano. Desta forma, é indispensável buscar por alternativas que possibilitem que ambos os tópicos ocorram de maneira a evitar danos irreversíveis no futuro do planeta.

A Hipótese de Gaia proposta por John Lovelock na década de 70, sugere que a Terra opera como um sistema auto-regulado, onde componentes bióticos e antibióticos interagem, mantendo em equilíbrio e em condições favoráveis à existência da vida.

Se a atmosfera do planeta fosse forte resultante da existência da vida, então talvez ela própria - a vida - fosse a reguladora da composição da atmosfera

e, conseqüentemente, a controladora do clima da terra. Foi essa a epifania de Lovelock que se tornou a essência da hipótese de Gaia: A vida e seu ambiente inorgânico formam um sistema auto regulador capaz de manter a composição da atmosfera e o clima em estado habitável” (Veiga, 2019, p. 110)

Apesar de seus pontos válidos, esta visão é muito criticada quando colocada nos olhos do mundo atual, pois as ações humanas podem desregular essa capacidade do planeta. Desta forma é possível entender que apesar da teoria ser de extrema importância para o desenvolvimento do pensamento crítico das ações humanas no planeta, ela pode se encontrar desatualizada. Tendo em vista a perspectiva “Anti-Gaia” - o contraponto à teoria de Lovelock - é proposto o argumento que o ser humano tem um papel fundamental na desregularização dos sistemas naturais do planeta com ações como a utilização de combustíveis fósseis, o desmatamento e a poluição. Nesse contexto, é argumentado que as ações pejorativas humanas impactam o planeta, não permitindo a auto regulação. O esgotamento de recursos naturais é substancialmente intensificado pela ICC, devido a utilização insustentável destes recursos, como: minerais, combustíveis fósseis, água doce, e florestas. Esse consumo exacerbado pela urbanização e o crescimento populacional pode nos levar a uma série de problemas sociais, econômicos e ambientais.

A exploração da utilização do bambu como biomaterial alternativo para a construção é algo que deve ser considerado por diversos motivos, mas neste contexto, tem um enorme peso podendo servir como uma maneira de trazer harmonia para a atual desestabilidade global. O bambu pode servir como uma alternativa para suprir a demanda habitacional crescente de maneira sustentável, e acessível. Em pesquisas como “Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social” conduzida por Barboza, Barbirato e Silva (2008), é citado que a complexidade do déficit habitacional do país é extremamente agravada devida a escassez de recursos públicos e o crescente empobrecimento da população, e traz a proposta de buscar uma solução alternativa para habitações sociais com o uso de bambu.” O uso de materiais alternativos na construção de habitações de interesse social vem sendo adotado por proporcionar o barateamento da obra, um dos maiores desafios para a construção delas “(Barboza et al., 2008, p. 126). Ao ressaltar a importância da busca por soluções sustentáveis, é notável a versatilidade que o bambu tem em diversas aplicações, e como o mesmo pode se encaixar com todos os conceitos e teorias supracitadas nos tópicos anteriores. As propriedades do material sugerem uma ampla gama de possibilidades principalmente para a ICC. O bambu pode ter diversos usos, mas a verdadeira contribuição do material rege no seu fator de renovação, diferente de outros recursos utilizados por essa indústria, dessa maneira, é possível entender que estamos sob

uma crescente necessidade de atuar de forma sustentável e incentivar a utilização de uma fonte mais consciente em construções.

A conscientização da necessidade de recursos alternativos nunca foi tão urgente, e dentro deste contexto, surgem mais modelos que nos auxiliam a ter uma visão mais ampla de estratégias para preservar o meio ambiente. Um destes conceitos é o tripé da sustentabilidade com uma abordagem que visa equilibrar os aspectos ambientais, sociais e econômicos. Este conceito está sendo citado para melhor exemplificar como o uso do bambu na construção pode ser extremamente importante para a crise planetária vigente. O bambu sendo um material renovável, versátil e resistente se encaixa perfeitamente nos três pilares da sustentabilidade:

1- Ambiental: este pilar está focado na preservação do meio ambiente, dos ciclos do planeta, biodiversidade, gestão de resíduos etc. O bambu cresce rapidamente, absorve CO₂ e é biodegradável, contribuindo assim, para a conservação de recursos naturais e redução das emissões de GEEs;

2- Social: O pilar social envolve as principais questões de relações humanas, incluindo os direitos humanos, justiça social, igualdade de oportunidades e equidade. A utilização do bambu na construção possibilita a criação de moradias de qualidade e acessíveis, podendo assim promover a inclusão.

