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.v21i1.8533

Pinus taeda e os impactos do ciclo de vida nos serviços ecossistêmicos: uma revisão integrativa

Loblolly pine and the life cycle impacts on ecosystem services: an integrative review

Marina Silva Sabra da Rocha
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | marinasseabra@gmail.com
Eleonora Sad de Assis
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | eleonorasad@yahoo.com.br

Resumo

Todo material, ainda que renovável e de origem vegetal, pode impactar significativamente os ecossistemas. Esta pesquisa, portanto, questiona quais os serviços ecossistêmicos impactados pelo ciclo de vida de "berço ao portão" da madeira serrada aplainada de pinus. Isto é alcançado por meio de uma revisão integrativa da literatura. O estudo demonstra que os serviços de regulação e manutenção da estrutura e qualidade do solo são os mais afetados. Assim, contribui-se, de forma pioneira, para o mapeamento de caminhos críticos desse processo produtivo tão necessário ao setor da construção.

Palavras-chave: Serviços Ecossistêmicos. Madeira. Pinus Taeda. Impactos ambientais. Revisão integrativa.

Abstract

Even renewable materials of plant origin can significantly impact ecosystems. Therefore, this research investigates which ecosystem services are impacted by the cradle-to-gate life cycle of planed softwood lumber (pinus). This is achieved through an integrative literature review. The study demonstrates that regulation services and maintenance of structure and soil quality are the most affected. Thus, it contributes, in a pioneering manner, to mapping critical pathways of this production process that is so essential to the construction sector.

Keywords: Ecosystem services. Timber. Loblolly Pine. Environmental Impacts. Integrative review.

INTRODUÇÃO

A produção de materiais de construção, ou seja, da extração ao beneficiamento, é a fase da cadeia de valor da construção civil que gera os impactos mais expressivos em termos de perda de biodiversidade, consumo de água e poluição do solo, da água e da

Como citar:
ROCHA, M. S. S. R.; ASSIS, E. S. Pinus taeda e os impactos do ciclo de vida nos serviços ecossistêmicos: uma revisão integrativa. In: ENTAC 2026. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. Anais... Goiânia: ANTAC, 2026.

atmosfera. As etapas de transporte, em especial, consomem uma grande quantidade de combustíveis fósseis [1][2], contribuindo, assim, para a depleção dos serviços ecossistêmicos [3]. Serviços ecossistêmicos (SEs) são processos naturais considerados úteis ao bem-estar humano, pois deles se obtêm a provisão de matéria-prima para processos industriais, filtragem de poluentes, entre outros [4][5][6]. E a provisão de serviços ecossistêmicos é a capacidade dos elementos ambientais de fornecer esses serviços [7].

O uso de biomateriais renováveis, como a madeira, impacta menos nesta provisão [8]. Dependendo da origem e do manejo da matéria-prima, são considerados materiais sumidouros de carbono [9]. Contudo, é preciso lembrar que não existe ciclo produtivo isento de danos ao meio ambiente.

Entretanto, quando se trata de especificar materiais para o ambiente construído, as implicações para SEs raramente são consideradas. A escolha de um material aparentemente "sustentável" pode trazer consequências desastrosas para um ecossistema, como o uso de madeira não nativa ou que consome muita água [2]. Portanto, questiona-se: quais os serviços ecossistêmicos impactados pela produção de perfis de madeira serrada aplainada do berço ao portão da serraria?

Assim, objetiva-se levantar os principais impactos destas fases do ciclo de vida da madeira de Pinus taeda nos serviços ecossistêmicos, por meio de uma revisão integrativa da literatura. A escolha desta espécie se dá porque é exótica, de rápido crescimento e que pode causar um desequilíbrio ecológico nos ecossistemas onde é plantada. Este material renovável possui menor energia incorporada devido ao baixo consumo energético para a sua produção, se comparado a outros materiais, e colabora na redução de gases que contribuem para o efeito estufa e protege o solo, as nascentes e os cursos d'água, dependendo da espécie e do tipo de manejo [10].

