

Sustentabilidade em estruturas de madeira vinculada ao conceito de ecoeficiência

Sustainability in wooden structures linked to the concept of eco-efficiency

Priscilla Ribeiro Miranda Neves¹

RESUMO

Este artigo aborda a sustentabilidade das estruturas de madeira na construção civil, relacionando-a ao conceito de ecoeficiência. A madeira, sendo um material renovável, reciclável e com baixa emissão de carbono, se destaca como uma alternativa viável frente aos sistemas construtivos convencionais. Assim, o objetivo desse estudo é de verificar a sustentabilidade em estruturas de madeira vinculada ao conceito de ecoeficiência. Para isso foi feita uma revisão de literatura com estudos datados de 2019 a 2024 e foi observado que, quando proveniente de reflorestamento manejado de forma responsável, a madeira contribui para a conservação ambiental e redução de impactos ecológicos. Além disso, apresenta vantagens como menor consumo energético durante a produção e facilidade no transporte e montagem, favorecendo a racionalização dos recursos. O conceito de ecoeficiência, que combina desempenho econômico com responsabilidade ambiental, é aplicado na análise das estruturas de madeira, demonstrando que seu uso promove construções mais sustentáveis sem comprometer a funcionalidade ou os custos. Conclui-se que investir em sistemas construtivos em madeira é uma estratégia eficaz para atender às exigências de sustentabilidade e eficiência ambiental no setor da construção.

Palavras-chave: Madeira, Ecoeficiência. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This article addresses the sustainability of wooden structures in civil construction, relating it to the concept of eco-efficiency. Wood, being a renewable, recyclable material with low carbon emissions, stands out as a viable alternative to conventional construction systems. Thus, the objective of this study is to verify the sustainability of wooden structures linked to the concept of eco-efficiency. To this end, a literature review was carried out with studies dated from 2019 to 2024 and it was observed that, when coming from responsibly managed reforestation, wood contributes to environmental conservation and reduction of ecological impacts. In addition, it has advantages such as lower energy consumption during production and ease of transportation and assembly, favoring the rationalization of resources. The concept of eco-efficiency, which combines economic performance with environmental responsibility, is applied in the analysis of wooden structures, demonstrating that its use promotes more sustainable constructions without compromising functionality or costs. It is concluded that investing in wooden construction systems is an effective strategy to meet the demands of sustainability and environmental efficiency in the construction sector.

Key-words: Wood, Eco-efficiency. Sustainability.

¹ Discente de Graduação do Curso de XXXXXX do Centro Universitário de Excelência – UNEX – Unidade de Vitória da Conquista-BA. E-mail: Aluno@unifc.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A madeira está entre os primeiros materiais de construção e seu uso estrutural pode ser encontrado ao longo da existência da humanidade. Ao longo da história, a madeira foi sendo integrada de forma gradual a materiais de construção, como tijolos e argamassa, e, mais recentemente, substituída por concreto e aço, devido à sua maior resistência, inflamabilidade e sua suscetibilidade a agentes bióticos e abióticos (Oliveira et al., 2024).

No entanto, a madeira, e, especialmente as construções de madeira ainda são bastante fomentadas na construção civil, devido os conceitos que envolvem o tema, relacionando inovação arquitetônica e de design, e também pela questão da ecoeficiência, voltada à luta contra as emissões globais de dióxido de carbono (CO₂), por meio do uso de materiais sustentáveis (Nascimento et al., 2022).

No Brasil, ainda existe a subutilização da madeira em curto ciclo de vida e com baixo valor agregado, o que gera sérios impactos ambientais. Implementar biomateriais em finalidades permanentes, como sistemas estruturais ou paredes, explorando as melhores características físico-mecânicas do material, gera muitas vantagens e colabora com as metas de descarbonização da construção (Shigue, 2018).

Nesse sentido, o setor da construção e engenharia civil tem muita responsabilidade, pois é um dos maiores consumidores de recursos naturais e energia, sendo responsável por um terço dos gases de efeito estufa globais, pelo consumo de até 40% de toda a energia, cerca de 3 bilhões de toneladas de matérias-primas naturais, e 12% dos recursos hídricos existentes (Zubizarreta et al., 2019).

As mudanças globais em direção a um futuro com limitação de emissão de dióxido de carbono (CO₂) trazem uma análise mais profunda da madeira como material de construção, devido às suas credenciais ambientais únicas, beleza e versatilidade, e como a madeira é um material renovável, reciclável e biodegradável; sua produção e processamento são energeticamente eficientes; e seu uso na construção contribui para o combate ao efeito estufa (Souza et al., 2021).

Na Construção Civil, na Arquitetura e Engenharia, a atuação desses setores exige muita energia durante toda a sua vida útil, desde o canteiro de obras até o uso e demolição. O setor de construção contribui com grande parte das emissões totais de gases de efeito estufa e consomem uma grande quantidade de recursos hídricos e energéticos, de modo que o material e componentes utilizados no setor da construção ganharam um papel importante no discurso de sustentabilidade. Por isso, a tendência é usar materiais renováveis naturais que gerem menor dano ambiental do que os convencionais e que sejam capazes de atender às necessidades e arquitetônicas (Nascimento et al., 2022).

