XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente ‘
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Consumo de madeira para fins provisórios em obras habitacionais com estrutura de concreto armado feito *in loco*

Timber consumption for temporary works in residential buildings with the cast in situ reinforced concrete structures

Cássio Gomes de Oliveira
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) | Foz do Iguaçu | Brasil | cassiogomesoliveira@hotmail.com
Emerson Felipe Perin Pinto
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) | Foz do Iguaçu | Brasil | emersonperin030734@gmail.com
Erik Souto de Moraes
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) | Foz do Iguaçu | Brasil | erikmoraes_dm@hotmail.com
Katia Regina Garcia Punhagui
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) | Foz do Iguaçu | Brasil | katia.punhagui@unila.edu.br

Resumo
Estruturas em concreto armado moldado in loco utilizam madeira para fôrmas. Uso de curto ciclo de vida e baixo valor agregado. O objetivo deste trabalho foi levantar o consumo de madeira para fins provisórios em obras habitacionais com estrutura em concreto armado. Utilizou-se dados secundários obtidos por meio de revisão sistemática de artigos nacionais e internacionais sobre uso, reuso e descarte do material. Estimou-se um Indicador de Geração de Resíduo, 0,025m³/m² de madeira em construção. Houve variabilidade dos resultados de até 27 vezes, explicada pelos métodos de quantificação, aplicações e reuso do material.

Palavras-chave: Madeira. Resíduos. Construção. Concreto. Habitação.

Como citar:
OLIVEIRA, C. G.; PINTO, E. F. P.; MORAES, E. S.; PUNHAGUI, K. R. G. Consumo de madeira para fins provisórios em obras habitacionais com estrutura de concreto armado feito in loco. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

Abstract

The cast-in-situ reinforced concrete structures subtilize timber in temporary works with a short life cycle in housing in Brazil and worldwide. This paper aimed to estimate the consumption of wood for temporary works in housing constructions with reinforced concrete frames. Thus, we evaluated secondary data obtained through a systematic review of national and international literature about the use, reuse, and disposal of wood materials. A Waste Generation Rate was estimated, which resulted in 0.025m³/m² of construction. The result ranged up to 27 times due to quantification methods, applications, and material reuse times.

Keywords: Wood. Waste. Construction. Concrete. Housing.

INTRODUÇÃO

No Brasil, cerca de 95% das habitações possuem envoltória em alvenaria [1]. Ainda que não se tenha estimado o percentual por tipo de material (bloco concreto, cerâmico etc.), sabe-se que a maior parte é não estrutural. Considerado como sistema construtivo convencional, a alvenaria de blocos cerâmicos com estrutura em concreto armado feito *in loco*, pode ser vislumbrado em todo o território nacional [2]. Nesse sistema, baseado em materiais cerâmico e cimentício, também se destaca o emprego da madeira nas fôrmas para concretagem, escoras, estrutura de telhado e esquadrias.

A subutilização da madeira em curto ciclo de vida e com baixo valor agregado, como caixarias para concretagem ou escoras, pode majorar impactos ambientais [3], [4]. O uso da madeira em finalidades permanentes, em sistemas estruturais ou paredes, que consideram as melhores características físico-mecânicas do material, é pouco explorado no Brasil [2]. O país possui um dos maiores índices de produtividade de florestas plantada do mundo, 31 - 35 m³/ha (pinus e eucalipto, respectivamente) [5]. Porém, apresenta o consumo *per capta* de madeira para construção de 0,039 m³, abaixo de países de porte semelhante como Estados Unidos (0,412 m³), Canadá (0,520 m³), Rússia (0,095 m³) e China (0,123 m³) [6].

O uso transitório da madeira como suporte para edificação colabora para a geração de resíduos de construção, que corresponderam a cerca de 221,2 Kg/hab.ano (2020) no Brasil [7]. Porém, o fato não é uma exclusividade brasileira, vinculando-se a sistemas construtivos artesanais. Acredita-se que a quantificação da intensidade de madeira para construção em concreto armado pode deflagrar não somente o problema do passivo ambiental (produção de resíduos), mas dar sensibilidade sobre o modo de uso deste material pela construção.

Alguns países como Alemanha, Suécia, França, Irlanda, Holanda, Japão, Canada e Austrália, têm explorado melhores finalidades construtivas e incentivado o uso da madeira em fins de longo prazo com objetivos de redução de emissões de CO_2 [8].