Dado que estes materiais de construção interagem tanto de forma positiva quanto negativa com os ecossistemas, é necessário compreender quais os serviços atingidos negativamente e, desta forma, auxiliar na compreensão das consequências da escolha de um material dito "sustentável". Isto posto, contribui-se para uma decisão consciente e informada, a fim de evitar ou minimizar impactos negativos, ou apoiar a provisão de SEs que se reforçam positivamente, por parte dos projetistas e outros profissionais da construção, melhorando o desempenho ecológico das edificações e de sua cadeia produtiva [2].

MÉTODOS

Para responder à pergunta, foi feita uma revisão integrativa da literatura em maio de 2026. Buscou-se por artigos científicos e monografias usando o acrônimo PICo, gerando as *strings* nas bases a seguir:

Quadro 1: Strings de busca

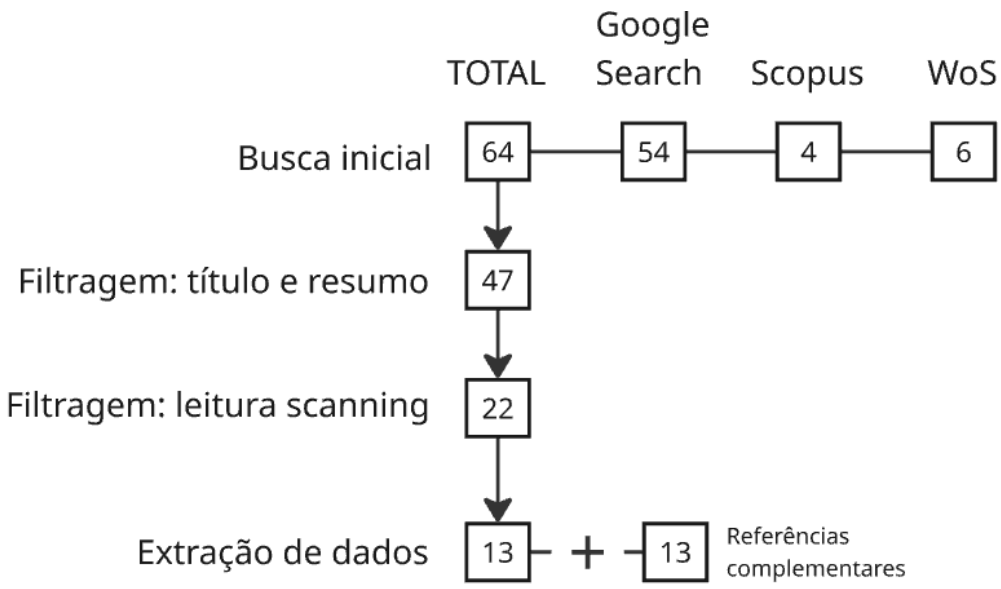
Base	String
Google Scholar, WoS e Scopus	"impact of" AND (plantation OR forestry OR "forest management" OR "managed forest") AND "on ecosystem services" AND (pine OR "loblolly pine"OR "pinus taeda" OR coniferous OR conifer) AND timber
Google Scholar	"ecosystem services" AND ("loblolly pine" OR timber) AND plantation AND forest AND impact

Fonte: As autoras.

É importante que, no caso da base Google Scholar, apenas as três primeiras páginas de referências foram consultadas. As publicações foram filtradas, excluindo-se aquelas que tratavam de outra madeira que não o pinus. Das 64 publicações encontradas, 47 foram selecionadas pela leitura do título e resumo. Das publicações que passaram para a segunda filtragem pela leitura integral, 22 se mostraram aptas à extração de dados. Contudo, apenas 13 foram usadas para a construção de uma matriz-síntese pelo software Microsoft Excel que elenca os impactos nos SEs de sete etapas do ciclo de vida da madeira serrada aplainada de pinus. E mais 13 publicações, que detalhavam as etapas do processo produtivo da madeira serrada, foram acrescentadas para complementar a descrição das etapas do ciclo de vida de interesse.

Para a construção da matriz, as 26 publicações do corpus de análise foram sintetizadas, buscando, nestas sínteses, mapear as etapas e atividades de produção da madeira serrada de pinus. A partir destes resumos foi construído um texto único, com as sete etapas do processo de produção analisado: desmatamento da floresta nativa; semeadura e plantio; crescimento (manejo); extração; transporte até a serraria; serraria (fabricação) e transporte até os comerciantes. Também se fez a análise dos serviços mais impactados pela geração e nuvem de palavras no software Voyant Tools (Figura 2).

