

EMPREGO DO SINAPI PARA QUANTIFICAÇÃO DE EMISSÕES DE CO₂: ESTUDO DE CASO PARA O CHAPISCO EM UMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR¹

CALDAS, Lucas (1); CALDEIRA, Débora (2); SPOSTO, Rosa (3); PAULSE, Pablo (4); CARVALHO, Michele (5)

(1) COPPE/UFRJ, e-mail: lrc.ambiental@gmail.com; (2) UnB, e-mail: dmcaldeira19@gmail.com; (3) UnB, e-mail: rmsposto@unb.br; (4) UFG, e-mail:pablo.paulse@gmail.com; (5) UnB, e-mail: micheleterez@gmail.com

RESUMO

A avaliação dos impactos ambientais da construção civil pode ser feita por meio da utilização de indicadores tais como, energia incorporada e emissões de dióxido de carbono (CO₂) aplicando a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (Sinapi) serve como balizador oficial de quantitativos e custos para obras executadas com recursos federais, permitindo estimar o consumo de diversos serviços que fazem parte do processo de produção de edificações. Sabendo disso, foi empregada a metodologia de avaliação do ciclo de vida de emissões de CO₂ (ACVCO₂) em conjunto com as composições do Sinapi. Foi utilizada a composição do chapisco aplicada a um projeto real de uma habitação. Foi possível prever a quantidade de emissões de CO₂ para diferentes tipos de chapisco. O chapisco rolado preparado no misturador foi a opção que apresentou menor quantidade de emissões de carbono, enquanto o chapisco convencional rodado na betoneira apresentou o maior valor. Ao final, é sugerido que nas composições do Sinapi esteja presente um coeficiente ambiental, que mostre as emissões ou consumo de recursos como, por exemplo, água e energia, por unidade produzida, subsidiando a escolha do projetista ou construtor de composições mais sustentáveis.

Palavras-chave: Sinapi. Chapisco. CO₂.

ABSTRACT

The environmental assessment of construction sector impacts can be made by indicators such as as embodied energy and carbon dioxide (CO₂) emissions applying Life Cycle Assessment (LCA) methodology. The "Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices" (Sinapi) can be used as an official tender of quantitative and costs for works executed with Federal resources, allowing to estimate the consumption of various services of process that make part of buildings production. Knowing that, the life cycle CO₂ emissions (LCCO₂) was applied together with Sinapi. For this, it was used the roughcast composition applied to a real project of a unifamiliar house. It was possible to provide the CO₂ emissions for different types of roughcast. The rolled roughcast with the mortar mixer presented the least CO₂ emissions, while the conventional roughcast with the concrete mixer presented the great value. In the end, it was suggested that the Sinapi compositions should come with environmental coefficients, which show, for example, resource, water, energy consumption and emissions,

¹ CALDAS, Lucas.; CALDEIRA, Débora.; SPOSTO, Rosa.; PAULSE, Pablo.; CARVALHO, Michele. Emprego do Sinapi para quantificação de emissões de CO₂: estudo de caso para o chapisco em uma habitação unifamiliar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

by unit produced, subsidizing the choice of more sustainable compositions made by the designers and constructors.

Keywords: Sinapi. Roughcast. CO₂.

1 INTRODUÇÃO

O Sinapi - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices foi criado em 1969 pelo Banco Nacional de Habitação – BNH - em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Em 1986, com a extinção do BNH, a Caixa Econômica Federal passou a ser responsável pelo Sinapi (TANNENBAUM; OLIVEIRA, 2014).

Ainda, segundo os mesmos autores, o Sinapi pode ser considerado uma ferramenta de fácil uso, tanto para construtores, como para fornecedores e desenvolvedores de processos construtivos. Pode ser utilizado para estudar a viabilidade e balizar decisões quanto ao processo a ser empregado, buscando a otimização de recursos na construção de edificações.