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é estimar o consumo, reuso e geração de resíduos de madeira na construção de habitação com estrutura em concreto armado moldado *in loco* no Brasil e no mundo. Com isso, espera-se vislumbrar o grau de subutilização e dar subsídios para futuras discussões sobre o modo de uso do material: madeira.

MÉTODO

O levantamento de informações, sobre construções residenciais em alvenaria com estrutura em concreto armado moldado *in loco,* foi feito por meio de revisão sistemática que ocorreu de março de 2020 a junho de 2021. Utilizando-se como ferramenta de busca dos artigos as plataformas *Scopus, EBSCO, Web of Science, Proquest e Engineering Village.* Para isto, elencou-se uma *string* baseada em questionamentos de interesse da pesquisa (Quadro 1).

Quadro 1: Estrutura de buscas nas bases de dados

Questionamento de interesse	**Operador lógico**	***String* de busca**
Variações das áreas de interesse de estudo em relação ao uso da madeira como material de construção	*AND*	(*"construction sector" OR "construction sites" OR "construction projects" OR "construction industry" OR "construction and demolition" OR "C&D" OR "CW" OR "construction waste"*)
Variações de métodos construtivos e métodos de estudos	*AND*	(*"conventional" OR "concrete" OR "mansonry" OR "prefabricat*" OR "tipolog*" OR "construction methods" OR "BOQ" OR "case stud*" OR "WGA" OR "MWR" OR "on-site" OR "in-situ" or "off-site "*)
Objetivos dos estudos que quantificam consumo e resíduos de materiais em obra	*AND*	(*"concrete form" OR "tempora*" OR "falsework" OR "formwork" OR "residues" OR "wood*" OR "plywood" OR "sawnwood" OR "timber" OR "landfill" OR "natural resources" OR "material wast*" OR* (*environment* PRE/3* (*impacts OR performance OR problem OR pollution*))
Objetos de estudo	*AND*	(*"audit" OR "factors" OR "indicators" OR "management" OR "index" OR "stream" OR "kg/m²" OR "m³/m²" OR "compar" OR* (*wast* PRE/4 generat**) *OR* (*comsum* PRE/4 resources*) *OR* (*generat* PRE/4* (*rates OR material*) *OR* (*quanti* PRE/5 wast**))
Termos indesejados na busca	*NOT*	(*"oil" OR "earthquake" OR "seismic" OR "strength" OR "stress" OR "pressure" OR "failure" OR "shear" OR "health" OR "mechanical" OR "asphalt" OR "scheduling", "robotics"*)

Fonte: adaptado de [9].

A busca pela *string,* limitados pelos operadores lógicos, retornou 6.233 trabalhos, com publicações até junho de 2021. O banco de dados de artigos foi submetido a uma análise criteriosa, de modo a eliminar-se duplicações.

Aplicaram-se filtros específicos (ano, idioma, cobertura temporal e área de conhecimento) baseados em diretrizes para elaboração de revisão sistemática [10] e utilizaram-se formulários padrões de elaboração de protocolos de revisão sistemática *Reporting Standards for Systematic Evidence Syntheses* (*ROSES*) [11], voltado para a área de sustentabilidade e meio ambiente (Quadro 2).