Assim, esse estudo deve destacar as vantagens e fazer a promoção da madeira no setor da construção, sendo um fator relevante e necessário para impulsionar a bioeconomia, visando avançar em direção a um novo paradigma baseado em energias renováveis e matérias-primas biológicas, pois com o uso de madeira no setor da construção desempenhará um papel importante na obtenção desses objetivos da ecoeficiência.

Além disso, a crescente demanda por ambientes internos sustentáveis e saudáveis tem sido acompanhada por materiais novos, reutilizáveis e recicláveis com baixa energia incorporada, como produtos de madeira e a madeira de florestas manejadas de forma sustentável é um dos materiais mais ecologicamente corretos disponíveis e do ponto de vista técnico, as propriedades físicas e mecânicas positivas da madeira como material estrutural significam que ela é ideal para a construção de estruturas de edifícios, exceto quando exposta a inundações (Roque e Pierri, 2019).

Mesmo assim, a madeira, como todos os materiais de construção, deve obedecer a uma série de normas para que seja utilizada da forma mais eficiente possível do ponto de vista ambiental. Com isso, nas últimas décadas, foram desenvolvidos diferentes modelos de projetos em prol da sustentabilidade de edifícios e dos diferentes materiais e componentes que os compõem e desses modelos de avaliação levam em consideração os 3 pilares básicos da sustentabilidade: componentes econômicos, sociais e impacto ambiental.

Em tais modelos de sustentabilidade, atrelados à ecoeficiência, é necessário fomentar mais estudos acerca especificamente da sustentabilidade de edifícios de madeira, pois são escassos. Alguns exemplos de estudos que analisaram a avaliação de sustentabilidade de estruturas híbridas ou mistas, nas quais a madeira é um componente adicional e esses estudos devem englobar ainda os impactos ambientais para avaliação da sustentabilidade no nível da estrutura de madeira (Almeida et al., 2021).

Diante dessa temática de tratar sobre a madeira e seu uso na construção civil verifica-se a seguinte questão problema: Quais são as vantagens associadas ao uso de estruturas de madeira dentro do conceito de sustentabilidade e de ecoeficiência ?

Conforme Almeida et al. (2021) o uso crescente de produtos de madeira projetados é impulsionado pela adoção de novas regulamentações e propriedades físicas, ambientais e econômicas superiores para esses produtos em comparação com materiais de construção de base mineral e por isso destacar as vantagens do uso da madeira na construção civil, relacionando ao conceito de sustentabilidade e de ecoeficiência na construção civil.

Assim, justifica-se esse estudo sobre o uso da madeira na construção civil com foco em ecoeficiência pode abordar vários aspectos que envolvem tanto benefícios ambientais quanto

econômicos e como a construção civil é uma das indústrias mais impactantes para o meio ambiente, sendo responsável por grandes volumes de consumo de recursos naturais, emissão de gases de efeito estufa e geração de resíduos.

Assim, o objetivo desse estudo é de o de destacar a importância do uso de estruturas de madeira na construção civil como meio de fomento para sustentabilidade e ecoeficiência

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo trata-se de uma revisão integrativa, de caráter exploratório, que tem por escopo sintetizar resultados obtidos em pesquisas sobre um tema, de forma sistemática, ordenada e ampla. No caso desse estudo foi uma revisão integrativa de literatura, onde é feito o levantamento bibliográfico englobando toda literatura que se conseguiu levantar sobre um determinado tema, e referências bibliográficas e todo o material utilizado, que foi citado no trabalho.

Para o procedimento de coleta de dados fez-se um estudo exploratório realizado através de fichamentos onde englobou estudos sobre o tema, com estudo da viabilidade de aplicação dos métodos, coleta dos dados de uma revisão integrativa, através da pesquisa com base no tema do estudo, fazendo uma análise do tema.

Assim pautou-se em estudos do portal Scielo e do buscador acadêmico (Google Acadêmico) e nesse estudo foi feito isso e após a exploração da temática, definiu-se os estudos abordados nos periódicos científicos, conforme as bases de dados: Scientific Electronic Library Online (SciELO), com delimitação da busca entre 2019 e 2024 e que fossem utilizados os estudos concernentes ao tema, que tiveram como critérios de inclusão utilizados: artigos primários e de revisão e prospectivos publicados nos idiomas inglês e português: demonstrando estudos empíricos, análises e ensaios clínicos.

Foram dotados nos seguintes critérios de inclusão: estudos datados de 2019 a 2024, nos idiomas inglês e português, e publicados nos últimos 5 anos, tendo como critérios de inclusão: estudos de bases de dados científicas datados dos últimos 5 anos e que tratassem do tema nos idiomas português e inglês, sendo artigos originais e foram excluídos os estudos mais antigos e que não abordem o tema propriamente dito.

No processo de análise foram coletados dados referentes ao periódico trazendo no quadro o título, com o ano de publicação datado a partir de 2019, o nome dos autores de cada estudo, objetivo, metodologia, e conclusão de cada estudo.

