XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8798

Valorização de resíduos de madeira aplicados à economia circular e à inclusão social infantil

Valorization of wood waste, applied to the circular economy and social inclusion of children

Hernán Darío Cañola
IUCMA, UNILA| Medellín| Colombia, Brasil| Hernan.canola@colmayor.edu.co
Gersson Fernando Barreto Sandoval
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia |Sede Tunja, Boyacá| Colombia| gersson.barreto@uptc.edu.co
Gabriela Pitolli Lyra
Universidade São Paulo, Brasil|gabriela.lyra@usp.br
Edna Possan
UNILA| Foz do Iguaçu | Brasil | epossan@gmail.com

Resumo

A gestão inadequada dos resíduos de construção, especialmente da madeira, representa um problema ambiental crescente devido à geração de resíduos, ao consumo de recursos florestais e às emissões de gases de efeito estufa associadas à sua destinação final. Por essa razão, o objetivo deste projeto foi desenvolver uma estratégia metodológica que articulasse a universidade, o setor produtivo e o governo para a coleta, transformação e valorização de resíduos de madeira, baseada em princípios de economia circular, sustentabilidade e inclusão social, com ênfase na primeira infância. A metodologia contemplou a coleta e o processamento de resíduos de madeira provenientes de atividades construtivas, a fim de elaborar materiais educativos e implementar espaços de aprendizado colaborativo com estudantes, comunidades e instituições. Os resultados demonstraram a viabilidade de transformar esses resíduos em recursos educativos que favorecem o desenvolvimento cognitivo infantil e fortalecem a aprendizagem participativa. Além disso, a estratégia contribuiu para reduzir o consumo de recursos florestais virgens e as emissões de CO_2. Conclui-se que a gestão de resíduos de madeira constitui uma ferramenta pedagógica eficaz para promover a consciência ambiental, a responsabilidade social e a sustentabilidade, fortalecendo a articulação entre academia, sociedade e setor produtivo.

Palavras-chave: Resíduos de construção e demolição (RCD). Resíduos de madeira. Educação ambiental. Sustentabilidade. Responsabilidade social.

Abstract

The improper management of construction waste, particularly wood waste, represents a growing environmental challenge due to waste generation, forest resource consumption, and greenhouse gas emissions associated with final disposal. Therefore, this study aimed to develop a methodological strategy integrating university, industry, and government actions for the collection, processing, and valorization of wood waste, based on principles of circular economy, sustainability, and social inclusion, with emphasis on early childhood. The methodology involved collecting and processing wood waste from construction activities to produce educational materials and implement collaborative learning spaces with students, communities, and institutions. The results demonstrated the feasibility of transforming these residues into educational resources that support children's cognitive development and participatory learning. In addition, the proposed strategy contributed to reducing the consumption of virgin forest resources and CO_2 emissions. It is concluded that wood waste management can serve as an effective pedagogical tool to promote environmental awareness, social responsibility, and sustainability, while strengthening the connection between academia, society, and the productive sector.

Keywords: Construction and demolition waste (CDW). Wood waste. Environmental education. Sustainability. Social responsibility.

CAÑOLA, H.D.; BARRETO, S.; G.F. LYRA. G. P., POSSAN, E. Valorização de resíduos de madeira aplicados à economia circular e à inclusão social infantil. ENTAC 2026. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8798

INTRODUÇÃO

Atualmente, a reutilização de resíduos é uma necessidade motivada pelos problemas ambientais relacionados às mudanças climáticas e à exploração excessiva dos recursos naturais[1][2][3][4][5]. Nesse contexto, o setor da construção gera impactos ambientais importantes devido à sua alta demanda por recursos e energia [6][7][8]. A nível mundial, este setor é responsável por aproximadamente 39% das emissões de CO_2 e 36% do consumo energético global, se consolidando como um dos principais contribuintes para o problema ambiental [5].

Neste contexto, constata-se que não apenas as emissões de CO_2 e o consumo de energia constituem problemas relevantes, mas também que a geração de resíduos de construção e demolição (RCD) representa um dos principais desafios associados a este setor, situação intimamente ligada ao aumento das emissões e da demanda energética, o que evidencia a necessidade de implementar estratégias voltadas ao seu aproveitamento adequado.