Quadro 2: Filtros adotados nas escolhas dos trabalhos de interesse

1) Filtros automáticos das bases de dados		
Critério	**Inclusão**	**Exclusão**
Tipo de Publicação	Periódicos acadêmicos, procedimentos e trabalhos de conferências, dissertações e Teses	Qualquer outro tipo de publicação (livros, resumos, revisões, patentes, notas comentários etc.)
Língua	Inglês, português e espanhol	Quaisquer outras línguas
Cobertura temporal	Qualquer ano	-
Áreas do conhecimento	Construção Civil	Áreas não correlatas (Psicologia, alimentos etc.)
2) Critérios de elegibilidade para leitura do texto completo		
Temas	**Orientações**	
Características dos estudos	Dados primários, caracterizados como estudos de caso, eliminados estudos baseados somente em dados de outros trabalhos	
Tipos construtivos	Casas térreas ou sobrados, condomínios residenciais horizontais ou verticais que possuam estrutura em concreto armado e envoltória externa em blocos, cerâmicos ou de concreto. Não serão considerados estudos sobre obras que não sejam de habitação ou mistos (habitação + comércio/escritórios/serviços etc.)	
Etapas da obra	Considerar madeira de uso provisório utilizada em pelo menos um outro elemento da superestrutura além daqueles relacionados a fundação	
Uso da madeira	Quantificar a madeira, seja como material construtivo ou resíduos	
3) Avaliação crítica dos trabalhos		
Critérios	**Descrição**	
Fonte dos dados	Os dados devem ter pelo menos duas origens: entrevistas e análise da documentação/registros de obras. Estudos baseados somente em uma fonte de dado primário (ex.: análise das plantas, entrevista etc.) não serão considerados	
Principais achados	As etapas construtivas consideradas devem estar claras, bem como pelo menos um produto de madeira para fins provisórios deve ser mencionado	
Resultados	Porcentagem dos resíduos de produtos de madeira em relação aos demais resíduos ou a quantidade de consumo/resíduo por área construída. Aqueles estudos que apresentem quantitativos de madeira e/ou área construída de modo a possibilitar o cálculo da porcentagem de resíduo de madeira, os indicadores de consumo/resíduo de madeira serão considerados	

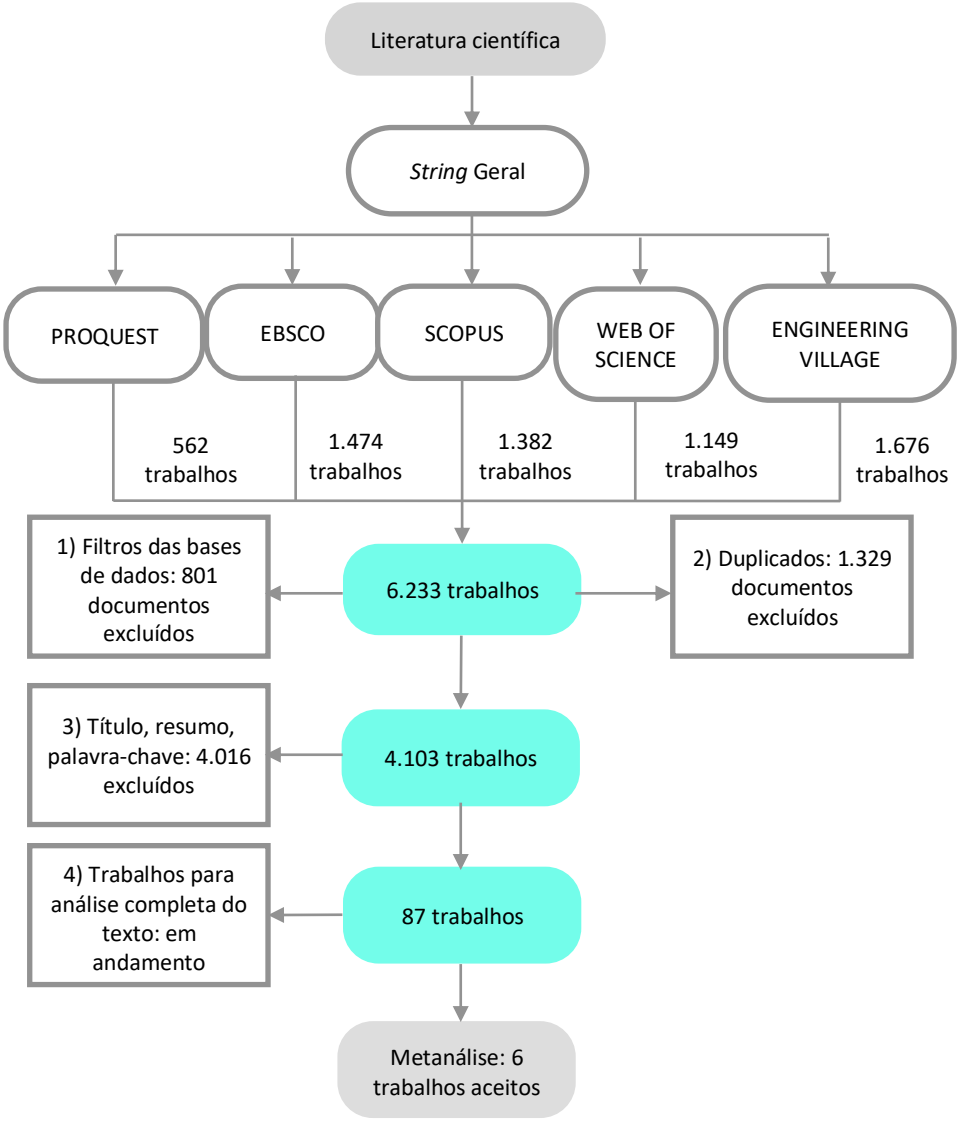
Fonte: adaptado de [9].

