

DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO DE MATERIAIS DE MADEIRA - UMA REVISÃO

Anna Claudia Fischer (fischerannaclaudia@gmail.com); Renata do Prado Leite (renatapleite@outlook.com); Ana Sofia Marin (anasofia.marin@hotmail.com); Sérgio Fernando Tavares (sergioftavares@gmail.com)

Universidade Federal do Paraná, Curso de Arquitetura e Urbanismo (UFPR-CAU) - Brazil
Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (UFPR-PPGECC) - Brazil

Palavras chave: EPDs, avaliação do ciclo de vida, materiais de construção, potencial de aquecimento global, sequestro de carbono.

A avaliação dos impactos causados pelos materiais utilizados na indústria da construção através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é importante para a geração de informações quanto ao perfil ambiental de tais produtos de forma normatizada. Os impactos quantificados por estes estudos podem ser comunicados através das Declarações Ambientais de Produto (EPDs). No contexto da construção civil, os materiais de madeira apresentam vantagens ambientais em relação a outros materiais convencionalmente utilizados no setor. Neste sentido, a disponibilização de EPDs destes materiais é relevante para que os usuários obtenham mais informações sobre os produtos e façam melhores escolhas. O objetivo deste estudo foi de buscar referências de impactos relacionados à produção de alguns materiais de madeira empregados na construção civil através de EPDs, bem como discutir as principais diferenças nas abordagens tomadas no desenvolvimento destes documentos e as limitações da sua utilização para escolha de materiais através de seus perfis ambientais. Para isso, este artigo traz um levantamento e análise de 25 EPDs de materiais como: madeira serrada, oriented strand board (OSB), madeira laminada colada (MLC), madeira compensada, cross laminated timber (CLT) e laminated veneer lumber (LVL). A partir da análise das EPDs de materiais similares nota-se que, mesmo considerando as mesmas fases de produção dos materiais, os resultados para o impacto GWP reportados apresentam grande variação. Ainda que as EPDs sejam uma maneira padronizada e verificada de quantificar os impactos ambientais de materiais, os documentos analisados têm comparabilidade limitada e, portanto, a necessidade de harmonização dos critérios utilizados no desenvolvimento das EPDs é discutida.

1. INTRODUÇÃO

Materiais de construção são responsáveis por emissões cumulativas de CO₂ e a energia proveniente de combustíveis fósseis é utilizada em cada fase do seu ciclo de vida (Heywood, 2017). Diante da representatividade do consumo de recursos, bem como dos resíduos e emissões de gases de efeito estufa (GEE) gerados pela construção civil, a promoção e a manutenção da sustentabilidade no setor é primordial.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um sistema de produto através do inventário dos fluxos de entrada e saída de matéria e energia durante o seu ciclo de vida (ABNT, 2009). Uma forma de comunicar os dados de estudos de ACV é através dos rótulos ambientais do tipo III, ou Declarações Ambientais de Produto – do termo em inglês, *Environmental Product Declarations* (EPDs). As EPDs são documentos que apresentam informações ambientais quantificadas sobre o ciclo de vida de um produto em um formato comum, definido nas diretrizes da norma ISO 14025, e com base em regras comuns, conhecidas como Regras de

Categoria de Produto - do termo em inglês, *Product Category Rules* (PCRs). As PCRs compõem um conjunto de regras, requisitos e diretrizes para o desenvolvimento de EPDs. Para cada categoria de produto as PCRs definem o escopo da EPD, incluindo objetivo e escopo da ACV a ser desenvolvida, a fases do ciclo de vida a serem incluídos, os parâmetros a serem abordados, e a maneira que as informações devem ser coletadas e reportadas, entre outras especificações (ISO, 2006). Os programas de EPD são administrados por um operador de programa, responsável, entre outras atividades, pelo desenvolvimento, publicação e manutenção de PCRs, garantir que os requisitos da EPD sejam seguidos, bem como selecionar revisores competentes para a verificação das EPDs e PCRs (ISO, 2006). Na Tabela 1, estão indicados os principais documentos e diretrizes utilizados no desenvolvimento de uma EPD.

Tabela 1. Diretrizes e documentos utilizados no desenvolvimento de uma EPD (Fonte: Adaptado de Environmental Product Declarations: Standards & Process, 2017).

Documento	Objetivo
PCR	Estabelece regras para o desenvolvimento de EPDs de uma ou mais categorias de produto.
ISO 14025	Estabelece os procedimentos para desenvolver uma EPD.
ISO 14040	Estabelece diretrizes par o desenvolvimento de estudos de ACV.
ISO 14044	Define como as ACVs são revisadas.
ISO 21930 e EN 15804	Estabelece diretrizes para desenvolver uma EPD especificamente para produtos e serviços da construção.