Figura 1: Diagrama Prisma



Fonte: As autoras.

IMPACTOS DA MADEIRA DE PINUS NOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Os estudos de [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35] e [36] constituíram o corpus de análise.

Quadro 2: Impactos das atividades de desmatamento da floresta nativa

Atividade	**Serviço Ecossistêmico**
Derrubada de árvores nativas	Mitigação de chuvas torrenciais
	Manutenção da biodiversidade
	Proteção contra ventos fortes
	Proteção contra erosão
	Regulação do microclima local
	Regulação da qualidade e estrutura do solo
	Provisão de recursos naturais
	Vide fase de extração / corte
Corte, arrancamento e remoção de tocos, árvores e arbustos remanescentes	Proteção contra incêndios
	Manutenção da estrutura florestal
	Manutenção de habitat
	Regulação da qualidade e estrutura do solo
Empilhamento de resíduos vegetais em leiras	Ciclagem de nutrientes
	Regulação da qualidade estrutura do solo
Queima de resíduos vegetais (biomassa residual)	Regulação do clima
	Proteção contra incêndios
	Ciclagem de nutrientes;
	Regulação do microclima local
	Regulação da qualidade e estrutura do solo
	Armazenamento de carbono

Fonte: As autoras.

Percebe-se que a etapa de desmatamento de floresta nativa, assim como a de extração das toras, configuram-se como as que mais impactam um número maior de serviços ecossistêmicos, devido à reconfiguração da paisagem, conforme se pode ver nos quadros 2 e 4.

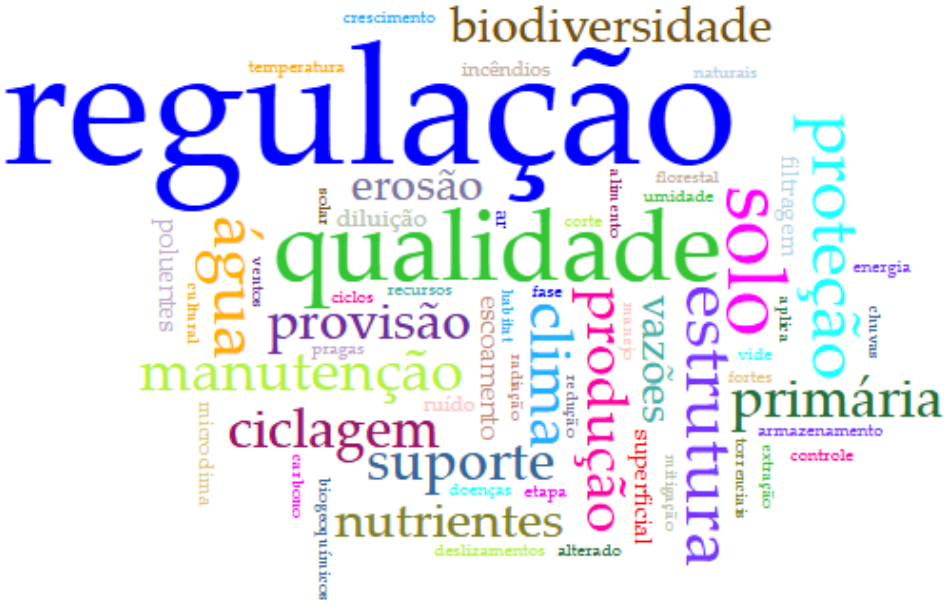
Quadro 3: Impactos das atividades de semeadura e plantio

Atividade	Serviço Ecossistêmico
Preparo do solo (aração e gradeamento)	Regulação da qualidade e estrutura do solo
	Suporte à produção primária
	Regulação do escoamento superficial
	Regulação de vazões
	Ciclagem de nutrientes
	Armazenamento de carbono
Produção de mudas (semeadura em sementeiras, tubetes, sacos plásticos ou canteiros)	Provisão de água
	Suporte à produção primária
Plantio das mudas	Regulação da qualidade da água
	Manutenção da biodiversidade
	Regulação da qualidade do solo
	Bem-estar cultural
Crescimento da plantação de pinus	Controle de doenças e pragas
	Regulação da qualidade e estrutura do solo
	Armazenamento de carbono
	Manutenção da biodiversidade
	Regulação de vazões
	Ciclagem de nutrientes
	Manutenção da biodiversidade

Fonte: As autoras.
Nota: Consumo de recursos de origem fóssil não é considerado serviço ecossistêmico por algumas classificações.