Na primeira etapa, “Aplicação de filtros automáticos das bases de dados” eliminaram-se 801 trabalhos que não respeitavam as condições estabelecidas no quadro 2. Identificaram-se as duplicações, descartando 1.329 trabalhos.

Na segunda etapa aplicou-se os “Critérios de elegibilidade para leitura dos textos completos”, a partir da leitura dos títulos, palavras chaves e resumos dos trabalhos, selecionando aqueles que atendiam todos os critérios estabelecidos nesta etapa (Quadro 2), 4.016 trabalhos foram excluídos por não se adequarem aos filtros propostos. Na terceira e última etapa, procederam-se a leitura dos textos completos dos 87 estudos restantes, elegendo aqueles que atendiam os critérios estabelecidos no quadro 2 para “Avaliação crítica dos trabalhos” e descartando os demais.

Após a avaliação, notou-se que apenas 6 [4][14][15][16][17][18] traziam dados primários, baseados em estudos de casos, de modo a quantificar o uso da madeira provisória em mais de uma fase da obra (não somente fundações), em construções residenciais em alvenaria com estrutura em concreto armado moldado no local. O Resumo do passo a passo da inclusão e exclusão dos artigos para análise completa está apresentado a seguir (Figura 1).

Figura 1: Descrição da quantidade de artigos em cada etapa da revisão sistemática



Fonte: adaptado de [9].

A leitura dos resumos, palavras chaves e títulos em alguns casos não foram suficientes para a exclusão dos trabalhos conforme os critérios estabelecidos no protocolo (Quadro 2). Ao serem selecionados para a terceira etapa, observou-se, pela leitura integral do texto, a necessidade de exclusão do trabalho por não atender completamento os critérios de seleção adotados.

RESULTADOS

Todos os estudos encontrados nas literaturas são de edifícios residenciais verticais, revelando uma lacuna quanto aos fluxos de madeira de uso provisório em imóveis residências unifamiliares; que no Brasil representam 85,6% do estoque habitacional [12]. Adicionalmente, 77% das unidades unifamiliares são autogeridas [13] e talvez por isto a dificuldade de informações sistematizadas.

Apesar disto, quantificou-se o consumo de madeira em fins transitórios que resultou em média cerca de 0,025 m^3 de madeira por m^2 de área construída; denominado neste estudo de Indicador de Geração de Resíduos de Madeira (IGR) (Quadro 3).

Quadro 3: Estimativa do consumo de madeira em uso provisório para construção em concreto armado moldado *in loco* com envoltória em alvenaria

Referência	Local	Tipo de edificação	Caso (n)	Objetivo de estudo	IGR estimado (m^3/m^2)		
					média	mín.	máx.
[4]*	Porto Alegre (Brasil)	OV	14	Modelo de regressão linear para estimar a geração de resíduos de madeira de uso provisório em prédios altos, considerando fatores de design e de instalações provisórias	0,021	0,002	0,050
[14]	Feira de Santana (Brasil)	OV	2	Modelo para estimativa de aspectos ambientais (consumo de materiais e geração de resíduos) em canteiros de obra	0,042	0,031	0,054
[15]	Shenzen (China)	OV	2	Estimativa da minimização da geração de resíduos em diferentes sistemas construtivos de prédios altos	0,021	0,019	0,023
[16]	Shenzen (China)	OV	1	Comparação de modelo preditivo de geração de resíduos da construção com dados primários	0,019	-	-
[17]	Shenzen (China)	OV	1	Quantificação de resíduos por separação e pesagem in loco	0,005	-	-
[18]	Malásia	OV	6	Estimativa de resíduos através do número de viagens do caminhão caçamba e separação in loco do material	0,035	0,022	0,054
Total		OV	26		0,025	0,002	0,054

Nota: * Com exceção deste estudo, todos os demais foram convertidos de kg para m^3 (densidade = 390kg/m^3) [6];
Legenda: IGR = Indicador de Geração de Resíduos; OV = Obras verticais multifamiliares. Fonte: os autores.