A pesquisa inicial obteve 30 artigos, dos quais 10 estavam em duplicidade e foram excluídos. Desses foram analisados 20, pois os demais não tinham qualquer referência relevante ao estudo, sendo selecionados e avaliados 16 resumos potencialmente relevantes. E um total de 16 documentos foram completamente lidos, e os outros não atenderem aos critérios de inclusão que era englobar os três descritores selecionados na temática totalizando 11 documentos selecionados por satisfazerem os critérios de elegibilidade, finalizando com 11 (onze) estudos para tabela dos resultados e discussão.

Assim, o universo de trabalhos acerca do tema, segundo a revisão que compôs tal pesquisa, foi feito um fichamento dos dados e de posse destes, fazendo o uso de estudos cruzando as referências, discutindo os dados da tabela conforme ilustrada na discussão desse estudo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A origem do uso da madeira na construção civil

Buscou-se na literatura abordar os principais conceitos acerca do tema. Diante dessa temática é relevante questionar quais as vantagens do uso de estruturas de madeira vinculada ao conceito de sustentabilidade e de ecoeficiência para melhor embasar o estudo, e usou-se uma divisão por tópicos para elucidar a temática de forma mais coerente e organizada, dividindo em: a origem do uso da madeira na construção civil, nas vantagens e desvantagens do seu uso, e, por fim, o uso de estruturas de madeira vinculada ao conceito de sustentabilidade e de ecoeficiência na construção civil. Assim, inicia-se a elucidação teórica:

A madeira tem sido usada na construção por milhares de anos e ainda é um dos materiais de construção mais amplamente usados e devido a certas propriedades da madeira para construção os engenheiros têm aproveitado com sucesso esse recurso natural para construir uma variedade de estruturas, e com o avanço da indústria siderúrgica foi sendo substituído aos poucos pelo concreto e pelo aço (Almeida et al., 2021).

Desde a pré-história, os primeiros humanos já usavam a madeira para construir abrigos com troncos e galhos, já servindo para criar estruturas temporárias e com o passar do tempo, as civilizações antigas foram aperfeiçoando o trato com a madeira, como os egípcios e os romanos e começaram a integrá-la em suas construções de maneira mais sofisticada, utilizando-a em telhados, portas e janelas, além de estruturas auxiliares (Cordeiro Junior, 2017).

Mais evolução ocorreu na Idade Média, na qual a madeira tornou-se um material predominante na construção de edifícios, e na Europa, particularmente em áreas como a Escandinávia e a Alemanha as construções de madeira eram visíveis em todos lugares, e na era do Renascimento, a arquitetura se modernizou e a madeira foi usada em muitos edifícios notáveis, incluindo igrejas e palácios (Shigue, 2018).

Com a Revolução Industrial, novas técnicas e máquinas foram desenvolvidas, permitindo um processamento mais eficiente da madeira e expandindo suas aplicações, que continuaram a evoluir no século XX, no qual a madeira enfrentou concorrência de materiais como concreto e aço, mas permanecendo valorizada devido as suas propriedades e características peculiares (Almeida et al., 2021).

Atualmente muito se discute sobre o uso da madeira na construção civil, e esse papel dela vem sendo reavaliado dentro do contexto de sustentabilidade, pois se antes buscava-se evitar seu uso pelo desmatamento, hoje, ela vem sendo uma opção ecológica mais sustentável para construções e com o avanço tecnológico como o uso de madeira laminada colada (CLT), esse material ganhou relevância como material de construção para edifícios de grande escala (Roque e Pierri, 2019).

3.2 Vantagens e desvantagens do uso da madeira na Construção Civil

A madeira é um material tradicional com uma longa e orgulhosa história e foi reintroduzida neste cenário graças às suas características sustentáveis. A madeira usada na construção é importante por ser capaz de capturar CO₂ da atmosfera e incorporar o chamado carbono no armazenamento. Além disso, baixos requisitos de energia do processo e alta reciclabilidade aumentam o potencial da madeira para se tornar um importante material de construção (Oliveira et al., 2024).

A tese começa com uma discussão sobre materiais híbridos, compostos e combinados. A chave segundo autores é mesclar dois ou mais materiais com características diferentes, o que resulta em um produto acabado com melhores propriedades gerais do que os constituintes de partida. No entanto, tais sistemas de materiais de construção não são bem categorizados e, portanto, um novo termo é introduzido para que descreva a combinação entre madeira e vidro: combinação de vidro de madeira projetada (Zubizarreta et al., 2019).

Para Roque e Pierri (2019) as empresas de construção em todo o mundo estão se conscientizando das mudanças climáticas e da enorme demanda de recursos energéticos e materiais relacionados ao setor de construção. De fato, a partir da realidade hodierna se exige

muita energia e materiais durante toda a sua vida útil, e por isso deve-se considerar o ciclo de vida destes, os danos ambientais que cada material traz, e nisso, nota-se que a madeira ganhou importância e tem sido reintroduzida na indústria da construção como produto de engenharia. Em comparação com outros materiais de construção, ela gera baixos impactos ambientais, principalmente por ser um material produzido através da fotossíntese, ou seja, tem capacidade para capturar dióxido de carbono (CO_2), da atmosfera liberar oxigênio e, portanto, incorporar o chamado armazenamento de carbono. Baixa energia de processo exigência e alta reciclabilidade aumentam seu potencial para se tornar um importante material de construção, mas para isso precisa haver reflorestamento quando esta é retirada da natureza e na prática não ocorre como deveria (Shige, 2018).