Há limitações com relação à comparabilidade de EPDs. A norma ISO 14025 (2006) indica os requisitos e condições para a comparação entre EPDs diferentes. Para uma comparação válida entre dois produtos, alguns critérios devem ser cumpridos, entre eles: a unidade funcional das duas EPDs devem ser as mesmas ou passíveis de ser convertidas; os impactos ambientais reportados devem ser referentes à mesma fronteira de ACV ou então reportados separadamente de forma modular; todas as informações relativas à comparabilidade exigidas pela ISO 14025 devem estar inclusas em ambas as EPDs, incluindo a descrição do produto, indicação da PCR utilizada, data de publicação, validade do documento, dados de ACV, lista de materiais e substâncias envolvidas na declaração, bem como quais estágios do ciclo de vida não estão considerados na ACV; os critérios de corte devem ser idênticos em porcentagem de massa, energia ou impactos a serem excluídos dos cálculos (Gelowitz; Mcarthur, 2017).

Os materiais de madeira apresentam vantagens ambientais em relação a produtos alternativos, pois os seus processos de fabricação requerem menor uso de combustíveis fósseis do o que materiais de construção alternativos como concreto, metais ou plástico. Além disso, a madeira é composta de carbono que é capturado da atmosfera durante o crescimento das árvores (Bergman et al., 2014). Dessa forma, considerando a utilização da madeira como um material de construção para fins duráveis, a disponibilização de EPDs que relatem o perfil ambiental destes produtos é interessante.

São poucos os trabalhos científicos de revisão envolvendo EPDs, e os autores do presente estudo não têm conhecimento de estudos de revisão envolvendo EPDs de materiais de madeira especificamente. Neste sentido, este artigo traz um levantamento e análise de declarações ambientais de produto (EPDs) de alguns materiais engenheirados de madeira como madeira serrada, *oriented strand board* (OSB), madeira laminada colada (MLC), madeira compensada, *cross laminated timber* (CLT) e *laminated veneer lumber* (LVL).

2. OBJETIVOS

Este estudo envolve o levantamento de EPDs de alguns materiais de madeira empregados na construção civil com objetivo de buscar referências de dados de impacto de potencial de aquecimento global oriundos de seus processos produtivos, bem como discutir as principais diferenças nas abordagens e considerações envolvidas no desenvolvimento destes documentos e as limitações da utilização destes na escolha de materiais através de seus perfis ambientais.

3. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

O método de pesquisa deste estudo envolveu o levantamento das EPDs de materiais de madeira. Para isso, primeiramente foi utilizada a ferramenta de busca Google, com o objetivo de encontrar programas de EPDs ou instituições que disponibilizassem este tipo de documento. Dentre os *websites* encontrados, naqueles em que havia uma plataforma de busca por EPDs, foram utilizadas as seguintes palavras-chave na pesquisa: “wood”, “timber”, “CLT”, “LVL”, “Glulam”, “OSB”, “Plywood”, “woodpanels”. Nos sites em que não havia uma plataforma de busca, mas que disponibilizavam uma relação de EPDs para consulta, a busca pelas mesmas palavras foi conduzida de forma visual.

Documentos disponibilizados que não apresentavam as informações obrigatórias a EPDs e exigidas pelas ISO 14025 (como indicação da PCR utilizada, data de publicação, validade do documento, tipo de verificação, entre outros), bem como EPDs publicadas em outras línguas que não o inglês foram descartados. O levantamento de EPDs foi conduzido até dia 10 de agosto de 2018. Utilizando-se os parâmetros de pesquisa supracitados, foram levantadas 25 EPDs. Os sites e plataformas em que foram encontradas EPDs referentes à pesquisa estão listados na Tabela 2.

Tabela 2. Sites e plataformas utilizadas na busca (Fonte: os autores).

Fontes de EPDs	URL
American Wood Council	https://www.awc.org/sustainability/epd
The International EPD System	https://www.environdec.com/EPD-Search/
FP Innovations	https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx
EPD Norge	http://epd-norge.no/solid-wood/category425.html?categoryID=425&offset873=0
EPD Ireland	https://www.igbc.ie/epd-search/

Não foram encontradas EPDs para materiais de construção de madeira brasileiros. No Brasil, a disponibilidade de EPDs de materiais nacionais é muito limitada. Atualmente existem apenas 12 EPDs registradas no International EPD System (EPD Brasil, 2018).

4. RESULTADOS

4.1. Características das EPDs levantadas

Considerando os 25 documentos levantados para este estudo, na Tabela 3 estão apresentados dados resumidos de caracterização das EPDs analisadas. Para melhor visualização das diferenças entre os documentos, neste primeiro momento, as EPDs estão separadas pelas fontes de onde foram obtidas.

Na Tabela 3 observa-se que as EPDs levantadas são provenientes de 6 operadores de programa diferentes, e são baseadas em 5 PCRs diferentes. Todos os documentos analisados declaram serem baseados em pelo menos duas diretrizes normativas. No que tange os procedimentos para desenvolvimento da EPD, todos os documentos levantados

seguem a norma ISO 14025. No que se refere aos procedimentos para desenvolver EPDs especificamente para materiais de construção, algumas seguem a norma ISO 21930, outras a norma EN 15804, e algumas indicam seguir ambas. Ainda que não indicado na Tabela 3, dentre todas as EPDs, 24 delas declaram ter passado por verificação externa, e apenas uma, número 14, por verificação interna.