Já as fases de semeadura, plantio e crescimento (quadro 3) impactam predominantemente a estrutura do solo e a provisão de água, que são os serviços mais alterados por este processo produtivo como se pode ver na figura 2.

Figura 2: Nuvem de palavras com os serviços ecossistêmicos mais recorrentes



Fonte: As autoras.

Quadro 4: Impactos das atividades de extração

Atividade	Serviço Ecossistêmico
Limpeza da árvore	Suporte à produção primária
	Regulação da temperatura e umidade do solo
	Regulação da umidade do solo
	Regulação da qualidade e estrutura do solo
	Regulação do escoamento superficial e regulação de vazões
Desbaste	Provisão de água
	Regulação da qualidade da água
	Proteção contra incêndios
	Manutenção da biodiversidade
Corte com motosserra	Suporte à produção primária
Corte com Harvesters/Fellers	Provisão de energia
	Suporte à produção primária
	Regulação da qualidade e estrutura do solo
	Manutenção da biodiversidade
	Proteção contra incêndios
	Proteção contra deslizamentos
Arraste com *skidders*	Proteção contra erosão
	Regulação da qualidade da água
Transferência de toras	Regulação do clima
	Filtragem e diluição de poluentes
	Proteção contra erosão
	Regulação do escoamento superficial e regulação de vazões
	Regulação da qualidade e estrutura do solo
Abertura de espaços	Manutenção da biodiversidade
Extração	Provisão de alimento
	Proteção contra erosão
	Regulação do escoamento superficial
	Regulação de vazões
	Proteção contra erosão
	Regulação da qualidade e estrutura do solo
	Ciclagem de nutrientes
	Regulação da qualidade da água
	Manutenção da biodiversidade
	Suporte à produção primária
	Provisão de água
	Proteção contra deslizamentos
	Vide etapa de crescimento e manejo*
	Provisão de água e regulação de vazões
	Regulação do escoamento superficial
	Regulação da temperatura
	Regulação da umidade
	Regulação da radiação solar
	Regulação do microclima local
	Provisão de habitat

Fonte: As autoras.

Quadro 5: Impactos das atividades de transporte até a serraria

Atividade	Serviço Ecossistêmico
Carregamento com grua hidráulica/escavadeira	Regulação do clima
	Filtragem e diluição de poluentes
Transporte até serraria	Regulação do clima
	Filtragem e diluição de poluentes
	Redução de ruído

Fonte: As autoras.

As fases de transporte (quadros 5 e 7) juntamente com a fase da produção na serraria (quadro 6) são as que mais geram impactos na regulação climática.

Quadro 6: Impactos das atividades de fabricação na serraria

Atividade	Serviço Ecossistêmico
Armazenamento de toras no pátio	Regulação da qualidade da água
Movimentação e encaminhamento de toras	Filtragem e diluição de poluentes
	Regulação do clima
Tratamento em autoclave com preservativos	Provisão de água
	Regulação da qualidade da água
Aplicação de preservativos (CCA-C)	Regulação de ciclos biogeoquímicos
Aplicação de preservativos (CCB)	
Aplicação de preservativos (CA-B)	
Descascamento de toras	Suporte à produção primária
Desdobro primário com serras circulares	Regulação do clima
Desdobro primário com serra-fita	
Desdobro secundário	
Resserra e corte da medula	
Descascamento e corte	Regulação da qualidade do ar
Desdobro e destopo	Suporte à produção primária
	Regulação de ciclos biogeoquímicos
Aplainamento	Regulação da qualidade do ar
	Regulação de ruído
Secagem ao ar natural	Regulação do clima
Secagem em estufa	
Reutilização de resíduos como combustível	
Classificação e armazenamento	Suporte à produção primária; Manutenção da biodiversidade
Contaminação de solo por lixiviado de CCA	
Queima de madeira tratada com CCA	Regulação da qualidade do ar
	Filtragem e diluição de poluentes
Geração de ruído em desdobro	Regulação de ruído
Geração de ruído em aplainamento	

Fonte: As autoras.