Na Colômbia, os resíduos de construção e demolição (RCD) representam uma proporção significativa dos resíduos sólidos gerados, cuja gestão ainda apresenta limitações importantes devido ao seu descarte inadequado [9]. Esse problema é especialmente relevante em cidades como Medellín, onde se geram grandes volumes de RCD [10][11]. Entre eles, os resíduos de madeira se destacam pelo seu potencial de reutilização dentro de estratégias de economia circular e sustentabilidade, por isso têm sido amplamente estudados como matéria-prima para o desenvolvimento de projetos produtivos e alternativas de valorização ambiental [12].

Muitos pesquisadores em todo o mundo têm concentrado seus estudos na caracterização e utilização de resíduos da construção civil, especialmente madeira, por meio do desenvolvimento de projetos produtivos voltados à economia circular e de métodos construtivos alternativos, como mostrado abaixo.

Cañola et al. [13] demonstraram o potencial dos resíduos de madeira como matéria-prima para o desenvolvimento de projetos produtivos capazes de promover impacto social em comunidades vulneráveis. De manera similar, Lykidis y Grigoriou [14], utilizaram resíduos de madeira na fabricação de painéis particulados como alternativa sustentável. Outros autores também relataram a viabilidade do aproveitamento de serragem como matéria-prima para o desenvolvimento de materiais aplicados à construção civil [15][16][17][18].

Embora pesquisas anteriores tenham demonstrado o potencial dos resíduos de madeira para a fabricação de materiais de construção, há pouca evidência sobre sua aplicação em projetos produtivos de pequena escala com foco social. Nesse contexto, a presente pesquisa propõe alternativas baseadas nos princípios da economia circular para o aproveitamento de resíduos de madeira e a inclusão social de crianças pertencentes a comunidades vulneráveis.

METODOLOGIA

Esta pesquisa, de abordagem mista (qualitativa e quantitativa), avaliou a viabilidade do aproveitamento de resíduos de madeira provenientes da construção civil. A

metodologia foi estruturada em quatro etapas. A primeira consistiu na coleta, seleção, armazenamento e limpeza dos resíduos de madeira. A segunda compreendeu a identificação e caracterização dos materiais por meio de ensaios organolépticos e análises físico-mecânicas realizadas de acordo com parâmetros normativos [19][20].

Após a caracterização organoléptica, as propriedades físico-mecânicas foram analisadas em 15 amostras de cada tipo de madeira. Para o ensaio de resistência à compressão e à flexão [21] e foram empregadas amostras com dimensões de 50 mm x 50 mm x 50 mm para cubos e dimensões de 50 mm x 50 mm x 250 mm para prismas respectivamente. Também foram realizados testes de densidade [22] e de módulo de elasticidade dinâmico [23]. Para a condução dos ensaios, as amostras de madeira foram polidas e condicionadas de forma controlada durante um mês, a uma temperatura de 25,6 °C e umidade relativa de 60%, a fim de determinar o teor de umidade de equilíbrio com um higrômetro digital e estabelecer sua densidade por meio de correlações entre massa e volume, de acordo com a ASTM D2395-17[22]. Por fim, realizam-se testes de teor de umidade conforme o padrão ASTM D 4442 – 92 [24] e de resistência à penetração de umidade de acordo com o método RILEM [22].

Na terceira etapa, foi realizada uma análise da pegada de carbono e uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) comparativa entre madeira reciclada e madeira convencional, usando como indicador o Potencial de Aquecimento Global (GWP). A avaliação considerou os processos produtivos de ambos os materiais, assim como os benefícios associados ao armazenamento de carbono e às emissões evitadas através da reutilização da madeira [25].

A avaliação ambiental foi realizada por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), utilizando os métodos CML-IA baseline [26], IPCC AR6 [27], ReCiPe 2016 [28] e EN 15804+A2 [29]. Essas metodologias permitiram avaliar comparativamente os impactos ambientais associados à madeira reciclada e à madeira convencional sob diferentes abordagens de quantificação do potencial de aquecimento global.