Outra vantagem é a possibilidade de previsão do consumo de materiais e componentes para dado processo construtivo, relacionado aos custos e o prazo das atividades realizadas. No entanto, pode ter outra utilidade, como por exemplo, auxiliar na mensuração de alguns indicadores ambientais e potenciais impactos ambientais.

Espera-se que a mensuração e utilização de indicadores ambientais, como: consumo de água, energia, geração de resíduos, emissões de dióxido de carbono (CO₂) e etc., torne cada vez mais frequente, visto que muitos países buscam formas para atingir um desenvolvimento mais sustentável.

A construção civil é apontada como um dos setores responsável por consideráveis impactos ambientais, principalmente relacionados à produção do cimento. Este é o material artificial de maior consumo no mundo (AGOPYAN; JOHN, 2011), utilizado principalmente na produção de concreto e revestimentos argamassados.

No Brasil, grande parte dos revestimentos utilizados são argamassados, compostos por chapisco, emboço, reboco ou camada única (ALVES, 2002). Os revestimentos argamassados contribuem de forma significativa para os impactos ambientais do setor da construção, devendo assim, merecer uma atenção especial nos estudos relacionados à sustentabilidade ambiental.

Neste contexto, o presente trabalho teve os seguintes objetivos específicos: (1) quantificação das emissões de CO₂ para quatro especificações de chapisco disponíveis no Sinapi (convencional rodado na betoneira, convencional rodado no misturador, rolado rodado na betoneira e rolado rodado no misturador); (2) comparação dos chapiscos analisados em um projeto de uma habitação unifamiliar; (3) proposição de indicadores ambientais nas composições do Sinapi.

2 CHAPISCO E AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE EMISSÕES (ACVCO₂)

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), o chapisco é a camada de preparo da base, aplicada de forma continua ou descontinua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

Os substratos onde o chapisco será aplicado difere quanto à porosidade e rugosidade, o que exige a homogeneização da base, permitindo a adequada aplicação da argamassa de revestimento. Eles podem ser classificados quanto a dois parâmetros: materiais componentes (cimento, agregado e água), denominados de convencionais, ou acrescidos de polímeros, denominados modificados; e forma de aplicação/técnica utilizada, com colher, rolado, desempenado ou projetado (TANNENBAUM; OLIVEIRA, 2014).

De acordo com Nakamura (2013) existem três tipos principais de chapisco: convencional industrializado e rolado. O primeiro consiste no lançamento vigoroso de uma argamassa fluida sobre a base com uma colher de pedreiro, resultando no final em uma textura rugosa, aderente e resistente.

O segundo é usualmente aplicado sobre estruturas de concreto, com argamassa industrializada e aplicado com desempenadeira denteada. O terceiro emprega argamassa fluida obtida a partir da mistura de cimento e areia, com adição de água e aditivo. Pode ser aplicado tanto na estrutura como na alvenaria utilizando o rolo para textura acrílica.

A escolha do tipo de chapisco a ser aplicado dependerá de diferentes critérios, como por exemplo, custo, produtividade, qualidade, disponibilidade, logística e outras características do projeto. Os critérios citados são os mais difundidos no setor da construção civil, no entanto, com a cobrança cada vez mais intensa de medidas a serem tomadas relacionadas aos impactos ambientais, espera-se que critérios relacionados a estes impactos se tornem cada vez mais importantes ou até obrigatórios, como já é verificado em casos que se busque certificações ambientais de edificações como o LEED e AQUA.

Entre os impactos ambientais existentes, o aquecimento global é considerado em muitos países o principal desafio ambiental (AGOPYAN; JOHN, 2011). Desta forma, a quantificação de emissões de CO₂ de materiais, componentes, sistemas e edificações, é fundamental, visto que este gás é considerado o principal causador deste impacto ambiental (GOLDEMBERG, 2010).

Uma forma de quantificar as emissões de CO₂ é a Avaliação do Ciclo de Vida de Emissões de CO₂ (ACVCO₂). Segundo Chau *et al.* (2015), a ACVCO₂ pode ser definida como uma metodologia de quantificação e avaliação das emissões de CO₂ geradas em todas as etapas envolvidas ao longo do ciclo de vida de um material, componente, sistema, edificação ou processo.