Tabela 3. Caracterização das EPDs selecionadas para o estudo (Fonte: os autores).

Nº	Material	Fonte da EPD	Operador do Programa de EPD	Classificação	PCR declarada	Diretrizes normativas utilizadas	Referência
1	MLC			G	<i>FP Innovations: 2011. PCR for preparing an Environmental Product Declaration for North American Structural and Architectural Wood Products, Version 1.</i>		EPD (2013a)
2	LVL	American Wood Council (AWC) e Canadian Wood Council (CWC)	UL Environment	G			EPD (2013b)
3	OSB			G		ISO 14025/ ISO 21930	EPD (2013c)
4	Madeira compensada			G			EPD (2013d)
5	Madeira serrada de conífera			G			EPD (2013e)
6	MLC			G			EPD (2017a)
7	Madeira compensada		The Australasian EPD Programme Ltd	G	<i>International EPD System - PCR 2012:01</i>		EPD (2015a)
8	Madeira serrada de conífera	The International EPD System		G	–	ISO 14025/ EN 15804	EPD (2015b)
9	Madeira serrada de folhosa			G	<i>Construction products and construction services - Version 2.2 (EN 15804).</i>		EPD (2015c)
10	CLT		EPD International AB	E			EPD (2018a)
11	Madeira compensada			E			EPD (2017b)
12	MLC			E	<i>FP Innovations: 2011. North American Structural and Architectural Wood Products, Version 1.</i>		EPD (2013f)
13	CLT	FP Innovations	FP Innovations	E		ISO 14025/ ISO 21930	EPD (2013g)
14	CLT			E			EPD (2013h)
15	Madeira serrada de folhosa			G			EPD (2016a)

Obs.: G=genérica; E=específica.

Nº	Material	Fonte da EPD	Operador do Programa de EPD	Classificação	PCR declarada	Diretrizes normativas utilizadas	Referência
16	CLT			E	CEN Standards EN 15804/ EPD		EPD (2017c)
17	MLC			E	Norge - Product- category rules	ISO 14025/	EPD (2016b)
18	Madeira serrada aparelhada	EPD Noruega	The Norwegian EPD Foundation	G	NPCR 015 rev1 - Wood and wood-based products for use in construction.	ISO 14025/ ISO 21931/ EN 15804	EPD (2015d)
19	Madeira serrada aparelhada			G			EPD (2015e)
20	OSB			E			EPD (2018b)
21	OSB			E			EPD (2018c)
22	OSB	EPD Ireland	Irish Green Building Council	E	EPD Ireland - PCR Part A (EN 15804 como PCR principal).	ISO 14025/ EN 15804 +A1	EPD (2018d)
23	OSB			E			EPD (2018e)
24	OSB			E			EPD (2018f)
25	OSB			E			EPD (2018g)

Obs.: G=genérica; E=específica.

As EPDs foram classificadas como específicas ou genéricas. As específicas se referem a um fabricante que conduziu um estudo de ACV específico para processo de fabricação e desenvolve uma EPD específica do seu produto/marca. As EPDs genéricas são aquelas que envolvem um grupo da indústria, representando vários fornecedores de um tipo de produto com o objetivo de reportar dados médios.

4.2. Estudos de ACV e potencial de aquecimento global

Na Tabela 4 estão apresentadas as principais características dos estudos de ACV que deram origem às EPDs levantadas, como por exemplo, a fronteira considerada no estudo, unidade funcional declarada e, quando indicados, os métodos de avaliação de impacto e software utilizados. Também estão apresentados o impacto de potencial de aquecimento global – do termo em inglês, *Global Warming Potential (GWP)* - e o sequestro de dióxido de carbono pelo material de madeira, quando informado. O impacto GWP foi o escolhido para análise neste estudo por ser a categoria para a qual a construção civil tem grande parcela de contribuição, além de ser o impacto sobre o qual os materiais de madeira apresentam potencial de mitigação através da absorção de dióxido de carbono no processo de crescimento das árvores que servem matéria-prima para a produção dos materiais.

Na Tabela 4, as EPDs estão separadas por tipo de material e identificadas através de números que podem ser referenciados na Tabela 3. Ainda que as fronteiras dos estudos de ACV indicadas nos documentos sejam diferentes, os dados do impacto GWP reportados na Tabela 4 são todos relativos à fronteira *cradle-to-gate* ou módulos A1-A3, pois todas as EPDs que apresentavam impactos além da fronteira *cradle-to-gate* eram baseadas na

norma europeia EN 15804 e, portanto, adotavam a representação modular do ciclo de vida, permitindo a obtenção dos dados de impacto separadamente para cada fase.