Finalmente, na quarta etapa, foram fabricados aproximadamente 400 brinquedos infantis (carrinhos, aviões, trens, animais e quebra-cabeças) a partir de resíduos de madeira de construção. Os brinquedos foram entregues a cerca de 400 crianças entre 4 e 7 anos, em situação de vulnerabilidade econômica, por meio de jornadas realizadas com o apoio de empresas privadas, da Instituição Universitária Colegio Mayor de Antioquia (IUCMA), órgãos do governo, professores e estudantes participantes do projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa preliminar desta pesquisa, foram coletados, em diversos canteiros de obras de Medellín, Colômbia (Figura 1), aproximadamente 1,5 m^3 de resíduos de madeira natural, classificados como resíduos de construção e demolição (RCD). Conforme mostrado na Figura 2, esses foram submetidos a processos de secagem, limpeza e remoção de elementos metálicos para posterior escovação e classificação por tamanho, atividades realizadas na oficina de madeira da Instituição Universitária Colegio Mayor de Antioquia.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8798

Figura 1: Localização de obras de construção que geram resíduos de madeira.



Fonte: os autores

Figura 2: Processamento da madeira: A, B) Coleta de madeira; C) Extração de elementos metálicos; D) Corte de resíduos de madeira; E) Aplainamento da madeira; F) Armazenamento da madeira.



Fonte: os autores

Na segunda etapa, conforme apresentado na Tabela 1, foi realizada a identificação e caracterização dos resíduos de madeira por meio de testes organolépticos e fontes bibliográficas [20]. Os ensaios foram realizados em condições controladas de 60% de umidade relativa, temperatura média de 25,6 °C e umidade de equilíbrio de 11%. Como resultado, foram identificadas três espécies de madeira natural: carvalho, cedro e carrara. Os procedimentos dos ensaios físico-mecânicos estão apresentados na Figura 3 e os resultados obtidos na Tabela 2.

Tabela 1: Identificação, tipos de madeira e características organolépticas.

ID Amostra	Nome *popular* da madeira *(nome científico)*	Característica organoléptica			Origem de acordo com a fase do trabalho
		Cor	cheiro	Sabor	
A	Carvalho (*Quercus alba)*	Cinza claro	Doce	Sem nada distintivo	Acabamentos
B	Cedro (*Cedrela fissilis)*	Rosa	Amargo	Amargo	Demolição
E	Carrá (*Huberodendron patinoi)*	Café	Sem nada distintivo	Sem nada distintivo	Trabalho branco

Fonte: os autores

Figura 3 – Ensaios físicos: A) Secagem da amostra; B) Medição de peso e volume; C, D) Medição da umidade de equilíbrio; E) Teste de resistência à penetração de umidade. Ensaios mecânicos: F) Análise da umidade de equilíbrio; G, H) Teste de resistência à compressão; H, I) Resistência à flexão; K) Teste do módulo de elasticidade por ultrassom.



Fonte: os autores

Tabela 1 - Propriedades físicas e mecânicas de amostras de resíduos de madeira.

Propriedade (unidade)	Madeira		
	Carvalho	Cedro	Carrá
Absorção média (%)	14	16	12
Umidade média de equilíbrio (%)	12	12	11
Densidade média (kg/m^3)	560	520	520
Resistência à penetração de umidade ($10^{-6}m^3$)	0.20	0.25	0.15
Módulo médio de elasticidade paralelo à fibra (GPa)	12	8	9.5
Resistência média à compressão (MPa)	59.0	40.7	42.8
Resistência média à flexão (MPa)	98.0	73.8	73.6

Fonte: os autores

Observa-se que os resíduos de madeira selecionados pertencem a três espécies distintas, que apresentam densidade média e propriedades físicas e mecânicas semelhantes, com potencial de reaproveitamento como matéria-prima em outros processos produtivos.

Uma vez que os produtos derivados da madeira atuam como reservatórios de carbono e são considerados sumidouros para armazenamento e captura de CO2 [25, 30], avaliou-se a pegada de carbono dos resíduos de madeira em estudo (Tabela 3).

Tabela 3: Redução de CO_2 associada ao uso de madeira natural.

Madeira Usada (m^3)	Armazenamento de toneladas de CO_2/ m^3 (t)		Fator adicional de redução de CO_2 por (t)		Redução de CO_2 (t)
	Valor	Referência	Valor	Referência	
1.5	0.9	[25], [26], [27]	1.1	[27]	3

Fonte: os autores

Os resultados da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) demonstram que tanto a madeira convencional quanto a madeira reciclada apresentaram valores negativos de Potencial de Aquecimento Global (GWP), indicando um impacto ambiental positivo conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Comparação do Potencial de Aquecimento Global (GWP) entre a madeira reciclada e a não reciclada.