A aplicação da ACVCO₂ é uma forma de avaliação ambiental que já vem sendo empregada em diversos estudos no setor da construção civil,

nacionais como o de Costa (2012), que avaliaram as emissões de CO₂ para materiais de construção. Pereira (2014) avaliou as emissões para o sistema de cobertura, enquanto Taborianski e Prado (2012) e Caldas *et al.* (2015) tiveram como objeto de estudo as edificações.

Em relação aos estudos internacionais, Park *et al.* (2014) avaliou as emissões de CO₂ para estruturas de concreto armado; e Atmaca e Atmaca (2015), e Wen *et al.* (2015) aplicaram a ACVCO₂ para edificações.

3 METODOLOGIA

3.1 Seleção dos chapiscos e argamassas

Na página virtual da Caixa Econômica Federal (CAIXA, 2015), nos itens sequenciais: "Poder Público", "Apoio ao Poder Público" e "Sinapi" são disponibilizados cadernos técnicos de composições de diversos serviços, como o de chapisco, massa única, emboço, revestimento de gesso e etc., como também a composição de materiais utilizados nos serviços como, por exemplo, a argamassa.

No presente trabalho, foram utilizados os cadernos técnicos de composição do Chapisco (CAIXA, 2015b) e Argamassa (CAIXA, 2015a). Foram selecionados chapiscos a serem aplicados na estrutura das paredes internas, sendo que foram comparados quatro serviços:

- Chapisco convencional (aplicado com colher de pedreiro) rodado na betoneira (código: 87879);
- Chapisco convencional (aplicado com colher de pedreiro) rodado no misturador (código: 87880);
- Chapisco rolado (aplicado com rolo) rodado na betoneira (código: 87874);
- Chapisco rolado (aplicado com rolo) rodado no misturador (código: 87875).

De posse da especificação dos chapiscos, foram pesquisadas as argamassas indicadas na composição no caderno técnico de argamassas. Para o chapisco convencional foi utilizada a argamassa de traço 1:3 e para o rolado, as argamassas de traço 1:4.

3.2 Seleção dos chapiscos e argamassas

Para a quantificação das emissões de CO₂, foi utilizada a avaliação do ciclo de vida de emissões de CO₂ (ACVCO₂) de forma adaptada às composições do Sinapi.

No escopo do presente estudo foram contabilizadas as emissões de CO₂ das etapas de extração e processamento dos materiais, também chamado de CO₂ incorporado (ECO_{2I}) e as emissões dos equipamentos de mistura

empregados para aplicação do chapisco, a betoneira e o misturador (ECO₂E).

Os valores encontrados foram somados para a obtenção das emissões totais (ECO₂TOT). Foi adotada a unidade funcional como 1 m² de parede. A etapa de transporte não foi considerada.

Para a quantificação da ECO₂I foram utilizados dados obtidos da literatura nacional (Quadro 1).

Quadro 1 – Dados de emissões de CO₂ dos materiais

Fontes	Cimento (KgCO ₂ /kg)	Areia (KgCO ₂ /kg)	Adesivo resina estireno-butadieno – SBR (KgCO ₂ /kg)	Energia Elétrica – Brasil (KgCO ₂ /MJ)
Costa (2012)	0,631	0,07	-	-
Taborianski e Prado (2012)	0,67	-	-	-
Silva (2013)	0,58	-	0,74	-
Souza (2013)	-	-	-	-
CBCS (2014)	0,63		-	-
Silva e Silva (2015)	0,37	0,01	-	-
BEN (2015)	-	-	-	0,036
Média	0,58	0,04	0,74	0,036

Fonte: Os autores

Para o adesivo polimérico utilizado no chapisco foi adotado emissões provenientes da borracha, visto que segundo dados de um fabricante reconhecido, ele é composto por fibras de SBR (Borracha de Butadieno Estireno) e não foi encontrado na literatura dados específicos para o SBR.