Na Tabela 4, observa-se que as fronteiras adotadas pelos estudos de ACV são diferentes, inclusive ao informar quais são os limites do sistema (modular ou não-modular). Ainda com relação às fronteiras dos estudos, deve-se ressaltar que as EPDs genéricas, por utilizarem dados oriundos de mais um fabricante, apresentam dados médios de impactos para um tipo de produto, e representam uma parcela de mercado e uma cobertura geográfica determinada.

A principal unidade funcional adotada para reportar os impactos é o metro cúbico (m^3), com algumas exceções, como para o material 7 (m^2), e para os materiais 20-25 (tonelada).

A maioria das EPDs utilizam dados primários para o processo de fabricação dos materiais em questão, e dados secundários provenientes de bases de dados como USLCI, Gabi, Ecoinvent e ELCD para os procesos auxiliares ou *upstream* como produção de energia, produção de matérias primas ou processo de transporte. Ainda, as EPDs dos operadores de programa The Australasian EPD Programme FP Innovations indicam ter utilizado EPDs para madeira serrada desenvolvidas anteriormente como fonte de dados para EPDs de produtos mais beneficiados do que a madeira serrada.

No que tange a avaliação de impactos do ciclo de vida utilizado, 10 das EPDs indicaram o método utilizado, sendo que 8 aplicaram o método TRACI, 1 aplicou o método CML, e 1 reportou impactos gerados para ambos os métodos TRACI e CML separadamente. As outras 15 EPDs não indicaram o método de avaliação utilizado. Deve-se enfatizar que, tanto o método TRACI quanto CML se tratam de métodos *midpoint* quanto ao nível de avaliação de impacto (Mendes; Bueno; Ometto, 2016).

O impacto de potencial de aquecimento global foi subdividido em GWP de origem fóssil, GWP de origem biogênica e GWP total, pelo fato de alguns documentos reportarem tal impacto desta forma. No entanto, nem todas as EPDs analisadas faziam esta distinção.

Com relação ao sequestro de carbono pelo material, quando indicado pelos documentos analisados, este foi informado na Tabela 4. A consideração ou não do sequestro de carbono no balanço de impacto GWP reportado na Tabela 4 está indicada na última coluna de observação. Algumas EPDs analisadas envolviam mais de um tipo de material, variando em gênero de madeira, nível de beneficiamento, ou ainda materiais que apresentavam variação em dimensão, como as chapas de madeira compensada. Neste último caso, selecionou-se um tipo de chapa para reportar o impacto, e nos outros casos as variações de materiais estão indicadas na Tabela 4.

Tabela 4. Escopo da ACV e potencial de aquecimento global (GWP) (Fonte: os autores).

Nº	Tipo de produto	Fronteira	Unidade Funcional declarada	Método de avaliação de impacto	GWP fóssil (KgCO ₂ eq)	GWP biogênico (KgCO ₂ eq)	GWP total (KgCO ₂ eq)	Sequestro de carbono (KgCO ₂ eq)	Sequestro de carbono considerado no balanço de impactos no GWP?
1	MLC	<i>cradle-to-gate</i>	1 m ³	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	197,7	- 964,28	N - informação adicional
6	MLC	<i>cradle-to-gate</i> + opções de final da vida (módulos A1, A2, A3, C3, C4 e D)	1 m ³	NI	380 (C); 527 (F)	-992 (C); -935 (F)	-612 (C); -480 (F)	-1017 (C); -1118 (F)	S - quantidade também indicada separadamente
12	MLC	<i>cradle-to-gate</i>	1 m ³	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	113,24	-764,56	N -informação adicional
17	MLC	<i>cradle-to-gate</i> + transporte médio ao consumidor (módulos A1, A2, A3 e A4)	1 m ³	NI	-	-	62	-718	N -informação adicional
5	Madeira serrada de conífera	<i>cradle-to-gate</i>	1 m ³	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	72,64	-794,88	N - informação adicional
8	Madeira serrada de conífera	<i>cradle-to-gate</i> + opções de final da vida (módulos A1, A2, A3, C3, C4 e D)	1 m ³	NI	128 (SE); 183 (SAE);	-887 (SE); -882 (SAE);	-760 (SE); -699 (SAE);	-900 (C-SAE)	S - quantidade também indicada separadamente
9	Madeira serrada de folhosa	<i>cradle-to-gate</i> + opções de final da vida (módulos A1, A2, A3, C3, C4 e D)	1 m ³	NI	151 (SF); 209 (SE); 327 (SAE)	-1000 (SF); - 1100 (SE); -1060 (SAE);	-851 (SF); -888 (SE); -731 (SAE)	-1220 (F-SAE)	S - quantidade também indicada separadamente
15	Madeira serrada de folhosa	<i>cradle-to-gate</i>	1 m ³	TRACI e CML – <i>midpoint</i> (reportados separadamente)	-	-	54,69 (SF); 68,16 (SSE)	-1055,7 (SF); -1174,84 (SSE)	N -informação adicional
18	Madeira Serrada aparelhada	Todos os módulos - exceto B1 - inclusos <i>cradle-to-gate</i> + opções de final de vida	1 m ³	NI	-	-	-607	-660	S - quantidade também indicada separadamente
19	Madeira Serrada aparelhada	<i>cradle-to-gate</i> + opções de final de vida (módulos A1, A2, A3, C2, C3, C4 e D)	1 m ³	NI	-	-	-672	-715	S - quantidade também indicada separadamente

Obs. 1: NI- não indicado; C – coníferas (softwood); F – folhosas (hardwood); SF – madeira serrada fresca; SE – madeira serrada seca em estufa; SAE- madeira serrada, aparelhada e seca em estufa; S-sim; N-não.