O uso da madeira na construção civil apresenta uma série de vantagens e desvantagens que devem ser consideradas no planejamento e execução de projetos, atualmente vem sendo considerada como sustentável pelo fato de que é um recurso natural que possui a possibilidade de regeneração, vez que se houver as políticas certas de renovação e controle será uma fonte inesgotável (Almeida et al., 2021).

Nota-se que se as florestas forem manejadas de forma responsável, a madeira se torna um recurso renovável e como opção ecológica melhor em comparação a materiais não renováveis, como o concreto, além disso vale salientar ainda que as estruturas de madeira são geralmente mais leves do que aquelas feitas de concreto ou aço, reduzindo custos de fundação e transporte na construção (Cordeiro Junior, 2017).

Outras vantagens percebidas estão relacionadas ao isolamento térmico e acústico, já que a madeira tem boas propriedades isolantes, ajudando a manter a temperatura interna estável e reduzindo a transmissão de som entre ambientes e ainda oferece uma aparência natural e calorosa, que é valorizada em projetos arquitetônicos, trazendo melhoria na parte estética de ambientes e tornando-os mais aconchegantes e acolhedores (Almeida et al., 2021).

Outra vantagem trazida nos estudos de Zubizarreta et al. (2019) e Roque e Pierri (2019) é sobre a velocidade de construção, vez que o trato na construção com a madeira é mais célere, podendo erguer-se mais rapidamente, já que muitos componentes podem ser pré-fabricados e ainda quanto ao design ela permite uma ampla gama de personalização, facilitando a criação de formas arquitetônicas inovadoras.

Como desvantagens do uso da madeira podem ser citadas: a vulnerabilidade desse material a ser afetado por pragas, como cupins ou ainda ser afetada por fungos que geram danos e pode comprometer a durabilidade da estrutura se não for tratada adequadamente, a questão de que requerem mais manutenção ao longo do tempo, como já citado por conta das pragas e a

necessidade de aplicação de vernizes ou tintas e outro fator negativo é a questão da inflamabilidade, pois a madeira é um material combustível do tipo A que é mais inflamável do que materiais como concreto e aço, exigindo cuidados adicionais em termos de segurança contra incêndios.

3.3 O uso de estruturas de madeira vinculada ao conceito de sustentabilidade e de ecoeficiência na Construção Civil

À luz da crescente consciência mundial em relação às questões ambientais e ao esgotamento dos recursos, alcançar a sustentabilidade no setor da construção tornou-se uma necessidade e apoiar a escolha de uso dos materiais ecológicos para se obter construção sustentáveis, traz viabilidade de promover ambientes interiores mais saudáveis através da utilização de materiais ecológicos paralelo a preservação ambiental (Tazmeen; Mir, 2024).

As atividades humanas na indústria da construção são cruciais para fomento de uma maior ou menor emissão de Carbono: Durante o crescimento, as árvores absorvem dióxido de carbono (CO₂), o que ajuda a mitigar as mudanças climáticas. Quando utilizada na construção, a madeira armazena esse carbono, contribuindo para a redução da pegada de carbono do edifício e a madeira pode ser utilizada de várias formas e formas, sem modificações ou aplicando aditivos para prolongar a vida útil da matéria-prima (Almeida et al., 2021).

Do ponto de vista estrutural, o engenheiro estrutural tem vantagens ao escolher a madeira como elemento devido a sua sustentabilidade, por poder ser repostado na sociedade, por ser renovável caso seja tratado de forma responsável, tornando-se uma opção ecológica inteligente em comparação a materiais não renováveis (Souza et al., 2021).

Atualmente há grandes possibilidades arquitetônicas e de sustentabilidade de uso estrutural da madeira e o progresso científico e tecnológico abre as oportunidades para selecionar as melhores soluções no decorrer de um processo de design interativo, para substituir elementos e o uso da madeira na construção civil apresenta uma série de vantagens que devem ser consideradas no planejamento e execução de projetos (Zubizarreta et al., 2019).

O uso da madeira na construção civil traz uma série de benefícios significativos, especialmente em termos de sustentabilidade e a decisão de usar madeira deve levar em conta que ela está intimamente ligada aos conceitos de sustentabilidade e ecoeficiência, promovendo práticas que visam reduzir os impactos ambientais e otimizar o uso de recursos (Tazmeen; Mir, 2024).

As estruturas de madeira têm boas propriedades e requer menos energia em comparação com a construção em concreto ou aço, tanto na produção dos materiais quanto na execução da obra,

trazendo em menor consumo de recursos naturais, sendo um elemento que contribui na biodiversidade vez que projetos que utilizam madeira de florestas sustentáveis frequentemente incluem práticas de conservação e recuperação de ecossistemas, promovendo a biodiversidade e a ecoeficiência, alinhando a construção com práticas responsáveis e ambientalmente conscientes (Roque e Pierri, 2019).