A partir das composições do chapisco e argamassa, apresentados no Quadro 2, os materiais utilizados foram quantificados e convertidos em massa (kg) por m².

O cálculo do consumo de eletricidade foi realizado a partir das potências dos equipamentos multiplicadas pelas horas de funcionamento (coeficiente operário, retirados do Sinapi). De posse do consumo de eletricidade foram encontradas as emissões de CO₂ com base no valor médio de emissões de carbono geradas na produção de eletricidade no Brasil, de 0,036 kgCO₂/MJ, obtido do BEN (2015).

Quadro 2 – Dados de emissões de CO₂ dos materiais

Tipos de chapisco e local de aplicação		Composição Serviço do Sinapi						
Serviço	Local de Aplicação	Código Serviço	Coef. Material (kg ou m ³ /un)	Código Material	Coef. Operário 1(h/un)	Coef. Material 1 (kg ou m ³ /un)	Coef. Material 2 (kg ou m ³ /un)	Coef. Material 3 (kg ou m ³ /un)
Chapisco convencional rodado na betoneira	Estrutura e paredes internas	87879	Argamassa (m ³ /m ²)	87313	Operador (h/m ³)	Areia Grossa (m ³ /m ³)	Cimento (kg ou kg/m ³)	-
			0,0042		4,28	1,06	405,75	0
Chapisco convencional rodado no misturador	Estrutura e paredes internas	87880	Argamassa (m ³ /m ²)	87353	Operador (h/m ³)	Areia Grossa (m ³ /m ³)	Cimento (kg ou kg/m ³)	-
			0,0042		4,75	1,03	395,19	0
Chapisco rolado rodado na betoneira	Estrutura e paredes internas	87874	Argamassa (m ³ /m ²)	87325	Operador (h/m ³)	Areia Grossa (m ³ /m ³)	Cimento (kg ou kg/m ³)	Adesivo (kg/m ³)
			0,00149		4,77	0,87	250,93	186,8
Chapisco rolado rodado no misturador	Estrutura e paredes internas	87875	Argamassa (m ³ /m ²)	87363	Operador (h/m ³)	Areia Grossa (m ³ /m ³)	Cimento (kg ou kg/m ³)	Adesivo (kg/m ³)
			0,00149		6,06	0,86	246,11	183,21

Fonte: Os autores a partir da Caixa (2015a) e Caixa (2015b)

3.3 Aplicação das composições no projeto de habitação

Foi escolhido um projeto real de uma habitação unifamiliar de interesse social (HIS) a fim de comparar a diferença em termos de emissões dos quatro tipos de chapisco analisados. Foi adotado um projeto de uma HIS típica dos modelos financiados pela Caixa Econômica Federal. A perspectiva da HIS é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Perspectiva da HIS avaliada



Fonte: Pedroso (2015)