Nº	Tipo de produto	Fronteira	Unidade Funcional declarada	Método de avaliação de impacto	GWP fóssil (KgCO ₂ eq)	GWP biogênico (KgCO ₂ eq)	GWP total (KgCO ₂ eq)	Sequestro de carbono (KgCO ₂ eq)	Sequestro de carbono considerado no balanço de impactos no GWP?
2	LVL	<i>cradle-to-gate</i>	1 m ³	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	201,80	-979,11	N - informação adicional
4	Madeira compensada	<i>cradle-to-gate</i>	1 m ³	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	129,77	-881,12	N - informação adicional
7	Madeira compensada	<i>cradle-to-gate</i> + opções de final da vida (módulos A1, A2, A3, C3, C4 e D)	1 m ²	NI	3,08 a 10,8* (8,95 para placa de 17 mm)	-5,4 a -19,3* (-13,2 para placa de 17 mm)	-2,32 a -8,4* (-4,22 para placa de 17 mm)	-14 (para placa de 17 mm)	S - quantidade também indicada separadamente
11	Madeira compensada	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 m ³	CML IA 4.1 - <i>midpoint</i>	-	-	304 a 737 (304 a 509 para placa de 15 mm) ^o	média de - 656	N - informação adicional
10	CLT	<i>cradle-to-grave</i> (todos os módulos)	1 m ³	NI	-	-	-685,53	-	S - quantidade não indicada
13	CLT	<i>cradle-to-gate</i>	1 m ³	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	70,52	-764,56	N - informação adicional
14	CLT	<i>cradle-to-gate</i>	1 m ³	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	89,80	-764,56	N - informação adicional
16	CLT	<i>cradle-to-grave</i> (todos os módulos)	1 m ³	NI	-	-	140	-708	N - informação adicional
3	OSB	<i>cradle-to-gate</i>	1 m ³	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	248,30	-1098,94	N - informação adicional
20	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	304,61	-1379,38	N - informação adicional
21	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	376	-1379,38	N - informação adicional
22	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	355	-1379,38	N - informação adicional
23	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	425	-1379,38	N - informação adicional
24	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	562	-1379,38	N - informação adicional
25	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	661	-1379,38	N - informação adicional

Obs. 1: NI- não indicado; C – coníferas (softwood); F – folhosas (hardwood); SF – madeira serrada fresca; SE – madeira serrada seca em estufa; SAE- madeira serrada, aparelhada e seca em estufa; S-sim; N-não; *variação devido à diferentes espessuras; °variação devido ao tipo de cola.

5. DISCUSSÃO

Através da análise das EPDs levantadas, percebe-se que as fronteiras consideradas nos estudos de ACV que as deram origem são heterogêneas e, ainda que as fronteiras ou módulos sejam declarados, alguns documentos não deixam claros os limites das ACVs de fato. Por exemplo, algumas EPDs indicam o berço como as operações florestais que antecedem a colheita da madeira, enquanto outras, ainda que indiquem o berço como fronteira inicial, através da leitura detalhada, nota-se que as análises partem da colheita da madeira na floresta. Ainda há os documentos que indicam o “consumo de matérias primas” como berço, não ficando claro se a fronteira parte das operações de extração ou simplesmente de onde se inicia o beneficiamento da madeira. Portanto, o entendimento com relação aos limites de entrada contabilizadas nos sistemas é, em algumas situações, de difícil interpretação.

A partir da divisão dos dados levantados por tipo de produto nota-se que, apesar de os impactos apresentados na Tabela 4 serem relativos a fronteiras similares e, portanto, fases de produção similares - *cradle-to-gate* ou módulos A1-A3 - os valores são bastante variáveis. Além das características dos materiais e seus processos de fabricação, as diferenças quanto às PCRs utilizadas, as fronteiras das ACVs que deram origem aos documentos, os critérios de alocação dos fluxos de matéria e energia, os dados secundários utilizados, bem como o método de avaliação de impacto utilizado são fatores que contribuem para a heterogeneidade de resultados. Sabe-se que as EPDs analisadas têm comparabilidade limitada por serem baseadas em PCRs diferentes, bem como pelos quesitos de comparabilidade mencionados anteriormente na introdução.