Os resultados de IGR foram heterogêneos, com variação de até 27 vezes entre os consumos mínimo (0,002 m^3/m^2) [14] e máximo (0,054 m^3/m^2) [16]. Mesmo quando consideradas as médias de IGR de cada caso, há diferença nos resultados de até uma casa decimal.

Isto se explica, pelo menos em parte, pelo método de quantificação do consumo de madeira adotado em cada estudo. Dois trabalhos [14], [16] empregam métodos de medição classificado como "*soft*" [17], baseando-se na multiplicação dos quantitativos

de madeira comprada (m^2), pelas espessuras e densidades não especificadas. Um destes artigos utilizou-se de entrevistas com o gerente da obra, identificando que 20% das madeiras de uso provisório compradas não saem da obra como resíduos, mas são reutilizadas em outros canteiros [16]. O outro artigo [14], não investigou a existência de reuso da madeira em outras obras e não separa o fluxo de saída de produtos de madeira do fluxo de produtos metálicos. Superestimando o valor reportado, sendo o maior dentre os casos levantados na literatura.

Outros trabalhos [4], [15], [17], [18] utilizaram em seus estudos medições do tipo "*hard*", como separação e pesagem do material em obra, ou/e observação das anotações de transporte de resíduos [17]. Entretanto, cada um dos quatro seguiu uma abordagem diferente.

O primeiro [4], baseou exclusivamente na quantificação dos resíduos pelo volume de caçambas de madeiras que deixaram as obras, conforme dados fornecidos pelas construtoras. Nesta medição, há incertezas quanto a densidade da madeira empilhada [19]. O segundo [18], analisou anotações dos responsáveis pelos aterros sobre o material que chegou dos canteiros estudados, obtendo-se a geração de resíduos misturados. A separação e pesagem dos materiais *in loco* visou estimar os percentuais de cada produto, sendo multiplicados para estabelecer o IGR dos produtos de madeira. O terceiro [17], realizou a medição para apenas uma área delimitada e considera que o IGR aferido se repetirá em toda a construção. O quarto e último [15], quantificou tal intensidade de resíduos de madeira para cada uma das 4 fases construtivas principais (trabalhos com terra, subestrutura, superestrutura e trabalhos ao entorno do edifício), somando-se as parcelas ao final.

Além dos diferentes métodos de quantificação, densidades e espessuras dos materiais avaliados, e do uso de diferentes elementos provisórios, como sistemas de proteção coletiva, escritórios e andaimes fachadeiros, que podem representar até 50% do material [4], identificaram-se incertezas quanto as práticas de uso do material, como quantidade de vezes que o material é reusado dentro da mesma obra.

Estudos com quantidades muito próximas de reuso de jogos de fôrma tiveram médias de geração de resíduos de madeira semelhantes. Os artigos [4] e [15] apresentam uma reutilização de 2 a 3 vezes e um consumo médio de 0,021 m^3/m^2; enquanto que os artigos [17] e [16] de 5 a 7 vezes e consumiram 0,005 m^3/m^2 e 0,019 m^3/m^2 respectivamente.

Quanto maior a quantidade de reuso menor o IGR. Porém, as possibilidades de reutilização de madeiras de fôrmas dependem do estado das fôrmas pós uso e de seu tamanho; da medida em que peças menores se misturarem a outros resíduos com mais facilidade [18]; da qualidade inicial do produto, que muitas vezes é baixa [15]; da modularidade dos elementos de concreto armado [20]; da intensidade do uso de concreto armado moldado *in loco* [4].

O estudo [18], que apresentou uma das maiores médias de IGR, não considerou reuso da madeira em obra. Acredita-se que isto possivelmente interferiu em seus resultados uma vez que parte da madeira reportada pode ter sido reutilizada. Apenas o estudo

[14] teve como foco o consumo de madeira, investigando aspectos ambientais como consumo material e geração de resíduos. Os demais abordaram resíduos de construção, onde a madeira foi um dos materiais estimados, representando de 17,7% a 45% do total de resíduos em peso [15], [16], [18]; 70,7% dos diversos resíduos relacionados a atividades do uso de concreto armado moldado *in loco* [17]; único resíduo estimado [4].