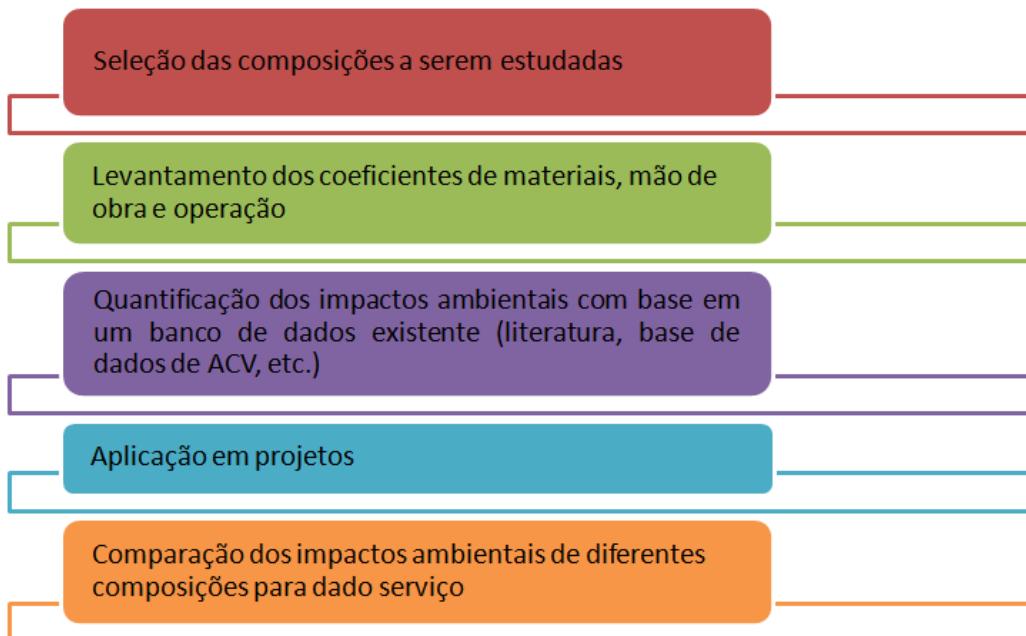
A HIS estudada apresenta uma área de 45,64 m². Possui dois dormitórios, uma sala, uma cozinha, um banheiro e uma área de serviço na parte exterior. Foi considerada que as vedações verticais e estrutura são revestidas de

argamassa externa e internamente, totalizando uma área a ser chapiscada de 232,12 m².

De posse da área total da edificação a ser chapiscada ela foi multiplicada pelas emissões de CO₂ quantificadas por m² de área, resultando nas emissões de CO₂ totais para edificação.

Por fim, na Figura 2, é apresentada a sequência metodológica para o emprego do Sinapi para a quantificação dos impactos ambientais de composições.

Figura 2 – Fluxo da metodologia



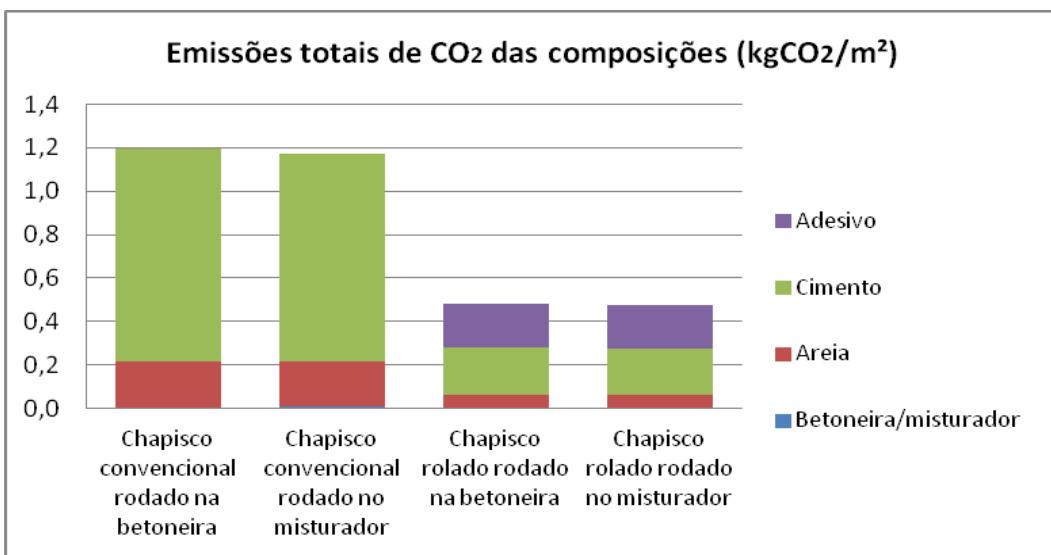
Fonte: Os autores

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados obtidos na pesquisa. Na Figura 3 são apresentadas as emissões de CO₂ encontradas para as composições avaliadas.