Com relação ao material OSB, foram levantadas EPDs provenientes de 2 operadores de programa. Os últimos 6 resultados (materiais 20-25) para impacto GWP reportados são provenientes do mesmo fabricante, e nota-se que a variação do impacto GWP chega a ser maior que o dobro entre os materiais. Neste caso, considerando que as EPDs foram desenvolvidas pelo mesmo operador de programa e com base na mesma PCR, pode-se inferir que as diferenças nos impactos estão atreladas principalmente à composição dos materiais e seus processos de fabricação.

Para madeira serrada percebe-se que parte da discrepância entre os resultados para o impacto deve-se ao nível de processamento do material, já que são apontados impactos para madeira serrada fresca (SF), seca em estufa (SE), aparelhada e seca em estufa (SAE). No entanto, ao comparar as EPDs 8 e 9, ambas provenientes do mesmo programa de EPD e referentes a madeira serrada com o mesmo nível de beneficiamento, nota-se grande diferença nos impactos para madeira de espécies coníferas e folhosas. Para madeira serrada seca em estufa (SE) a variação de GWP fóssil é entre 128 e 209 KgCO_{2eq}, e para madeira serrada aparelhada e seca em estufa (SAE) a variação é entre 183 e 327 KgCO_{2eq} entre coníferas e folhosas, respectivamente.

Os impactos GWP reportados para MLC são os que apresentam maior variação. Em relação ao material 6, é possível fazer a mesma observação anterior quanto às MLCs de coníferas e folhosas, sendo o GWP fóssil gerado na produção de MLC de folhosas maior do que o gerado por coníferas (527 e 380 KgCO_{2eq}, respectivamente). Já os resultados para CLT foram menos discrepantes em relação aos outros materiais. Neste caso, também não foi possível apontar as possíveis razões para as diferenças.

O impacto GWP apontado para madeira compensada (materiais 4, 7, 11) aborda unidades funcionais diferentes. Observa-se que os resultados de GWP para o material 7 por si só já apresentam grande variação decorrente dos vários tipos de placas de madeira compensada, com espessura, número de camadas e aplicação de adesivos diferentes.

Ainda com relação a diferenças de abordagem tomadas pelas EPDs analisadas, outro fator que foi considerado de forma heterogênea foi o tratamento do carbono biogênico e do estoque de carbono nos materiais. Dentre as EPDs analisadas, todas elas fazem algum tipo de consideração ou observação quanto ao carbono estocado nos materiais. As EPDs que utilizaram um escopo '*cradle-to-grave*' ou um escopo '*cradle-to-gate* + opções de final de vida' contabilizaram o sequestro de carbono como uma contribuição negativa perante o indicador de impacto GWP, sendo que em todas estas EPDs os impactos estão apresentados de forma modular, e o sequestro de carbono é contabilizado na fase A1-A3. Igualmente, as emissões referentes às opções de final de vida são consideradas em seus devidos módulos. Todas as EPDs que utilizaram um escopo *cradle-to-gate* apresentam o estoque de carbono como informação adicional e em sessão separada.

A opção de contabilizar ou não o estoque de carbono no impacto GWP reportado nas EPDs depende da PCR, da diretriz normativa adotada, bem como da fronteira da ACV considerada para reportar os impactos. De acordo com a PCR FPInnovations (2015), por exemplo, apenas EPDs que tenham um escopo *cradle-to-grave* podem contabilizar o estoque de carbono no impacto GWP, pois é possível contabilizar emissões durante todo o ciclo de vida do produto, inclusive o destino final deste carbono. Em EPDs cuja fronteira é *cradle-to-gate* isso não é usual pois, neste caso não são feitas considerações com relação ao final de vida do produto, sendo possível indicar o estoque de carbono, bem como o impacto GWP líquido em um balanço de carbono equivalente em uma seção separada de informações adicionais (FPINNOVATIONS, 2015). Independentemente da consideração ou não do estoque de carbono nos impactos, percebe-se a partir dos dados indicados na Tabela 4 que o carbono estocado nos materiais de madeira é consideravelmente maior do que as emissões GEE geradas no processo de fabricação, ou seja, os produtos absorvem mais CO_{2eq}, de que as emissões GEE de sua produção até o portão da fábrica.

Através do presente estudo, percebe-se que é difícil identificar a razão da grande variação de impactos apresentadas para materiais similares - se estas variações se devem à composição dos materiais, seus processos de fabricação, ao escopo e abordagem dos estudos de ACV desenvolvidos para reportar os dados, ou então devido às diretrizes preconizadas pelas diferentes PCRs em que as EPDs foram baseadas. Estes fatos prejudicam as comparações de EPDs e este fato reforça a necessidade de esforços para tornar as PCRs comparáveis, conhecido como harmonização, como já apontado em estudos por Gelowitz e McArthur (2017), e Ingwersen e Stevenson (2012).