Apesar da variabilidade dos valores e incertezas nas estimativas, os resultados apresentam a ordem de grandeza do consumo de madeira para fins de baixo valor agregado. A falta de informação na literatura científica sobre os resíduos de madeira decorrentes da construção de habitações unifamiliares, que são a base do estoque edificado do Brasil, demostra indiretamente a desimportância dada ao material.

Enquanto sistemas construtivos estruturados em madeira consomem de 0,02 a 0,34 m^3/m^2 [21] do biomaterial em fins de longo prazo e maior valor agregado; a construção com concreto armado moldado *in loco* de caráter artesanal dispensa equivalente volume de madeira (0,025m^3/m^2 ± 0,016) como resíduo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estimou-se um Índice de Geração de Resíduos de Madeira (IGR), reportado pela literatura nacional e internacional, da ordem de 0,025 m^3/m^2 ± 0,016. Este valor refere-se ao volume de madeira empregado em fins provisórios (fôrmas, escoras, andaimes fachadeiros, escritórios, tapumes, sistema de proteção coletiva etc.) para construção de 26 edifícios verticais residenciais com estrutura em concreto armado moldado *in loco* e dispensados como resíduos.

Houve grande variabilidade dos resultados; 27 vezes entre o menor (0,002 m^3/m^2) e o maior (0,054 m^3/m^2) valor de IGR estimado. Os estudos de diferentes países colaboraram para a fundamentação e referência das discussões abordadas neste trabalho. Além disto, os trabalhos brasileiros encontrados estão na mesma faixa de variação dos internacionais. Tais variações são explicadas, em partes, pela diferença do tipo de edificação, reuso do material (dentro e fora do canteiro) e método de quantificação dos resíduos de construção (*hard* e *soft*), além de incertezas quanto a densidade e medidas dos produtos de madeira.

Adicionalmente, foi verificada a relação entre reuso e IGR, onde obras com maior reuso da madeira apresentam menor produção de resíduos do material, e vice-versa. O IGR diminui à medida que aumentam o número de vezes que as fôrmas/escoras são reutilizadas.

Apesar das incertezas, os resultados demostram a ordem de grandeza da subutilização da madeira em fins de curto ciclo de vida e baixo valor agregado. O volume de madeira descartado como resíduo é equivalente ao necessário para se construir com sistemas estruturados com madeira. A falta de literatura com foco nos resíduos de madeira resultantes do processo artesanal de construção com concreto moldado *in loco* também pode ser um indicador da desvalorização deste recurso material.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES código 001) e à PRPPG UNILA pelo fomento à pesquisa.

REFERÊNCIAS

[1] Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua anual, 2019. Tabela 6822 - **Domicílios e Moradores, por material predominante nas paredes. 2020a**. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6822. Acesso em: 12 agosto 2022.

[2] PUNHAGUI, K. R. G. **Potencial de redução das emissões de CO2 e da energia incorporada na construção de moradias no Brasil mediante o incremento do uso de madeira.** 2014. 289 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. DOI: http://dx.doi.or/10.11606/T.3.2014.tde-29042015-164644.

[3] ZENID, G. J. Madeira: **Uso sustentável na construção civil,** 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA, 2009. 99p. (Publificação IPT; 3010). Disponível em: Acesso em: http://aleph.ipt.br/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/EEDNCG3N9H98CFVF4C96C1MGVPVJBA.pdf. 12 agosto 2022.

[4] KERN, A. P.; AMOR, L. V.; ANGULO, S. C.; MONTELONGO, A. Factors influencing temporary wood waste generation in high-rise building construction. **Waste Management,** Oxford, v. 78, p. 446-455, Ago. 2018. Elsevier DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.057.

[5] Indústria Brasileira da Árvore (IBÁ) e PÖYRY Consultoria em Gestão e Negócios Ltda. **Relatório anual 2019**. Brasília: Ibá, 2019. 80 p. Tradução de: Tracy Smith Miyake. Disponível em: https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf. Acesso em: 12 agosto 2022.

[6] FAO. 2021. **FAO Yearbook of Forest Products 2019**. Roma, No. 73, 436 p. Disponível em: https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb3795m. Acesso em: 12 agosto 2022.

[7] ABRELPE, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**, Assoc. Bras. Empres. Limp. Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE, vol. 1, p. 16, 2021. Disponível em: https: https://abrelpe.org.br/panorama-2021/. Acesso em: 12 agosto 2022.