Quadro 7: Impactos das atividades de transporte até os comerciantes

Atividade	Serviço Ecossistêmico
Separação em fardos para envio	Não alterado
Transporte interno na serraria com correntes transportadoras	Regulação do clima
Transporte interno na serraria com empilhadeiras	Regulação do clima
	Regulação da qualidade da água
	Regulação da qualidade do ar
	Regulação de ruído

Fonte: As autoras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se-que, conforme já apontado por [2][3], os principais serviços impactados são os serviços de regulação e manutenção. O solo e, consequentemente, a água são as estruturas mais afetadas, como se observa na figura 2.

O uso da técnica de RIL permitiu elencar de forma abrangente os serviços ecossistêmicos impactados pelo beneficiamento da madeira serrada. Isso demonstrou que, ainda que este seja um recurso renovável de origem natural e que consome pouca variedade de insumos para o seu beneficiamento, ele não é isento de impactar serviços ecossistêmicos em todas as fases de berço ao portão do seu ciclo de vida.

Percebeu-se que nenhuma das publicações encontradas nesta pesquisa, à exceção da de Petrovic, Vale e Zari [11], trouxe essa visão mais abrangente dos impactos nos SEs de berço ao portão do processo produtivo em questão. A maioria foca ou nos impactos causados pelo plantio e corte ou nos causados pelas atividades na serraria. Sendo assim, esta investigação é uma contribuição original para a temática. Consequentemente, para o avanço do conhecimento na área, recomenda-se que este mapeamento seja feito para outros materiais de construção, permitindo construir um inventário completo dos impactos causados por produtos da construção civil nos ecossistemas, a partir da teoria dos SEs.

DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Durante a preparação deste artigo, o primeiro autor utilizou a ferramenta Claude 4.6 Haiku para a extração dos dados textuais dos resumos, feitos pela própria autora, de cada publicação para a criação da matriz de relação. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] LINDE, L.; LEWIS, A N.; SANCHEZ, F. **Towards a sustainable global construction and buildings value chain**. [*S.l.*]: LeadIt: 2022.

[2] PETROVIC, E. K; VALE, B.; ZARI, M. P. **Materials for a Healthy, Ecological and Sustainable Built Environment**: Principles for Evaluation. [*S.l.*]: Elsevier. 2017.

[3] ZARI, M. P. Ecosystem services analysis: Incorporating an understanding of ecosystem services into built environment design and materials selection. *In*: ZARI, M. P. Ecosystem services impacts as part of building materials selection criteria. **Materials Today Sustainability**, [*S.l.*], v. 4, n. 3, p. 1-10. 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2019.100010

[4] SPANGENBERG, J. H.; VON HAAREN, C.; SETELLE, J. The ecosystem service cascade: Further developing the metaphor. Integrating societal processes to accommodate social processes and planning, and the case of bioenergy. **Ecological Economics**, v. 104, 2014, p. 22–32. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2014.04.025.

[5] BUCKHARD, B.; MAES, J. **Mapping Ecossystem Services**. Sofia: Pensoft Publishers, 2017.

[6] HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1:** Guidance on the Application of the Revised Structure. Nottingham, Reino Unido: Fabis Consulting, 2018.

[7] MOUCHET, M. A. LAMARQUE; P.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; CROUZAT, E.; GOS, P.; BYCZEK, C.; LAVOREL, S. An interdisciplinary methodological guide for quantifying associations between ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 28, n. 1, p. 298-308. 2014.DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2014.07.012

[8] HUANG, B.; GAO, X.; XU, X.; SONG, J. A life cycle thinking *framework* to mitigate the environmental impact of building materials. **One Earth**, [*S.l.*], v. 3, n. 1, p. 564-572, 2020. DOI:10.1016/j.oneear.2020.10.010.