A partir dos resultados obtidos verifica-se que as emissões de carbono referentes aos equipamentos são desprezíveis (não podendo ser visualizadas na Figura 2) quando comparadas com as emissões dos materiais. Embora a maior participação em massa do chapisco seja da areia, as emissões são menores quando comparadas ao cimento e ao adesivo polimérico (para o chapisco rolado).

Isto é consequência do menor fator de emissões da areia, cerca de quinze vezes menor que o cimento e 20 vezes o adesivo. A areia por ser um produto natural ou de fácil tratamento consome pouca energia e emissões quando comparado a produtos industriais como o cimento e o adesivo.

Figura 3 – Emissões de CO₂ das composições avaliadas

Fonte: Os autores

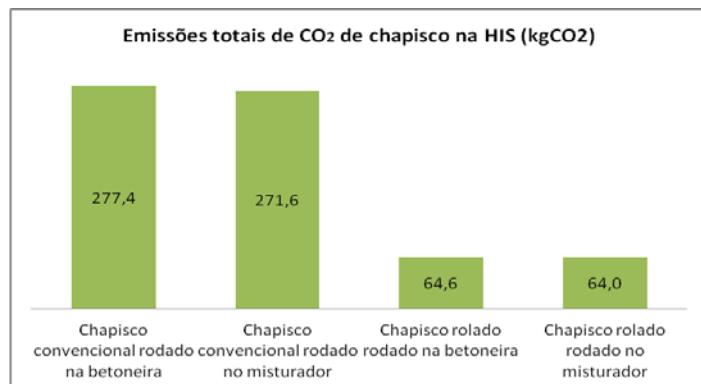
Comparando os quatro tipos de chapisco o que apresentou maior quantidade de emissões foi o convencional rodado na betoneira, seguido pelo convencional rodado no misturador, seguido pelo rolado na betoneira e por último o rolado no misturador. A diferença aproximada entre os chapiscos convencionais e rolados foi de aproximadamente 80%, portanto, bastante considerável.

O processo de betoneira emite mais CO₂ que o processo no misturador, no entanto, ambos apresentam uma participação desprezível quando comparada com as emissões dos processos produtivos dos materiais empregados. Um fator que influencia nestas baixas emissões é o fato da matriz elétrica brasileira ser relativamente limpa, devido a grande participação da fonte hidráulica.

Quando se compara as emissões totais do chapisco convencional e do rolado, nota-se uma diferença bastante considerável, em torno de quatro vezes. Este resultado foi consequência do menor consumo de materiais do chapisco rolado e o fato da argamassa ter um traço mais pobre (1:4), enquanto o chapisco convencional possui um traço de 1:3, o que aumenta a participação do cimento na composição da mistura.

Desta forma deve-se ressaltar a importância da especificação de traços com menor teor de cimento, visto que este é o material que possui maior quantidade de emissões de CO₂ na composição do chapisco. Lembrando que devem ser avaliados aspectos técnicos, de qualidade e produtividade, tanto no estado fresco e endurecido do chapisco.

A partir das emissões por m² foram quantificadas as emissões para a edificação estudada, conforme é apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Emissões totais de CO₂ da edificação

Fonte: Os autores

De posse dos valores obtidos, nota-se que é possível reduzir aproximadamente 200 kg de CO₂ por HIS construída, trocando somente o tipo de chapisco. Como projetos voltados para HIS apresentam uma considerável quantidade de unidades construídas em série, a redução de emissões poderá ser maior. Se forem avaliadas edificações multifamiliares, como a apresentada por Tannenbaum e Oliveira (2014), esta redução nas emissões de CO₂ também poderá ser maior.

Deve-se ressaltar que não foi encontrado na literatura, tanto nacional como internacional, estudos que aplicaram a ACV ou ACVCO₂ em sistemas de composições de serviços, como o Sinapi, mostrando a originalidade deste estudo e a importância para o setor da construção civil brasileira.