Metodologias GWP	Madeira Reciclada (kg CO_2 eq./m^3)	Madeira não reciclada (kg CO_2 eq./m^3)
CML2001 - Aug. 2016 [26]	-3.553,3	-685,2
IPCC AR6 [27]	-3.556,4	-684,8
ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint [28]	-3.567,0	-683,6
EN15804+A2 (EF 3.1) [29]	-3.556,1	-684,3
Média	**-3.558,2**	**-684,5**

Fonte: os autores

No caso da madeira proveniente de reflorestamento, o resultado positivo está associado à absorção e ao armazenamento de CO_2 durante o crescimento das árvores, compensando parcialmente as emissões relacionadas ao seu ciclo produtivo. No entanto, a madeira reciclada mostrou um desempenho ambiental superior em todas as metodologias avaliadas, devido ao armazenamento de carbono, às emissões evitadas por não extrair nova matéria-prima e por não enviar os resíduos aos aterros.

Além disso, seu reaproveitamento exige menos etapas produtivas, reduzindo os impactos ambientais associados ao processamento do material.

Além disso, mesmo com o uso de diferentes metodologias de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), os resultados apresentaram variações muito pequenas entre si, o que demonstra consistência e confiabilidade na análise realizada. Independentemente da metodologia aplicada, todas indicaram a mesma tendência: a madeira reciclada apresentou desempenho ambiental superior ao da madeira convencional no indicador de Potencial de Aquecimento Global (GWP).

Os resultados reforçam que estratégias de economia circular aplicadas aos resíduos de madeira da construção civil representam uma alternativa eficiente para reduzir as emissões de CO_2 no setor da construção, ao mesmo tempo em que promovem a valorização dos resíduos, a conservação dos recursos naturais e práticas construtivas mais sustentáveis.

Nesse sentido, foi realizado o aproveitamento de resíduos de madeira provenientes de atividades de construção e demolição para a fabricação de aproximadamente 400 brinquedos infantis, entre os quais estavam carrinhos, aviões, trens, animais didáticos, quebra-cabeças e outros elementos lúdicos projetados para estimular a criatividade, a aprendizagem e o desenvolvimento psicomotor das crianças. Para sua elaboração, os resíduos de madeira passaram por processos de seleção, classificação, corte, usinagem, lixamento e acabamento, garantindo condições adequadas de segurança e qualidade para o uso infantil. A iniciativa beneficiou diretamente cerca de 400 crianças entre 4 e 7 anos, pertencentes a famílias em situação de vulnerabilidade econômica no município de Medellín. A distribuição dos brinquedos foi feita por meio de jornadas de entrega e atividades de integração comunitária, desenvolvidas de forma articulada entre empresas privadas do setor da construção, a Instituição Universitária Colegio Mayor de Antioquia (IUCMA), órgãos do Estado, professores e estudantes envolvidos nos processos de gestão ambiental e de projeção social (Figura 4).

Figura 4 - Brinquedos, A) Corte de peças de madeira para brinquedos; B) Montagem de brinquedos; C) Brinquedos finalizados; D) Alunos desenvolvedores de brinquedos; E) Embalagem de brinquedos; F) Entrega de brinquedos.



Fonte: os autores

Foi constatado que os resíduos de madeira provenientes da construção podem ser usados como matéria-prima para a fabricação de brinquedos infantis, promovendo os

princípios da economia circular e da sustentabilidade. Essa estratégia permitiu não apenas reintegrar materiais residuais em novos ciclos produtivos, mas também gerar impactos positivos nos âmbitos econômico, ambiental e social, contribuindo para a inclusão, o bem-estar e a solidariedade das crianças beneficiadas.

Destaca-se que as metodologias empregadas neste estudo têm sido amplamente utilizadas na Europa como ferramentas para mitigar os problemas relacionados às mudanças climáticas[5], nos quais problemas ambientais podem ser transformados em oportunidades sociais. Conforme estabelecido na literatura [3], [18], [28], a verdadeira resposta para a melhoria da atual crise ambiental reside na sustentabilidade, vinculada ao cuidado com os recursos naturais e à reutilização de materiais residuais, por meio de soluções para problemas sociais.