Gelowitz e McArthur (2017), em um estudo de levantamento de 50 EPDs envolvendo 13 PCRs e 3 categorias de produto diferentes, perceberam que a falta de harmonização entre PCRs e a baixa qualidade das PCRs limitaram a comparabilidade entre EPDs nas mesmas categorias e até mesmo entre EPDs desenvolvidas com base em uma mesma PCR. Ainda observaram que é possível notar incomparabilidade até mesmo entre EPDs baseadas na mesma PCR, o que não deveria acontecer, já que a norma ISO 14025 menciona que EPDs baseadas na mesma PCR são comparáveis. No entanto, o processo de harmonização é um desafio. Ingwersen e Stevenson (2012) afirmam que, devido à diversidade de abordagens para ao desenvolver estudos de ACV de sistemas de produtos, a harmonização de PCRs dificilmente ocorrerá sem esforços que partam das partes interessadas. Ingwersen e Stevenson (2012) apontam que os operadores de programas de EPDs têm surgido em larga escala e de forma independente e que um potencial risco à integridade das EPDs é a proliferação de rótulos baseados em PCRs incompatíveis, resultando na divulgação de perfis ambientais de produtos que apresentam informações que não são comparáveis.

Uma limitação do presente estudo foi o número limitado de EPDs analisadas bem como de EPDs de um mesmo tipo de material baseadas em uma mesma PCR ou PCRs equivalentes. A análise de EPDs de materiais similares desenvolvidas por PCRs equivalentes traria mais

profundidade à esta discussão. Contudo, foi possível notar que a comparação deve ser facilitada através da harmonização das PCRs, considerando que um dos objetivos do desenvolvimento de EPDs é, quando possível, a comparação de impactos de produtos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo buscou-se reportar referências de impactos relacionados à produção de alguns materiais de madeira empregados na construção civil através EPDs, bem como discutir as principais diferenças nas abordagens tomadas para o desenvolvimento destes documentos e as limitações da utilização destes na escolha de materiais através de seus perfis ambientais. Através da análise das EPDs de produtos similares nota-se que, mesmo considerando as mesmas fases de produção dos materiais, os resultados para o impacto GWP reportados apresentam grande variação, sendo por vezes difícil apontar evidências com relação as variações nos impactos reportados. Além das características dos materiais e particularidades de seus processos de fabricação, as fronteiras das ACVs que deram origem aos documentos, o método de avaliação dos impactos, a consideração ou não do carbono estocado nos materiais, são fatores que contribuem para a heterogeneidade dos resultados.

Sabe-se que EPDs desenvolvidas com base em diferentes PCRs tem comparabilidade limitada devido a diferenças em relação às orientações de como os impactos ambientais do ciclo de vida devem ser estimados e reportados para uma categoria de produto, bem como diferenças metodológicas nos estudos de ACV que as deram origem. Contudo, considerando-se que um dos objetivos da utilização de EPDs é possibilitar a escolha informada de produtos com base em dados quantitativos formais de impactos, eventualmente a comparação destes documentos acontece. A variação de tipos de materiais que temos no mercado por si só já é muito grande, se estes seguirem avaliados com base em regras diferentes, a aplicação das EPDs a título de comparação para a escolha de materiais é prejudicada. Nesse sentido, a harmonização dos critérios adotados para o desenvolvimento de EPDs é necessária.

Apesar das limitações apresentadas, entende-se que as EPDs são uma maneira padronizada e verificada de quantificar os impactos ambientais de materiais e, portanto, o desenvolvimento destes documentos é muito importante. Ainda, deve-se ressaltar que não foram encontradas EPDs de materiais de construção de madeira brasileiros, e a disponibilidade de EPDs em geral no país ainda é muito pequena.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009). NBR 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro.
- Achenbach, H. et al (2016). Environmental product declarations in accordance with EN 15804 and EN 16485 – How to account for primary energy of secondary resources? In: Environmental Impact Assessment Review. v. 60, p. 134-138.
- Bergman, R. et al (2014). The carbon impacts of wood products. In: Forest Products Journal, USA, v. 64, n. 7, p.320-332.
- Environmental Product Declarations: Standards & Process (2017) Disponível em: <<http://www.archecology.com/2017/04/03/environmental-product-declarations-standards-process/>>. Acesso em: 10 jul. 2017.
- EPD (2013a) EPD of north american glued laminated timbers. American Wood Council; Canadian Wood Council. Registro: 13CA24184.104.1. Emissão: 16/04/2013. Disponível em: <<https://www.awc.org/sustainability/epd>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013b) EPD of north american laminated veneer lumber. American Wood Council; Canadian Wood Council. Registro: 13CA24184.105.1. Emissão: 12/07/2013. Disponível em: <<https://www.awc.org/sustainability/epd>>. Acesso em: agosto, 2018.