Ao integrar a madeira de maneira adequada em projetos arquitetônicos, é possível criar edifícios que não só atendem às necessidades humanas, mas também respeitam e protegem o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável no contexto da construção civil. Os principais pontos de discussão incluem os diversos benefícios do uso da madeira, que vão desde uma diminuição notável no impacto ambiental e traz efeitos positivos na redução da pegada de carbono e na eficiência energética, levando, em última análise, a reduções de custos significativas ao longo da vida útil na construção civil (Almeida et al., 2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No quadro abaixo foram elencados os estudos conforme abordados na metodologia, contendo entre esses, relação com as palavras chaves, datados de 2019 a 2024 e contendo a temática informada:

Assim foi elencado a seguir o autor e ano, título do estudo e seu objetivo e resultados e conclusão, totalizando 11 (onze) estudos para discussão do quadro abaixo, que foram selecionados por dentre os estudos serem os que tratavam da temática de forma mais condizente com os objetivos desse estudo.

Quadro 1: Quadro síntese dos artigos incluídos referentes ao tema (2019 a 2024).

Autor (ano)	Título	Objetivo	Resultados	Conclusões
Zubizarreta et al. (2019) (1)	Modeling the environmental sustainability of timber structures: A case study	Neste artigo, descreve-se o desenvolvimento de um modelo de avaliação da sustentabilidade ambiental para estruturas de madeira.	No presente estudo, o modelo de sustentabilidade foi aplicado ao maior e mais alto edifício residencial de vários andares, construído principalmente em madeira no sudoeste da Europa.	A madeira possui características únicas como material de construção versátil. Hoje em dia, é vista, do ponto de vista ambiental, como uma alternativa real ao aço e ao concreto em estruturas de médio porte, o que explica o uso crescente da madeira como principal material de construção em muitas novas construções.
Kobayashi Jr et al. (2020) (2)	Estudo comparativo sobre consumo de madeira na construção de edificações	Realizar um comparativo com relação à madeira consumida em construção de edificações unifamiliares térreas	Viu-se que em ações sustentáveis em sistemas construtivos, praticadas por profissionais de engenharia e arquitetura,	O uso da madeira de forma ecoeficiente é fundamental para uma gestão eficaz dos resíduos provenientes dos recursos naturais.

	convencionais e de alvenaria estrutural	convencionais e de alvenaria estrutural com o auxílio dos softwares TQS® e Eberick® usando a sustentabilidade	sensibilizados com os objetivos do desenvolvimento sustentável proporcionarão benefícios.	
Ruggerio (2021) (3)	Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma revisão de princípios e definições	Destacar a sustentabilidade através de estudos feitos sobre o tema.	Os principais resultados evidenciaram uma forte crítica ao conceito de desenvolvimento sustentável devido à sua definição imprecisa, à emergência do conceito de sustentabilidade.	Deve-se fomentar conhecer novas alternativas ao desenvolvimento sustentável, como o decrescimento e a sustentabilidade.
Resende et al. (2021) (4)	Utilização da moldura de madeira na construção civil no Brasil	O objetivo deste trabalho é apresentar as vantagens e desvantagens das características do sistema construtivo em casas de madeira, abordando as principais responsabilidades sustentáveis e as técnicas usadas.	Falta de informação ao público, falta de mão de obra especializada e problemas de conscientização da população que pensa que esse é um sistema frágil e pouco durável.	A melhoria do ensino sobre drywall, logo, também sobre woodframe, deveria ser implantado nas universidades, o engenheiro deveria ser o incentivador e informador sobre as novas técnicas de construção, pelo menos no Brasil.
Mota et al. (2021) (5)	Construções sustentáveis, desenvolvimento econômico e a engenharia: otimização dos recursos naturais	Abordar o papel da engenharia na utilização e no aproveitamento de recursos naturais com foco na questão sustentável	A utilização de materiais sustentáveis nas construções e a aplicação dos princípios da sustentabilidade têm demonstrado alternativas para o desenvolvimento sustentável na área de construção civil.	Deve-se levar em consideração as preocupações com o setor econômico, social e ambiental, visando à qualidade de vida da sociedade, contribuindo para a sustentabilidade do meio ambiente e preservando-o para as presente e futuras gerações,
Severiano Jr (2021) (6)	Construção Verde: emprego de recursos renováveis na construção civil.	Analisar oportunidades e apresentar contribuições para a prática sustentável na construção civil a partir de recursos renováveis.	A partir da análise foram identificadas contribuições para a sustentabilidade e recursos renováveis, que podem ser implementadas por empresas que atuam no setor da construção civil	Uma construção que busca ser sustentável usa materiais locais, reciclados e reutilizáveis.
Tomio et al. (2021) (7)	Rendimento e qualidade da madeira de Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage de rotação longa no processo de desdobro.	O objetivo do estudo foi avaliar a influência da classe diamétrica e do método de desdobro no rendimento da conversão mecânica de toras de E. benthamii, provenientes de árvores com ciclo de rotação longa (23 anos), e	A utilização de toras de E. benthamii, provenientes de árvores com rotação longa, mostrou-se viável no desdobro, com rendimento equivalente a grande parte das espécies de rápido crescimento.	O uso da madeira de E. benthamii, traz mais rendimento e qualidade, atendendo aos padrões de ecoeficiência necessárias ao projeto.