Projetos desta natureza oferecem uma oportunidade de integração entre universidades, empresas e entidades governamentais, de valorização de resíduos, de redução das emissões de CO_2 e de melhoria contínua da sociedade. Também promovem a democratização social do conhecimento, o trabalho colaborativo, a inclusão social e a gestão ambiental responsável, abrangendo diferentes ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável).

CONCLUSÕES

A presente pesquisa cumpriu o objetivo proposto ao desenvolver e validar uma estratégia metodológica para o aproveitamento de resíduos de madeira provenientes de atividades de construção e demolição, articulando a universidade, a iniciativa privada e o Estado na execução de projetos produtivos com impacto ambiental e social. Os resultados mostraram que o uso de 1,5 m^3 de resíduos de madeira permitiu reduzir aproximadamente 3 toneladas de CO_2 e fabricar 400 brinquedos infantis destinados a crianças em condição de vulnerabilidade econômica, evidenciando o potencial desses materiais para serem reincorporados em novos ciclos produtivos sob os princípios da economia circular.

A principal contribuição do estudo consiste em gerar evidências científicas sobre a viabilidade técnica, ambiental e social do aproveitamento de resíduos de madeira em projetos de inclusão social, oferecendo uma metodologia replicável que integra a gestão de resíduos de construção com estratégias de desenvolvimento comunitário. Como novidade, a pesquisa mostra que os resíduos de madeira podem ir além de sua condição de lixo e se tornar um recurso estratégico para a geração simultânea de benefícios ambientais, sociais e educativos, por meio de um modelo de articulação interinstitucional que conecta a academia, o setor produtivo e o Estado. Além disso, fica evidente que a valorização de resíduos de construção pode contribuir para o bem-estar infantil e para o fortalecimento do tecido social, aspecto pouco documentado na literatura científica relacionada a resíduos de construção e demolição.

Os resultados obtidos são consistentes com o que é relatado pela literatura internacional sobre gestão sustentável de resíduos e economia circular, que indica que a valorização de materiais residuais é uma ferramenta eficaz para enfrentar os desafios ambientais e sociais decorrentes do crescimento urbano e da geração de resíduos. No entanto, este estudo amplia esse conhecimento ao incorporar uma dimensão de

projeção social voltada para a proteção da infância e o cuidado com comunidades vulneráveis, oferecendo evidências aplicadas para contextos latino-americanos.
Como desenvolvimento futuro, recomenda-se ampliar a aplicação da metodologia para outros resíduos de construção e demolição, avaliar o ciclo de vida dos produtos gerados, quantificar seus impactos ambientais e socioeconômicos a longo prazo e analisar sua contribuição para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável relacionados à produção e consumo responsáveis, à educação de qualidade, à redução das desigualdades e à construção de comunidades sustentáveis.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram ferramentas de inteligência artificial para apoio na revisão linguística e melhoria da coesão textual do abstract. Após a utilização dessas ferramentas, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] BELLARD, C.; BERTELSMEIER, C.; LEADLEY, P.; THUILLER, W.; COURCHAMP, F. Impacts of climate change on the future of biodiversity. 2012.

[2] BRETON, C.; BLANCHET, P.; AMOR, B.; BEAUREGARD, R.; CHANG, W. S. Assessing the climate change impacts of biogenic carbon in buildings: a critical review of two main dynamic approaches. 14 jun. 2018.

[3] SATHRE, R.; GUSTAVSSON, L. Using wood products to mitigate climate change: external costs and structural change. Applied Energy, v. 86, n. 2, p. 251–257, 2009.

[4] THOMAS, D. S. G.; TWYMAN, C. Equity and justice in climate change adaptation amongst natural-resource-dependent societies. Global Environmental Change, v. 15, p. 115–124, 2005.

[5] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Global resources outlook 2019: natural resources for the future we want. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2019.

[6] CAÑOLA, H. D.; VENEGAS, K.; SANDOVAL, G. F. B.; COUTO, Á. F. do. Demolition Waste as an Alternative Aggregate for Plaster Mortars. In: WORLD CONGRESS ON CIVIL, STRUCTURAL, AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING, 7., 2022. Proceedings [...]. Avestia Publishing, 2022.

[7] ISAKSSON, A.; LINDEROTH, H. Environmental considerations in the Swedish building and construction industry: the role of costs, institutional setting, and information. Journal of Housing and the Built Environment, v. 33, n. 4, p. 615–632, 2018.