[8] ROVARIS, C. **Estudo para ampliação do uso da madeira para a construção de habitações no Brasil. 2019.** 224 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, 2019. Disponível em: https://dspace.unila.edu.br/handle/123456789/5076?show=full. Acesso em: 6 Jun. 2022.

[9] OLVEIRA, C. G. de. **Consumo de madeira para uso provisório na execução de construções residenciais em concreto armado moldado no local.** 2022. 160 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, 2022.

[10] SCANNAVINO, K. R. F.; NAKAGAWA, E. Y.; FABBRI, S. C. P. F.; FERRARI, F. C.. **Revisão Sistemática da Literatura em Engenharia de Software**: teoria e prática. [S.l: s.n.], 2017.

[11] HADDWAY N. R.; MACURA, B.; WHALEY, P.; PULLIN, A. S. 2017. **ROSES for Systematic Review Protocols.** Version 1.0 Online, 2017. DOI: 10.6084/m9.figshare.5897269.

Disponível em: https://www.roses-reporting.com/systematic-review-protocols. Acesso em: 6 Jun. 2022.

[12] Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Pesquisa Nacional Por Amostra Domicilio - Anual (PNAD). **Tabela 6820** - Domicílios e Moradores, por tipo de domicílio. [online], 2021. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6820. Acesso em: 6 Jun. 2022.

[13] BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (org.). **PLANO DE AÇÃO PARA PRODUÇÃO E CONSUMO SUSTENTÁVEIS** – PPCS –. 210. Disponível em: https://criancaeconsumo.org.br/wp-content/uploads/2014/06/08_meioambiente_consulta.pdf. Acesso em: 27 maio 2022.

[14] BORJA, L. C.; CÉSAR, S.; CUNHA, R.; KIPERSTOK, A. A quantitative method for prediction of environmental aspects in construction sites of residential buildings. **Sustainability, Basel,** v. 10, n. 1870, 4 Jun. 2018. MDPI AG. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/su10061870.

[15] LACHIMPADI, S. K.; PEREIRA, J. J.; TAHA, M. R.; MOKHTAR, M. Construction waste minimisation comparing conventional and precast construction (Mixed System and IBS) methods in high-rise buildings: a malaysia case study. **Resources, Conservation And Recycling**, Ann Arbor, v. 68, p. 96-103, nov. 2012. Elsevier BV. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.08.011

[16] LI, J.; DING, Z.; MI, X.; WANG, J. A model for estimating construction waste generation index for building project in China. **Resources, Conservation and Recycling**, Ann Arbor, v. 74, p. 20-26, Maio 2013. Elsevier BV. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.02.015

[17] LU, W.; YUAN, H.; LI, J.; HAO, J. J.L.; MI, X.; DING, Z. An empirical investigation of construction and demolition waste generation rates in Shenzhen city, South China. **Waste Management**, Oxford, v. 31, n. 4, p. 680-687, Abr. 2011. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.12.004

[18] MAH, C. M.; FUJIWARA, T.; HO, C. S. Construction and demolition waste generation rates for high-rise buildings in Malaysia. **Waste Management & Research**, London, v. 34, n. 12, p. 1224-1230, 28 set. 2016. SAGE Publications. DOI: http://dx.doi.org/10.1177/0734242x16666944

[19] AMOR, L. L. V. **Modelo para estimar a geração de resíduos de madeira de uso provisório em obras de edifícios verticais.** 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil _ UNISINOS. São Leopoldo, 2017. Disponível em: http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/4129. Acesso em: 12 agosto 2022.

[20] TAM, V. W. y.; SHEN, L.; TAM, C.M. Assessing the levels of material wastage affected by sub-contracting relationships and projects types with their correlations. **Building and Environment**, Oxford. v. 42, n. 3, p. 1471-1477, mar. 2007. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.12.023

[21] ARAUJO, V. de; VASCONCELOS, J.; CORTEZ-BARBOSA, J.; MORALES, E.; CHRISTOFORO, A.; GAVA, M.; LAHR, F.; GARCIA, J. Wood consumption and fixations of carbon dioxide and carbon from timber housing techniques: a brazilian panorama. **Energy And Buildings**, Lausanne, v. 216, p. 109960, jun. 2020. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109960