		a qualidade da madeira produzida.		
Stora et al. (2022) (8)	Práticas de sustentabilidade em escolas estaduais de Guarapuava (PR)	Tratar sobre as práticas de sustentabilidade em escolas estaduais de Guarapuava (PR)	Os resultados indicam que os colégios executam boas práticas de sustentabilidade, alinhadas com os parâmetros da Planilha A3P, embora elas sejam pontuais e não contínuas.	Tais práticas estão na defasagem da formação dos diretores para que possam liderar suas instituições em compasso com as transformações ambientais, sociais e econômicas da contemporaneidade.
Silva et al. (2023) (9)	Sustentabilidade e ecoeficiência: desenvolvimento de produtos com identidade regional a partir do uso de necromassas em reserva extrativista.	Aborda as ações realizadas na comunidade Barreirinha de Cima, Auati-Paraná por meio do objetivando identificar práticas sustentáveis e ecoeficiência.	Pode-se observar que os comunitários têm potencial para desenvolvimento de novas aprendizagens e serem multiplicadores de conhecimento da comunidade.	O projeto fomenta o uso da madeira de forma sustentável e leva em consideração as práticas sustentáveis e a ecoeficiência.
Lopes et al. (2024) (10)	Reaproveitamento de resíduos de madeiras amazônicas por meio do design sustentável ampliando horizontes de comunidade ribeirinha.	Reaproveitamento de resíduos de madeiras amazônicas por meio do design sustentável ampliando horizontes de comunidade ribeirinha.	Obteve-se a possibilidade factual de que o treinamento e a aplicação de técnicas de criação conjunta resultariam em crescimento econômico e valorização social.	Viu-se o quão é viável o reaproveitamento de resíduos de madeiras como recurso sustentável.
Zanete Silva (2024) (11)	Práticas sustentáveis relacionadas aos materiais de construção: uma análise dos aspectos ambientais por revisão sistemática /	Analisar os materiais de construção disponíveis no mercado, considerando seus aspectos ambientais, para promover práticas mais sustentáveis na construção civil através de uma revisão sistemática.	Os materiais sustentáveis identificados oferecem alternativas viáveis e eficientes para a construção civil, contribuindo significativamente para a redução dos impactos ambientais e promovendo a sustentabilidade.	Destaca a importância da adoção de práticas sustentáveis e a necessidade de políticas públicas eficazes e incentivos econômicos para aumentar a utilização desses materiais.

Fonte: Própria pesquisa.

A discussão dos estudos evidencia que a madeira, quando bem utilizada, pode ser um dos pilares de uma construção civil mais sustentável, desde que sejam superadas barreiras técnicas, culturais e institucionais. A ecoeficiência no uso da madeira envolve não só a escolha de materiais e tecnologias apropriadas, mas também a valorização de práticas sociais, reaproveitamento de resíduos e planejamento sustentável do setor florestal.

Conforme dados tabela acima, Mota *et al.* (2021) destaca pela relevância de fomento com a preocupação de efetivar construções mais sustentáveis, melhorando a economia, emprego e impactos ambientais, destacando que a indústria da construção deve atender aos anseios sociais e criar e implantar infraestruturas em prol dessa demanda ecológica. De igual modo Ruggerio (2021) eleva os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável como relevantes e que influem nas questões ambientais, fomentando políticas ligadas à gestão ambiental.

Zubizarreta, et al. (2019) aduz que nas últimas décadas, diferentes modelos foram desenvolvidos para analisar a sustentabilidade dos diferentes materiais e componentes e deve-se implantar três pilares básicos da sustentabilidade: componentes econômicos e sociais e impacto ambiental e os modelos mencionados nesse estudo expressa a ecoeficiência no sentido de que se revela como uma alternativa cada vez mais promissora para a construção civil contemporânea.

A madeira, por ser um recurso natural renovável, quando extraída de forma responsável e aplicada com tecnologias apropriadas, atende de maneira satisfatória aos três pilares da sustentabilidade: ambiental, social e econômico, logo, o uso da madeira em estruturas construtivas já é, por si só, uma prática que remete à sustentabilidade. Quando proveniente de florestas manejadas de forma legal e controlada, a madeira apresenta baixa emissão de carbono, alta capacidade de isolamento térmico e impacto ambiental reduzido em comparação com materiais como o aço e o concreto (Silva et al., 2023).

Stora et al. (2022) em estudo feito em uma escola destacou que se pode implementar o conceito de ecoeficiência nas áreas verdes para brincar e socializar, gerando uma prática perspectiva de conscientização para a manutenção e preservação de áreas verdes e fomentando a sustentabilidade, com foco no uso de estruturas de madeira vinculada ao conceito de melhoramento do ambiente.