3- Econômico: e o terceiro e último pilar diz respeito ao crescimento econômico visto de maneira responsável e sustentável, visando atender também aos outros dois pilares. O bambu é uma alternativa econômica a materiais tradicionais como o aço e o concreto, incentivando assim, a economia local e reduzindo custos na construção.

O tripé da sustentabilidade, é uma ferramenta valiosa para avaliar a eficácia de possibilidades que promovam um futuro mais saudável. A implementação desses princípios construção civil, exemplificada com biomateriais como o bambu, mostra uma abordagem prática e viável de atingir um equilíbrio e nos manter dentro dos limites planetários. A adoção de materiais sustentáveis promove a inclusão social, fortalece a economia e protege o meio ambiente de possíveis danos irreversíveis causados pela ICC. Desta forma, a utilização do bambu em construções, representa uma solução eficaz para desafios contemporâneos e estimula a reflexão, destacando a importância de equilibrar as questões econômicas, sociais e ambientais para um futuro mais justo.

Como destacado por Andressa Souza (2014), "Dentro deste contexto sócio-ecológico, é oportuno ressaltar a importância do Bambu, uma gramínea com alta taxa de crescimento e excelentes propriedades mecânicas, entretanto pouco utilizado na construção civil nacional, mas com um grande potencial a ser explorado" (p.17). De acordo com "Uso do Bambu na Construção Civil" realizada por Marçal (2008), o autor referencia a obra de López (1974), destacando a importância da normalização dos ensaios com bambus. Pois apesar do material

possuir grande potencial, a limitada cobertura normativa é um fator que causa muitas dificuldades, questões e insegurança. Visto que a primeira norma sobre estruturas de bambu da ABNT foi publicada dia 20/12/2020 (NBR 16828-1 e NBR 16828-2), se torna evidente que o interesse em explorar o material tem ganhado impulso nos anos recentes. No entanto, para estimular essa iniciativa, é necessário intensificar a disseminação do conhecimento e do interesse público nessa forma de construção.

Devido a sua boa resistência o bambu tem aplicações em diversos setores, mas como já ressaltado, na construção civil, o bambu é um material não só sustentável, mas com diversas variedades de uso. O Bambu Laminado Colado (BLC), é uma destas variações; Martins (2021) ressalta que a industrialização do bambu pode oferecer contribuições significativas para o desenvolvimento nacional:

“A utilização de componentes construtivos com o BLC é uma oportunidade promissora de desenvolvimento sustentável para a ICC nacional. O incremento dessa atividade industrial no país pode ser considerado uma ruptura com os tradicionais meios de produção existentes, especialmente na ICC, que parece estar aprisionada a utilização de materiais industrializados que causam enorme degradação ambiental. A industrialização do bambu pode contribuir significativamente para o crescimento socioeconômico da população brasileira.” Martins (2021, p.107)

O BLC tem surgido como uma variação da utilização do bambu, um conceito inovador e sustentável na indústria da construção. Como destacado por LOURENÇO et al. (2018), o BLC combina a resistência e flexibilidade do bambu, com vantagens adicionais como eficiência de custo e estética agradável. Segundo (LIMA, 2009) o BLC pode ser uma alternativa mais acessível a materiais tradicionais, e opções variam desde estruturas até mobiliário, evidenciando sua versatilidade. Além disso, o BLC contribui para a redução de CO₂ e uma construção mais rápida (GUTIERREZ; ESCAMILLA, 2009). Este material tem um futuro promissor na indústria de construção civil e se posiciona como uma alternativa viável, sustentável e atraente em comparação aos materiais de construção mais comuns atualmente.

Para uma comprovação da eficiência da utilização do bambu na substituição de materiais não sustentáveis foram avaliados os aspectos físicos do mesmo. O artigo "Bambu – O Aço Vegetal" (2017), aborda o bambu como um material de capacidades comparáveis ao aço e o concreto; analisando também diferentes aspectos do bambu como a sua resistência à compressão tração e flexão e entende de que maneira ele entregar melhores resultados. O artigo conclui a partir de testes que a resistência do material à compressão é comparável à do aço, e que superou o aço e o concreto em relação à compressão à massa específica. Na questão da tração, o artigo ressalta a importância do tratamento do colmo para aumentar a resistência, e observa que a resistência do bambu é de 4 a 5 vezes maior do que a do aço.