[9] ATTIA, S. Materials and environmental impact assessment. *In*: ATTIA, S. **Net Zero Energy Building (NZEB)**. [*S.l.*]: Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2018.

[10] LIBRELOTTO, L. I. (Coord.). **Avaliação do ciclo de vida**: madeira de Reflorestamento. Florianópolis: UFSC, [2020a].

[11] ALMEIDA, A. S. **Influência da impregnação contra demanda biológica em propriedades físico-mecânicas de madeiras tropicais brasileiras**. 2019. 88 f. Dissertação (Mestrado do Programa de Ciência e engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2019. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18158/tde-21032019-085555/publico/AndreiadeSouzaAlmeidaMEcorrigida.pdf. Acesso em: 07 jul. 2025.

[12] AMARANTE JUNIOR, O. O; SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M; RIBEIRO, M. L. Glifosfato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, [*s.l.*], v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-40422000200040001.

[13] EMBRAPA FLORESTAS. **Cultivo de Pinus.** 2. ed. Brasília: Embrapa Florestas. jun. 2014. (Sistema de Produção) Volume 5. Versão Eletrônica.

[14] HOERLLE, C. R.; BREHM, F. A. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 10. Porto Alegre, 2016. **Anais [...]**, Porto Alegre: PUCRS, 2017. Local. 1-13.

[15] LIBRELOTTO, L. I. (Coord.). **Avaliação do ciclo de vida**: Pinus Taeda. Florianópolis: UFSC, [2020b].

[16] MEDEIROS, L. M.; DURANTE, L. C.; CALLEJAS, I. J. A. Contribuição para a avaliação de ciclo de vida na quantificação de impactos ambientais dos sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, p. 365-385, 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000200259.

[17] PETROVIC, E. K; VALE, B.; ZARI, M. P. **Materials for a Healthy, Ecological and Sustainable Built Environment**: Principles for Evaluation. [*S.l.*]: Elsevier. 2017.

[18] OLIVEIRA, C. G.; FISCHER, A. C.; SANCHOTENE, C.; TAVARES, S. F. **Relatório de coleta de dados para o Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção**: Toras de madeira, madeira serrada bruta e madeira serrada aplainada. São Paulo: Sidac, 2022. DOI:10.13140/RG.2.2.32965.93928.

[19] SATHRE, L. R. GONZÁLEZ-GARCÍA. *In*: PACHECO-TORGAL, F.; JALALI, S. **Eco-efficient construction and building materials**. [*S.l.*]: Woodhead Publishing Limited, 2014. p. 311-337. Cap. 14.

[20] SOUZA, R. V.; DEMENIGHI, A. L. Tratamentos Preservantes Naturais de Madeiras de Floresta Plantada para a Construção Civil. **Mix Sustentável**, [*S.l.*], v. 3., n. 1, p. 84-92., 2017.

[21] SCOTT, D. A.; EATON, R. J.; FOOT, J. A.; VIERRA, B.; BOUTTON, T. W.; BLANK, G. B.; JOHNSEN, K. Soil Ecosystem Services in Loblolly Pine Plantations 15 Years after Harvest, Compaction, and Vegetation Control. **Soil Science Society of America Journal**, [*S.l.*], v.1, n. 1, p. 2032-2040, 2014. DOI: 10.2136/sssaj2014.02.0086.

[22] SNIDER, M. **Hazardous Waste Analysis of Copper Azole, Alkaline Copper Quaternary, and Creosote Preserved Wood**: ECL Report 2008-04. Califórnia: Department of Toxic Substances Control. Nov. 2008.

[23] SOUZA; R. V; BENAVIDES; A. S. J.; LIBRELOTTO, L. I. Aspectos ambientais do Light Wood Frame para habitação de interesse social no sul do Brasil. *In*: CLEM + CIMAD, 2., 2017, Buenos Aires. **Anais [...]**, Buenos Aires: UNNOBA, 2017.

[24] STRID, A.; HANSON, W.; CROSS, A.; JENKINS, J. **Treated Wood General Fact Sheet**. Oregon: National Pesticide Information Center; Oregon State University, 2019.