Segundo Resende et al. (2021), ao contrário do senso comum, as construções em madeira são vistas como sustentáveis e renováveis, com baixo impacto ambiental e custo energético reduzido, ajudando para a sustentabilidade, agregando valor estético, mas que ainda é obstada por entraves como a desinformação do público e de profissionais da engenharia, a escassez de mão de obra qualificada e a visão equivocada de que o sistema é frágil e de baixa durabilidade. Os estudos de Zubizarreta et al. (2019) e Kobayashi Jr. et al. (2020) destacam o potencial da madeira como substituta de materiais convencionais como aço e concreto, ressaltando suas vantagens ambientais. Zubizarreta evidencia a versatilidade e a eficiência ambiental da madeira em grandes construções, enquanto Kobayashi Jr. enfatiza que seu uso racional pode gerar

benefícios econômicos, sociais e ambientais, e ambos apontam a madeira como elemento central na construção sustentável.

Em uma abordagem mais crítica, Ruggerio (2021) reforça a necessidade de se repensar o próprio conceito de desenvolvimento sustentável, propondo caminhos alternativos como o decrescimento. Esse ponto de vista convida a refletir sobre os limites do consumo, mesmo de materiais considerados sustentáveis como a madeira, defendendo uma lógica que ultrapasse a simples substituição de materiais.

No contexto brasileiro, Resende et al. (2021) trazem à tona barreiras culturais e estruturais à adoção do sistema construtivo em madeira, como a desinformação da população e a carência de mão de obra qualificada. Nesse sentido, defendem maior investimento em capacitação técnica e conscientização sobre os benefícios do *woodframe e drywall*, posicionando o engenheiro como um agente de transformação.

Mota et al. (2021) e Severiano Jr (2021) abordam o papel da engenharia na gestão sustentável dos recursos naturais, enfatizando a importância de materiais locais, recicláveis e reutilizáveis. Tais estudos reforçam que a adoção da madeira dentro de uma lógica ecosuficiente passa por um planejamento estratégico que considere os impactos sociais, ambientais e econômicos das construções.

Por sua vez, Tomio et al. (2021) reforçam o valor da madeira de rotação longa, como o *Eucalyptus benthamii*, demonstrando que o uso dessa espécie oferece alto rendimento e qualidade, com ganhos em eficiência. Isso evidencia a importância da gestão florestal adequada na escolha de espécies e nos ciclos produtivos.

Os estudos de Silva et al. (2023) e Lopes et al. (2024) revelam a relevância do reaproveitamento de resíduos de madeira, seja por meio do uso de necromassas em reservas extrativistas, seja com o design sustentável em comunidades ribeirinhas. Ambos mostram que a madeira pode ser vetor de transformação socioeconômica, promovendo autonomia e valorização cultural, ao mesmo tempo em que contribui para a redução de impactos ambientais.

Por fim, Zanete Silva (2024) reforça que os materiais de construção sustentáveis, entre eles a madeira, dependem não apenas da inovação tecnológica, mas também da implementação de políticas públicas eficazes e de incentivos econômicos para ampliarem sua adoção no mercado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de estruturas de madeira na construção civil, quando associado aos princípios da sustentabilidade e da ecoeficiência, representa uma alternativa estratégica e promissora frente aos desafios ambientais e sociais contemporâneos. A madeira, por ser um recurso natural renovável e de baixo impacto ambiental, quando manejada de forma adequada, contribui significativamente para a redução das emissões de carbono, a racionalização do uso de materiais e a geração de menos resíduos na cadeia produtiva da construção.

Além disso, a adoção da madeira em projetos arquitetônicos e estruturais está alinhada à busca por soluções construtivas mais limpas, duráveis e acessíveis, favorecendo não apenas a preservação ambiental, mas também o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e a valorização de práticas socialmente responsáveis. A ecoeficiência, nesse contexto, se manifesta pela capacidade de produzir mais com menos impacto, otimizando recursos e promovendo o reaproveitamento de resíduos e a inovação nos métodos construtivos.

Nesse contexto, a busca por soluções que promovam a sustentabilidade e a ecoeficiência tem se intensificado, com destaque para a utilização de materiais que apresentem baixo impacto ambiental ao longo de seu ciclo de vida. A madeira, um dos materiais mais antigos e tradicionais utilizados na construção, surge como uma alternativa promissora, especialmente quando proveniente de fontes responsáveis e manejadas de forma sustentável.

Portanto, este trabalho buscou explorar as potencialidades do uso da madeira na construção civil, focando especialmente em sua contribuição para a ecoeficiência. Ao analisar as vantagens ambientais, sociais e econômicas desse material, pretende-se demonstrar a viabilidade e a importância de sua adoção em projetos de construção mais sustentáveis, contribuindo para o desenvolvimento de uma construção civil mais responsável e em harmonia com o meio ambiente.

Todavia, para que esse modelo seja efetivamente implementado em larga escala, é fundamental superar barreiras técnicas, culturais e institucionais, por meio da capacitação de profissionais, do incentivo à pesquisa, da formulação de políticas públicas e da conscientização da sociedade sobre os benefícios do uso sustentável da madeira.