Ensaaios sobre a flexão desse mesmo artigo mostram bons resultados, indicando elasticidade à flexão de 3,4 GPa e 5,3 GPa. Outros artigos, como o de Berndsen et al. (2013), provaram que os módulos de ruptura e de elasticidade mostraram tendência de aumento com a idade e a posição no colmo, e que a resistência mecânica do bambu está relacionada de forma direta e positiva com a densidade aparente dele. Desta forma, estes resultados apresentam o bambu como uma alternativa promissora, devido a sua resistência comparável ao aço e concreto em diversos aspectos fundamentais e sua natureza renovável, o bambu pode ser indicado como uma boa alternativa para um futuro mais sustentável na indústria de construção civil.

Estruturas de bambu precisam passar por diversos tratamentos e melhoramentos para garantir que o material se mantenha na melhor qualidade. Devido ao fato de o bambu ser um biomaterial, dependendo de diferentes condições meteorológicas, incêndios ou exposição à água, o material pode se degradar, por isso muitas vezes o bambu pode ser encontrado em obras sendo utilizado de maneira híbrida com outros materiais. De acordo com Sharma et al. (2015), essa abordagem híbrida, que utiliza materiais como o concreto em parceria com bambu, combina as vantagens de ambos os materiais, desta forma, aproveitando a resistência e durabilidade do concreto na base da edificação e a leveza e flexibilidade do bambu na estrutura e cobertura. Um exemplo de projeto que se beneficia da resistência do concreto como base da sua estrutura de bambu é a Green School em Bali, Indonésia, construída pelo PT Bambu em 2008. A fundação de concreto nesta edificação serviu a diversos fatores, incluindo a sua resistência, proteção contra umidade, complemento às propriedades do bambu e alinhamento com os objetivos funcionais do projeto. Desta forma, a edificação oferece uma base duradoura para a estrutura de bambu.

FIGURA 3- Green School em Bali, com fundação de concreto e estrutura de bambu.



Fonte: Archdaily, 2007

É comum se encontrar a utilização híbrida de materiais, e essa abordagem permite que sejam aproveitadas as qualidades únicas do bambu e que sua fundação seja mantida intacta. De acordo com Liebler e Dorn (2005), a história do bambu é extensa e rica, sendo utilizado em

diversas formas de construção ao longo dos séculos. O bambu como material de construção pode ser encontrado em diversos países, sendo a China, Indonésia, Colômbia e Índia os mais populares, e demonstram a adaptabilidade e a inovação que o bambu pode oferecer, especialmente quando combinado com outros materiais, como o concreto. Arquitetos como Vo Trong Nghia e Simón Vélez e Elora Hardy tem nos mostrado diferentes caminhos no âmbito da construção com bambu e suas potencialidades com material de construção sustentável. A exploração do bambu globalmente na arquitetura, não é apenas uma maneira sustentável de auxiliar a indústria de construção civil a se manter dentro dos limites planetários, mas um potencial solução para a grande crise de moradia que vem crescendo diariamente. A utilização do bambu como uma alternativa sustentável para habitações é uma oportunidade de colocarmos em prática os conceitos descritos e encontrarmos o equilíbrio entre uma maneira social, econômica e ambiental de lidar com os problemas que nos afetam globalmente.

Segundo Vitor (2018) em “Proposta de habitação de interesse social em estrutura de bambu” e Jaramillo Benavides (2012) “Proposta de sistema construtivo para habitação de interesse social com bambu guadua” em suas pesquisas, os autores reforçam o bambu como alternativa viável e sustentável para a construção, com ênfase em habitações sociais. Vitor (2018), destaca diversas vantagens e limitações dentro do campo, assim gerando sugestões de melhorias tecnológicas no sistema. Ele identifica deterioração do material, suas soluções, desvantagens e recomendações, dando ênfase aos desafios da aplicação do bambu em diferentes cenários, respeitando aspectos como custo, disponibilidade e mão de obra especializada, segurança e sustentabilidade. No texto de Benavides (2012), existe uma maior atenção no motivo, que foca na realidade habitacional brasileira, onde a utilização do bambu é apresentada como uma alternativa sustentável e econômica.