[8] SANDANAYAKE, M. S. Environmental Impacts of Construction in Building Industry: a review of knowledge advances, gaps and future directions. Knowledge, v. 2, n. 1, p. 139–156, 2022.

[9] LIZETH, K.; VARGAS, T.; PAOLA, A.; VARGAS, Q. Análisis del manejo de Residuos de Construcción y Demolición RCD y sostenibilidad en la construcción en Bogotá D.C. Bogotá, 2021. Disponível em: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil.

[10] ACODAL. Manejo de escombros, un reto para el Aburrá. Medellín, 2016. Disponível em: https://www.acodal.org.co/manejo-de-escombros-un-reto-para-el-aburra/. Acesso em: 27 out. 2022.

[11] CHICA-OSORIO, L. M.; BELTRÁN-MONTOYA, J. M. Demolition and construction waste characterization for potential reuse identification. DYNA, v. 85, n. 206, p. 338–347, 2018.

[12] CONSORCIO RESIDUOS SÓLIDOS MEDELLÍN. Informe de la caracterización de residuos sólidos en el sector no residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos. Medellín, 2019. Disponível em: https://n9.cl/50cn0.

[13] CAÑOLA, H.; GRANDA, F.; QUINTERO, K. Aprovechamiento de residuos en la construcción de galpones como alternativa de sostenibilidad en el corregimiento El Prodigio, en San Luis, Antioquia. Tecnológicas, v. 24, 2021.

[14] LYKIDIS, C.; GRIGORIOU, A. Hydrothermal recycling of waste and performance of the recycled wooden particleboards. Waste Management, v. 28, p. 57–63, 2008.

[15] GWARAH, L. S.; AKATAH, B. M.; ONUNGWE, I.; AKPAN, P. P. Partial Replacement of Ordinary Portland Cement with Sawdust Ash in Concrete. Current Journal of Applied Science and Technology, p. 1–7, 2019.

[16] OPISO, E. M.; SUPREMO, R. P.; PERODES, J. R. Effects of coal fly ash and fine sawdust on the performance of pervious concrete. Heliyon, v. 5, n. 11, 2019.
[17] ELINWA, A. U.; ABBA, Y. M. Ash from timber waste as cement replacement material. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/cemconcomp>.

[18] LÓPEZ, R.; CAMACHO, D.; CÁRDENAS, D. Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonia colombiana. Bogotá: Produmedios, 2002. Disponível em: https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/ManualMaderas.pdf.

[19] VÁSQUEZ, Á.; RAMÍREZ, A. Maderas comerciales en el Valle de Aburrá. 1. ed. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005.

[20] ASTM INTERNATIONAL. ASTM D2395-17: Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement. West Conshohocken, 2017.

[21] ASTM INTERNATIONAL. ASTM D4442-92: Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials. West Conshohocken, 2003.

[22] RILEM. CPC 11.2: Absorption of water by concrete by capillarity. 1994.

[23] ASTM INTERNATIONAL. ASTM C1585-04: Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. West Conshohocken, 2018. Disponível em: <www.astm.org>.

[24] ASTM INTERNATIONAL. ASTM D143: Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. 2000.

[25] BERMÚDEZ, J. D.; CANALS, G.; FERNÁNDEZ, P.; FERNÁNDEZ, A. El sector de la madera y el cambio climático. Madrid, 2006. Disponível em: https://www.anfta.es/wp-content/uploads/2017/05/6.-El-Sector-de-la-Madera-y-el-Cambio-clima%CC%81tico.pdf.

[26] GUINÉE, J. B. et al. Handbook on Life Cycle Assessment: operational guide to the ISO standards. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

[27] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2021: The Physical Science Basis: contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report (AR6). Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

[28] HUIJBREGTS, M. A. J. et al. ReCiPe2016: a harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. Report I: characterization. Bilthoven: National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), 2017.

[29] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). EN 15804:2012+A2:2019: Sustainability of Construction Works: Environmental Product Declarations: Core Rules for the Product Category of Construction Products. Brussels: European Committee for Standardization, 2019.

[30] PIJUSH, S. D. K. N. I. S. C. New Materials in Civil Engineering. v. 1. USA: Butterworth-Heinemann, 2020.

[31] AITIM. Indicadores y tendencias en la industria de la madera. Madrid, 2002. Disponível em: https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_4440_15882.pdf. Acesso em: 01 dez. 2022.