[25] TECVERDE. **DATec Nº 020-E**: Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada – Tecverde (tipo *light wood framing*). Brasília, DF: Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H; Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SiNAT, 23 maio 2023.

[26] ADHIKARI, S.; OZARSKA, B. Minimizing environmental impacts of timber products through the production process “From Sawmill to Final Products”. **Environmental System Research**, [*S.l.*], v. 7, n. 6, p.1-15. 2018. DOI: https://doi.org/10.1186/s40068-018-0109-x

[27] DIEGUEZ, H.; PIÑEIRO, G.; PARUELO, J. Science of the Total Environment Unraveling impacts on carbon, water and energy exchange of Pinus plantations in South American temperate ecosystems. **Science of the Total Environment**, [*S.l.*], v. 953, n.176150, p. 1-12, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176150.

[28] DINCA, L.; CONSTANDACHE, C.; POSTOLACHE, R.; MURARIU, G.; TUPU, E. Timber Harvesting in Mountainous Regions: A Comprehensive Review. **Forests**, [*S.l.*], v. 16, n. 495, p. 1-28, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/f16030495.

[29] DUNCKER, P. S.; RAULUND-RASMUSSEN, K.; GUNDERSEN, P.; KATZENSTEINER, K; DE JONG, J.; RAVN, H. P.; SMITH, M. ECKMÜLLNER, O.; SPIECKER, H. How Forest Management affects Ecosystem Services, including Timber Production and Economic Return: Synergies and Trade-Offs**. Ecology and Society**, [*S.l.*], v.17, n. 4, local. 1-17, 2012. DOI: http://dx.doi.org/10.5751/ES-05066-170450.

[30] FUWAPE, J. A. The Impacts of forest industries and wood utilization on the environment. In: CONGRESSO FLORESTAL MUNDIAL, 12., Québec. 2003. **Anais [...]**. Québec: FAO, 2003. Disponível em: http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0122-A2.HTM. Acesso em 13 maio 2026.

[31] IBARR, M. A.; ZANATTA, J. A.; DIECKOW, J.; RACHWAL, F. M. G.; RIBEIRO, R. H.; CARDOSO, D. J.; RAMALHO, B.; STAHL, J. Changes in soil carbon and nitrogen stocks after conversion of subtropical natural forest to loblolly pine plantations. **European Journal of Forest Research**, v. *141*, n. 1, p. 31–42, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s10342-021-01424-6.

[32] INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. **Environmental, Health, and Safety Guidelines for Sawmilling & Manufactured Wood Products**. [*S.l.*]: Grupo do Banco Mundial, 2007.

[33] OKI, V. K. **Impactos da colheita de Pinus taeda sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias**. 2002. 71 p. Dissertação (Mestrado) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

[34] ORTEGA-BARRUETA, U.; SERTUTXA, U. , AMETZAGA-ARREGI, I; YUSTE, J. C.; ESTEBAN, R.; RUIZ DE LARRINAGA, L.; SAN MIGUEL-OTI, F.; PEÑA, L. Effect of forest management on the ecosystem services supply and multifunctionality in the Urdaibai Biosphere Reserve. **Ecosystem Services**, [*S.l.*], v. 76, n. 101793, p. 1-13, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2025.101793.

[35] TORRES, I.; MORENO, J. M.; MORALES-MOLINO, C.; ARIANOUTSOU, M. Ecosystem Services Provided by Pine Forests. *In*: NE'EMAN, G.; OSEM, Y. (Eds). **Pines and Their Mixed Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin.** Suíça: Springer Cham, 2021. Cap. 29. p. 617-629. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-63625-8.

[36] YAMAURA, Y.; YAMADA, Y.; MATSUURA, T.; TAMAI, K.; TAKI, H.; SATO, T.; HASHIMOTO, S.; MURAKAMI, W.; TODA, K.; SAITO, H; NANKO,K.; ITO, E.; TAKAYAMA, N; TSUZUKI, N.; TAKAHASHI, M.; YAMAKI, K.; SANO, M. **Ecosystem Services**, [*S.l.*], v. 49, n. 101271, p. 1-12, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101271.