- EPD (2013c) EPD of north American oriented strand board. American Wood Council; Canadian Wood Council. Registro: 13CA24184.101.1. Emissão: 16/04/2013. Disponível em: <<https://www.awc.org/sustainability/epd>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013d) EPD of north American softwood plywood. American Wood Council; Canadian Wood Council. Registro: 13CA24184.103.1. Emissão: 16/04/2013. Disponível em: <<https://www.awc.org/sustainability/epd>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013e) EPD of north American softwood lumber. American Wood Council; Canadian Wood Council. Registro: 13CA24184.102.1. Emissão: 16/04/2013. Disponível em: <<https://www.awc.org/sustainability/epd>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2017a) EPD of glued laminated timber (glulam). Forest & Wood Products Australia Limited. Registro: S-P-00565. Emissão: 08/12/2017. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2015a) EPD of plywood. Forest & Wood Products Australia Limited. Registro: S-P-00564. Emissão: 14/10/2015. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2015b) EPD of softwood timber. Forest & Wood Products Australia Limited. Registro: S-P-00560. Emissão: 23/06/2015. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2015c) EPD of hardwood timber. Forest & Wood Products Australia Limited. Registro: S-P-00561. Emissão: 13/08/2015. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018a) EPD of EGO-CLT cross laminated timber wood panel. EgoIn. Registro: S-P-01314. Emissão: 23/05/2018. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2017b) EPD of multilayer panels of poplar plywood. Panguaneta S.p.a. Registro: S-P-01117. Emissão: 28/08/2017. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013f) EPD of nordic lam. Nordic Structures. Emissão: 03/2013. Disponível em: <<https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013g) EPD of nordicx-lam. Nordic Structures. Emissão: 03/2013. Disponível em: <<https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013h) EPD of cross lamby structure lam. Structurlam Products LP. Emissão: 08/2013. Disponível em: <<https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2016a) EPD of eastern canadian hardwood lumber. Quebec Wood Export Bureau; Industries T.L.T. Emissão: 07/2016. Disponível em: <<https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2017c) EPD of cross laminated timber panels. Cross Timber Systems Ltd. Registro: NEPD-1269-410-EN. Emissão: 14/03/2017. Disponível em: <<http://epd-norge.no/solid-wood/category425.html?categoryID=425&offset873=0>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2016b) EPD of glu lam beams and pillars. Moelven Toreboda AB. Registro: NEPD-456-318-EN. Emissão: 13/06/2016. Disponível em: <<http://epd-norge.no/solid-wood/category425.html?categoryID=425&offset873=0>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2015d) EPD of structural timber of spruce and pine. Norwegian Wood Industry Federation. Registro: NEPD-318-179-EN. Emissão: 09/03/2015. Disponível em: <<http://epd-norge.no/solid-wood/category425.html?categoryID=425&offset873=0>>. Acesso em: agosto, 2018.

- EPD (2015e) EPD of sawn dried timber of spruce and pine. Norwegian Wood Industry Federation. Registro: NEPD-307-179-EN. Emissão: 09/03/2015. Disponível em: <<http://epd-norge.no/solid-wood/category425.html?categoryID=425&offset873=0>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018b) EPD of OSB2. Smartply Europe DAC. Registro: EPDIE-18-01. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018c) EPD of OSB2 T&G. Smartply Europe DAC. Registro: EPDIE-18-06. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018d) EPD of OSB3. SmartplyEurope DAC. Registro: EPDIE-18-02. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018e) EPD of OSB3 T&G. Smartply Europe DAC. Registro: EPDIE-18-03. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018f) EPD of site protect OSB3. SmartplyEurope DAC. Registro: EPDIE-18-07. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018g) EPD of site protect plus OSB3. SmartplyEurope DAC. Registro: EPDIE-18-11. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD Brasil. International EPD System. Declarações Ambientais Brasileiras. Disponível em: <<https://www.epdbrasil.com.br/encontre-epds>>. Acesso em: 10 jul. 2018.
- FP Innovations (2015). Product Category Rules (PCR) for preparing an Environmental Product Declaration (EPD) for North American Structural and Architectural Wood Products. Versão 2. Disponível em: <<https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- FP INNOVATIONS. About EPDs. 2013. Disponível em: <https://fpinnovations.ca/ResearchProgram/environment-sustainability/epd-program/Documents/about-epds.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2018.
- Gelowitz, M.D.C.; McArthur, J.J. (2017). Comparison of type III environmental product declarations for construction products: Material sourcing and harmonization evaluation. In: *Journal of Cleaner Production*, v. 157, p.125-133.
- Heywood, Huw (2017). 101 Regras Básicas para Edifícios e Cidades Sustentáveis. 1: Gustavo Gilli.
- Ingwersen, W.W.; Stevenson, M.J. (2012). Can we compare the environmental performance of this product to that one? An update on the development of product category rules and future challenges toward alignment. In: *Journal of Cleaner Production*, v. 24, p.102-108.
- ISO – International Organization for Standardization (2000). ISO 14020:2000. Environmental labels and declarations - General Principles. 2 ed.
- ISO – International Organization for Standardization (2006). ISO 14025:2006. Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations – Principles and procedures. 1 ed.
- Mendes, N.C.; Bueno, C.; Ometto, A. R (2016). Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida: Revisão dos principais métodos. In: *Production*, v. 26, p.160-175.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), bem como à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de um dos autores.