A partir da quantificação das emissões de CO₂, estas podem ser incorporadas nas composições como um tipo de coeficiente ambiental. Podem ser pensados em outros coeficientes como consumo de água e energia, conforme é apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Exemplo de coeficientes ambientais a serem adicionados nas composições do Sinapi

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.REVE.CHAP.005/02	CHAPISCO APLICADO TANTO EM PILARES E VIGAS DE CONCRETO COMO EM ALVENARIA DE PAREDES INTERNAS, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014	M ²
Código SIPCI		
87879		
Vigência: 06/2014		Última atualização: 06/2014

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unidade	Coeficiente
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,07000
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,00700
C	87313	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA GROSSA) PARA CHAPISCO CONVENCIONAL, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF 06/2014	M3	0,00420
X	XXXXX	CONSUMO DE ENERGIA	MJ	X
X	XXXXX	CONSUMO DE ÁGUA	M3	X
X	XXXXX	EMISSÕES DE CO ₂	kgCO ₂	X

Fonte: Os autores a partir de Caixa (2015b)

Os coeficientes ambientais se assemelham aos *Environmental Product Declarations* (EPDs), também chamados de Declarações Ambientais de Produtos (DAPs), em que são apresentados os potenciais impactos ambientais de um determinado produto.

A diferença entre os EPDs e a inserção no Sinapi, é fornecer informações em conjunto tanto dos potenciais impactos ambientais como também questões relacionadas à estimativa de consumo e produtividade no mesmo local, facilitando e colaborando para o desenvolvimento sustentável do setor, de forma integrada e comunicante. Portanto, seria interessante que todas as composições tivessem coeficientes ambientais.

Deve-se ressaltar que as informações contidas nos EPDs ou DAPs normalmente são referentes a materiais ou componentes isolados, como por exemplo, cimento, aço, piso cerâmico e etc., enquanto o que se propõe no presente estudo é a produção de indicadores ambientais para o sistema como um todo.

Apresentaram-se exemplos de três coeficientes, no entanto, outros podem ser adicionados. Estes coeficientes devem ser pensados de acordo com as categorias de impactos ambientais já existentes em algumas normas como a ISO 14025: 2006 que serve de base para os EPDs no mundo e que dialogue com o Programa Brasileiro do Ciclo de Vida (PBACV) e as diretrizes propostas pelo Conselho de Construção Sustentável (CBCS), chamada de ACV Modular.

O fato é que os coeficientes apresentados devem estar de acordo com outras metodologias de avaliação de impactos ambientais já utilizadas no país.

Outra vantagem destes coeficientes inseridos no Sinapi é o diálogo com as certificações ambientais para edificações como LEED, AQUA e etc., que possuem em seu escopo itens relacionados a potenciais impactos ambientais, levantados por meio da ACV, como apresentado por Cardoso e Pablos (2014).

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram quantificadas emissões de CO₂ de quatro composições de chapisco disponibilizadas no Sinapi: chapisco convencional rodado na betoneira (1) e no misturador (2); chapisco rolado rodado na (3) betoneira (3) e no misturador (4).

O chapisco convencional rodado na betoneira foi o que apresentou maior quantidade de emissões de carbono, enquanto o chapisco rolado no misturador foi o que apresentou menor valor.

Observa-se a importância da especificação de sistemas com menor consumo de materiais e componentes, e relacionado aos materiais cimentícios, traços mais pobres em cimento, visto que esse é um material com importante quantidade de emissões de CO₂.

O processo de mistura na betoneira apresentou maior quantidade de emissões que o processo no misturador. No entanto, a participação do processo de mistura, para ambos os processos, se mostrou desprezível, quando comparado com as emissões na fabricação dos materiais.

Os valores de emissões de CO₂ encontrados poderão compor os cadernos técnicos do Sinapi na forma de coeficientes dos serviços. Foi sugerido que sejam avaliados e implantados outros indicadores ambientais, como consumo de energia e água, que também poderão ser incorporados nas composições como coeficientes ambientais de serviços.