Dessa forma, reforça-se a importância de incorporar práticas sustentáveis e ecoeficientes como eixo central do planejamento e execução de obras, permitindo que a construção civil evolua de forma harmônica com o meio ambiente, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida das gerações presentes e futuras. Primando por políticas públicas, formação técnica e

conscientização social são fundamentais para consolidar o uso ecosuficiente da madeira como estratégia viável e duradoura no enfrentamento dos desafios ambientais contemporâneos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C; MACEDO, L; MELO, M.F; WAGNER, V; BRAATZ, L.B; SILVA, W. Uso da madeira como material construtivo. **Revista Científica Eletrônica De Ciências** Aplicadas da FAIT, v.2, n.4, Fait, dezembro 2021.

CORDEIRO JÚNIOR, Carlos Roberto; SILVA, Wendna Cristina Rocha; SOARES, Paulo de Tarso Machado Leite. Engenharias. Uso da madeira na construção civil. **Projectus**. Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 73-93. 2017.

KOBAYASHI JR, Y. M; SILVA, C. N; REZENDE, L. C; MILANI, R. Estudo comparativo sobre consumo de madeira na construção de edificações convencionais e de alvenaria estrutural, **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11 n. 6 2020.

LOPES, A. M., PEREIRA, H. A. A., & MENEZES, T. M. S. DE. Reaproveitamento de resíduos de madeiras amazônicas por meio do design sustentável ampliando horizontes de comunidade ribeirinha. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, 13(2), 2024.

MOTA, L; BARCELOS, T; MORORO, A; GUIMARAES, V. Construções sustentáveis, desenvolvimento econômico e a desengenharia: otimização dos recursos naturais. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 6, n. 2, p. 221-242, mar-abr, 2021 ISSN: 2448-2889

NASCIMENTO, E; MORAES, D; LOPES, S. Sustentabilidade na construção civil no Brasil: Uma revisão da literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, e524111436611, 2022.

OLIVEIRA, C. G. DE ., PUNHAGUI, K. R. G., PINTO, E. F. P., & MORAES, E. S. DE .
Consumo de madeira para fins provisórios em obras em concreto armado moldado in loco.
Ambiente Construído, 24, e131790, 2024.

RESENDE, E. B.; FARIA, L. C. S.; FREITAS-FERREIRA, E.; AVERSI-FERREIRA, T. A.
Utilização da moldura de madeira na construção civil no Brasil. **Pesquisa, Sociedade e
Desenvolvimento**, [S. l.], v. 6, 2021.

ROQUE, R. A. L., & PIERRI, A. C. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na
construção civil. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 2,p. 1-18, 2019.

RUGGERIO, C. A. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma revisão de princípios
e definições. **Ciência do Meio Ambiente Total**, n. 786, n.5, 2021.

SEVERIANO JUNIOR, Wagner Oliveira. CONSTRUÇÃO VERDE: emprego de recursos
renováveis na construção civil. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e
Educação**, [S.L.], v. 7, n. 7, p. 792-807, 31 jul. 2021.

SILVA, G. M.; NASCIMENTO, C. C. do; PÊGO, K. A.; CARVALHAES; ARAÚJO, R. D.
de; SALES, R. B. C. Sustentabilidade e ecoeficiência: desenvolvimento de produtos com
identidade regional a partir do uso de necromassas em reserva extrativista. **Revista Terceira
Margem Amazônia**, v. 9, n. 21, p. 151-168, 2023.

SHIGUE, Erich Kazuo. **Difusão da Construção em madeira no Brasil: Agentes,
Ações e Produtos**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.
Universidade de São Paulo, 2018.

SOUZA, L. DE J., NUNES, A. G., FERREIRA, F. B., VIANA, M. R., CARVALHO, M. C.,
SANTOS, D. DE G., & MICHELAN, D. C. DE G. S. Requisitos para a construção de um
software sobre boas práticas e atividades facilitadoras na construção civil: um mapeamento das
teses e dissertações brasileiras. **Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**,
v.4, n. 2, p. 1-9, 2021.

STORA F, DOLIVEIRA SLD, GONZAGA CAM, MASSUGA F. Práticas de sustentabilidade em escolas estaduais de Guarapuava (PR) . **Rev Bras Estud Pedagog [Internet]**. v.103, n. 264, p. 378–403, 2022.

TAZMEEN, T; MIR, F. Sustainability through materials: A review of green options in construction, **Results in Surfaces and Interfaces**, v.14, n.1, 202-211, 2024.

TOMIO, G. F., CUNHA, A. B., BRAND, M. A., & CÓRDOVA, U. A. Rendimento e qualidade da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage de rotação longa no processo de desdobro. **Scientia Forestalis**, v.49, n. 132, 2021.

ZANETTE SILVA, Frederico. **Práticas sustentáveis relacionadas aos materiais de construção: uma análise dos aspectos ambientais por revisão sistemática /** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico, Bacharel em Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2024.80 f.

ZUBIZARRETA, M; CUADRADO, M; ORBE, A; GARCIA, H. Modeling the environmental sustainability of timberstructures: A case study, **Environmental ImpactAssessment Review**, v.78, n.2, p. 08-14, 2019.