Ambos os textos oferecem em conjunto análises acadêmicas, abordagens práticas e contextualização da realidade brasileira frente ao problema a ser solucionado. Com essa ampla abordagem de informações, é possível concluir que o uso inovador do bambu na construção de habitações de interesse social (HIS) trazem a possibilidade viável de entregar uma aplicação consciente para superar as limitações que temos atualmente no meio urbano-social e ambiental. Esse método construtivo ainda necessita de mais pesquisas para uma melhor identificação das lacunas de conhecimento e as possíveis melhorias do material durante sua aplicação, porém, com a devida conscientização e incentivo, é possível maximizar o potencial do material e entregar uma aplicação sustentável para a indústria de construção civil.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma nova era onde o impacto humano é um fator intrínseco à saúde no meio ambiente, é impossível ignorar o fato de que estamos ultrapassando limites planetários e causando

danos irreversíveis ao planeta. A humanidade alcançou pontos críticos, onde uma crise foi acentuada, e em consequência, fatores como mudanças climáticas, a perda da biodiversidade e a degradação dos recursos naturais são recorrentes no nosso dia a dia.

Desta forma, o olhar sustentável na construção civil se tornou uma necessidade como resultado de seu papel significativo nas consequências observadas no planeta. A conscientização sobre esses fatores tem se tornado palco de debates recentes e já vem sendo discutida em escala global a partir de conferências, como a de Estocolmo, Rio-92, e a G20, que vem traçando limites, metas e objetivos para a preservação do sistema terra. Diversos conceitos foram criados para uma melhor análise das maneiras de alcançar esses objetivos, e a partir delas, é possível entender que a questão social, econômica e ambiental deve andar juntas para o planeta ter um progresso eficiente e saudável.

Entre as soluções emergentes na área da construção civil, o bambu se apresenta como uma alternativa promissora, embora o material ainda necessite de mais pesquisas e popularidade para atingir seu melhor potencial. O bambu é um material popular em diversos países, em especial na Ásia e na América do Sul em países como China, Indonésia, Colômbia, Índia e Venezuela, mas ainda tem um amplo espaço a ser conquistado em diversos outros países. Sua resistência, flexibilidade e capacidade de crescimento são atributos que têm alta potencialidade para maiores explorações, e informações sobre suas capacidades devem ser mais disseminadas ao redor do mundo para uma implementação eficiente na indústria.

Em questão dos problemas habitacionais, uma crise que afeta diversas famílias ao redor do mundo e vem a se intensificar no futuro, pode ser amenizada através de estratégias de desenvolvimento de tecnologias sustentáveis implementadas pela indústria de construção civil. O bambu é um material sustentável, de baixo custo e altamente resistente, e a sua versatilidade nos possibilita ter uma ampla gama de oportunidades para aplicações com o mesmo. A utilização deste material na indústria de construção civil pode representar um grande passo para uma nova forma de conceber nossa maneira de ver o crescimento habitacional urbano e auxiliar a ICC a tomar um rumo mais consciente em questões ambientais. A combinação da beleza, resistência e sustentabilidade do bambu promove um futuro sustentável na arquitetura global, alinhando inovação, tradição e responsabilidade ecológica. Mais estudos sobre o material podem significar uma mudança na forma na qual lidamos com a construção, sobrevivência e a sustentabilidade, visando o futuro das gerações que estão por vir.

Enquanto lidamos com o antropoceno, a busca por soluções inovadoras e sustentáveis são de extrema importância, e o uso de biomateriais na construção civil é uma necessidade para a preservação do meio ambiente. Pesquisas nesta área são de grande importância para abrir nossos olhos a oportunidades de usos mais diversificados deste material. Uma forma consciente de direcionar com a indústria de construção civil representa uma evolução na

maneira em que lidamos com múltiplos aspectos que envolvem a atual crise planetária. O bambu tem o potencial de mudar não apenas a forma na qual construímos, mas a maneira como vemos o mundo e interagimos com o futuro do nosso planeta.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. (2021). Associação Brasileira de Normas Técnicas. Recuperado de <https://www.abnt.org.br/>

ALVES, A. A.. USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL: aplicações estruturais e arquitetônicas para um desenvolvimento sustentável. 2019. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019

BARBOZA, A. S. R., BARBIRATO, J. C. C., & SILVA, M.M.C. , P. (2008). Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social. *Ambiente Construído*, 8(1), 115-129. ISSN 1678-8621.

BERNSEN, Rodrigo Strzelecki et al. Resistência à flexão estática e à compressão paralela do bambu-mossô (*Phyllostachys pubescens*). *Revista de Ciências Agroveterinárias*, [S.l.], v. 12, n. 3, p. 298-304, 2013

CRUTZEN, Paul J. Geology of mankind. *Nature*, v. 415, n. 6867, p. 23, 2002.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. Os Limites do Crescimento. São Paulo: Perspectiva, 1972. DANOWSKI, Déborah; CASTRO, Eduardo Viveiros de. *Há Mundo por Vir*. 2. ed. Florianópolis: Cultura e Barbárie - Instituto Socioambiental Desterro, 2017

EHRlich, P. R. The Population Bomb. New York: Ballantine Books, 1968.