Recomenda-se, para trabalhos futuros, a avaliação de outras composições do Sinapi, podendo incluir nas análises o impacto do custo e da produtividade dos sistemas escolhidos.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil.** Série Sustentabilidade. Vol. 5. São Paulo: Editora Blucher. 2011.
- ALVES, N. J. D. **Avaliação de Aditivos Incorporadores de Ar em Argamassas de Revestimento.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil. UnB. Brasília. 2002.
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-13529:** Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 2013.
- ATMACA,A.; ATMACA, N. Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO₂A) assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey. **Energy and Buildings.** v. 102. p. 417 – 431. 2015.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN) 2015: **Relatório Síntese ano base 2014.** Brasília-DF, 2015.
- CHAU, C. K.; LEUNG, T. M.; NG, W. Y. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. **Applied Energy.** v. 143. p. 395 – 413. 2015.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). **Projeto Avaliação de Ciclo de Vida Modular de Blocos e Pisos de Concreto.** 2014. Disponível em: <<http://www.acv.net.br/website/acvs/show.asp?ppgCode=DE0D28E8-7BDE-4495-9405-8604588186C5>> . Acesso em: 19 jun. 2015.
- CAIXA.Sistema Nacional de Pesquisa e Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi). **Cadernos Técnicos de Composições para Argamassas e Grautes.** Lote 1. Versão 001. 2015a.

_____. Sistema Nacional de Pesquisa e Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi). **Cadernos Técnicos de Composições para Revestimentos**. Lote 1. Versão 001. 2015b.

_____. **Site Instucional**. Disponível: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/Paginas/default.aspx>> Acesso em 01/06/2015.

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M.; PAULSEN, J. S.; SANTOS FILHO, V. M. Emissões de CO₂ no Ciclo de Vida de Habitações de Interesse Social: Estudo de Caso Para o DF, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO - INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 9., 2015, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2015.

CARDOSO, P.; PABLOS, J. M. Certificações Habitacionais e Avaliação do Ciclo de Vida. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais ...** Maceió: UFAL, 2014.

COSTA, B. L. C. **Quantificação das emissões de CO₂ geradas na produção de materiais utilizados na construção civil no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Engenharia Civil, UFRJ. Rio de Janeiro. 2012.

GOLDEMBERG, J. **Energia e Desenvolvimento Sustentável**. Série Sustentabilidade, Vol. 4. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

NAKAMURA, J. Revestimento argamassado. **Equipe de Obra**. Obras. Raio X. Edição 62. 2013. Disponível: <<http://equipededeobra.pini.com.br/construcao-reforma/62/revestimento-argamassado-conheca-as-camadas-que-compoem-um-revestimento-292697-1.aspx>> Acesso em 19/01/2016.

PARK, H. S.; LEE, H.; KIM, Y.; HONG, T.; CHOI, S. W. Evaluation of the influence of design factors on the CO₂ emissions and costs of reinforced concrete columns. **Energy and Buildings**. v. 82. p. 378 – 384. 2014.

PEDROSO, G. M. P. **Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE) de Sistemas de Vedações de Habitações**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil. UnB. Brasília. 2015.

PEREIRA, M. F. **Conteúdo energético e emissões de CO₂ em coberturas verdes, de telha cerâmica e de fibrocimento: estudo de caso**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFSM. Santa Maria. 2014.

SILVA, B. V. **Construção de Ferramenta Para a Avaliação do Ciclo de Vida de Edificações**. 2013. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Energia. USP. São Paulo. 2013.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G. Seleção de materiais e edifícios de alto desempenho ambiental. In: GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. Cap. 5. p. 129-151.

TABORIANSKI, V.; PRADO, R. Methodology of CO₂ emission evaluation in the life cycle of office building façades. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 33. p.41-47. 2012.

TANNENBAUM, P. R. K.; OLIVEIRA, T. T. O uso do SINAPI para escolha tecnológica em habitações populares. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014. **Anais**Maceió: UFAL, 2014.