ELKINGTON, John. Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. Oxford: Capstone Publishing, 1997.

Estruturas de Bambu. 16828-1. Normas. Disponível em:URL.<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12934/nbr16828-1-estruturas-de-bambu-parte-1-projeto> 10/08/23

GIDDENS, Anthony. Mundo em Descontrole: O que a Globalização Está Fazendo de Nós. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Record, 2002.

GOODALL, J. Reason for Hope: A Spiritual Journey. New York: Grand Central Publishing, 1999.

GUMES, Susan Mara Lacerda. Construção da conscientização sócio-ambiental: formulações teóricas para o desenvolvimento de modelos de trabalho. Ilhéus, BA: Editus, 2019.

GUTIERREZ, Edgar M.; ESCAMILLA, Eduardo M. Bambu laminado colado: uma alternativa sustentável. Revista de Arquitetura e Urbanismo da FAU Mackenzie, São Paulo, n.4, p.78-95,

G20. G20 Leaders' Declaration. Disponível em: <https://www.g20.org>. Acesso em: 16 ago. 2023.

JARAMILLO BENAVIDES, Andréa Salomé. Proposta de sistema construtivo para habitação de interesse social com bambu guadua: um estudo de caso no Equador. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2012.

LIEBLER, M.; DORN, L. Bamboo Construction Manual. Basel: Birkhäuser, 2005.

LIMA, José L. de. Bambu de corpo e alma: o uso inovador do bambu na arquitetura contemporânea brasileira. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2009.

LOPES, J.; et al. Bamboo as a building material: A critical review. Journal of Building Engineering, v. 30, 2021.

LOURENÇO, Paulo B.; SANTOS, Lucas F.; CORREIA, Nuno; HENRIQUES, José A.; DIAS, Alfredo M. P. Bambu laminado colado: Processo de fabricação, propriedades e aplicações. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.22, n.1, p.3-10, 2018.

LOVELOCK, J. E. *Gaia: A New Look at Life on Earth*. Oxford University Press, 1979.

MARÇAL, Vitor Hugo Silva. Uso do Bambu na Construção Civil. Monografia de Projeto Final 1 em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Orientador: André Luiz Aquere. Brasília, DF, dezembro de 2008.

MARTINS, Gabriela de Medeiros Lopes. A industrialização do bambu e a sustentabilidade: análise da potencialidade técnica do laminado colado na produção de componentes da construção civil no Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Agosto de 2021.

ONU – Organização das Nações Unidas. *World Population Prospects 2019*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>.

ORESQUES, N.; CONWAY, E. M. Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming. New York: Bloomsbury Press, 2010.

RAWORTH, K. Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist. Chelsea Green Publishing, 2017.

ROCKSTRÖM, J. et al. Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, v. 14, n. 2, p. 32, 2009.

Sharma, B., Gatóo, A., Bock, M., & Ramage, M. (2015). *Engineered bamboo for structural applications*. *Construction and Building Materials*, 81, 66-73. doi:10.1016/j.conbuildmat.2015.01.077.2009.

SOUZA, Andressa Martinelli de. Os Diversos Usos do Bambu na Construção Civil. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Curso de Engenharia Civil, Campo Mourão, 2014.

STEG, L.; VLEK, C. Behavioural interventions are generally more effective when they are systematically planned, implemented and evaluated. *Journal of Environmental Psychology*, v. 29, n. 3, p. 309-317, set. 2009.

UNEP – SBCI. Buildings and Climate Change - Summary for Decision-Makers. Sustainable Buildings and Climate Initiative, 2009.

UNITED NATIONS. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Nova Iorque: United Nations, 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>.

UNITED NATIONS. Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment. Estocolmo: United Nations, 1972.

UNITED NATIONS. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro: United Nations, 1992.

VEIGA, José Eli da. O Antropoceno e a Ciência do Sistema Terra. São Paulo: Editora UNESP, 2019.

VEIGA, J. E.; ZATZ, L. Relatório ambientalista da WWF. [S.I.], 2008.

Contatos: 32094337@mackenzista.com.br e ricardo.ramos@mackenzie.br