4° Workshop de tecnologia de sistemas e processos construtivos
TECSIC 2023

Porto Alegre, RS, Brasil, 23 e 24 de agosto de 2023

Emissões de CO_2 incorporadas em sistemas construtivos: um estudo de caso para uma parede de alvenaria

Embodied CO_2 emissions in construction systems: a case study for a masonry wall

Fernanda Belizario Silva
Instituto de Pesquisas Tecnológicas | São Paulo | Brasil | fbsilva@ipt.br
Luciana Alves de Oliveira
Instituto de Pesquisas Tecnológicas | São Paulo | Brasil | luciana@ipt.br

Resumo

Este artigo apresenta o cálculo das emissões de CO_2 incorporadas em uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos revestida com argamassa. O indicador considera as emissões de CO_2 que ocorrem desde a extração de recursos naturais até a execução da parede em obra. Os fatores de emissão de CO_2 dos produtos de construção foram extraídos do Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção (Sidac). As emissões de CO2 incorporadas variam entre 38,8 e 49,3 kg CO_2/m^2 de parede, sendo que a maior contribuição vem da argamassa de revestimento. Conhecer os indicadores de desempenho ambiental de sistemas construtivos é essencial para avaliar o desempenho ambiental de edifícios que e identificar prioridades para aprimorar produtos e processos, visando promover a sustentabilidade ambiental da construção.

Palavras-chave: Sistema Construtivo, Alvenaria de blocos cerâmicos, Emissão de CO_2, Carbono Incorporado, Sidac.

Abstract

This paper presents the calculation of the embodied CO_2 emissions for a mortar-clad ceramic block masonry wall. The indicator considers the CO_2 emissions that occur from the extraction of natural resources to the execution of the wall on-site. The CO_2 emission factors for construction products were extracted from the Information System for Environmental Performance in Construction (Sidac). The embodied CO2 emissions vary between 38,8 and 49,3 kg CO_2/m^2 of wall, and the highest contribution comes from the mortar cladding. Knowing the environmental performance indicators of construction systems allows us to evaluate the environmental performance of buildings that use them and to identify priorities to improve products and processes, aiming to promote environmental sustainability in construction.

Keywords: Construction System, Clay Block Masonry Wall, CO_2 emission, Embodied Carbon, Sidac.

Como citar:
SILVA, F. B. & OLIVEIRA, L. A. de Desempenho ambiental de sistemas construtivos: um estudo de caso para uma parede de alvenaria. TECSIC 2023. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE SISTEMAS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS, 23 e 24 AGO 2023, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 96-101.

INTRODUÇÃO

A produção dos materiais e a construção de edifícios contribuem globalmente com 15% das emissões de CO_2 [1], que é o principal gás de efeito estufa [2]. Para limitar o aquecimento global e mitigar as mudanças climáticas, é fundamental reduzir as emissões de CO_2 incorporadas nos edifícios e em seus sistemas construtivos [3]. As emissões de CO_2 incorporadas, ou carbono incorporado (*embodied carbon*)[1], são todas as emissões associadas aos materiais de construção utilizados em um sistema construtivo ou edifício, incluindo a extração de recursos naturais, seu transporte, processamento, reposição ao longo da vida útil e destinação final [4].

Apesar da importância de conhecer as emissões de CO_2 incorporadas em sistemas construtivos para tomar decisões rumo a uma construção de baixo carbono, no Brasil este tipo de avaliação ainda não é comum. Além disso, os poucos estudos existentes baseiam-se parcial [5] ou totalmente [6,7] em dados estrangeiros, disponíveis em bases de dados de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) tais como Ecoinvent e GaBi. Entretanto, estes dados não são representativos dos impactos ambientais dos produtos brasileiros e, por isso, podem levar a decisões equivocadas [8].

Com o lançamento do Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção (Sidac), que disponibiliza o indicador de CO_2 incorporado em produtos de construção (do berço ao portão da fábrica) com base em dados brasileiros verificados [9], torna-se possível o cálculo da emissão de CO_2 incorporada em sistemas construtivos. O presente artigo tem como objetivo exemplificar o cálculo da emissão de CO_2 incorporada em uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos com revestimento de argamassa. Com isso, busca-se contribuir para demonstrar a viabilidade do uso de indicadores de desempenho ambiental de sistemas construtivos para apoiar decisões e promover a sustentabilidade da construção brasileira.

MÉTODO

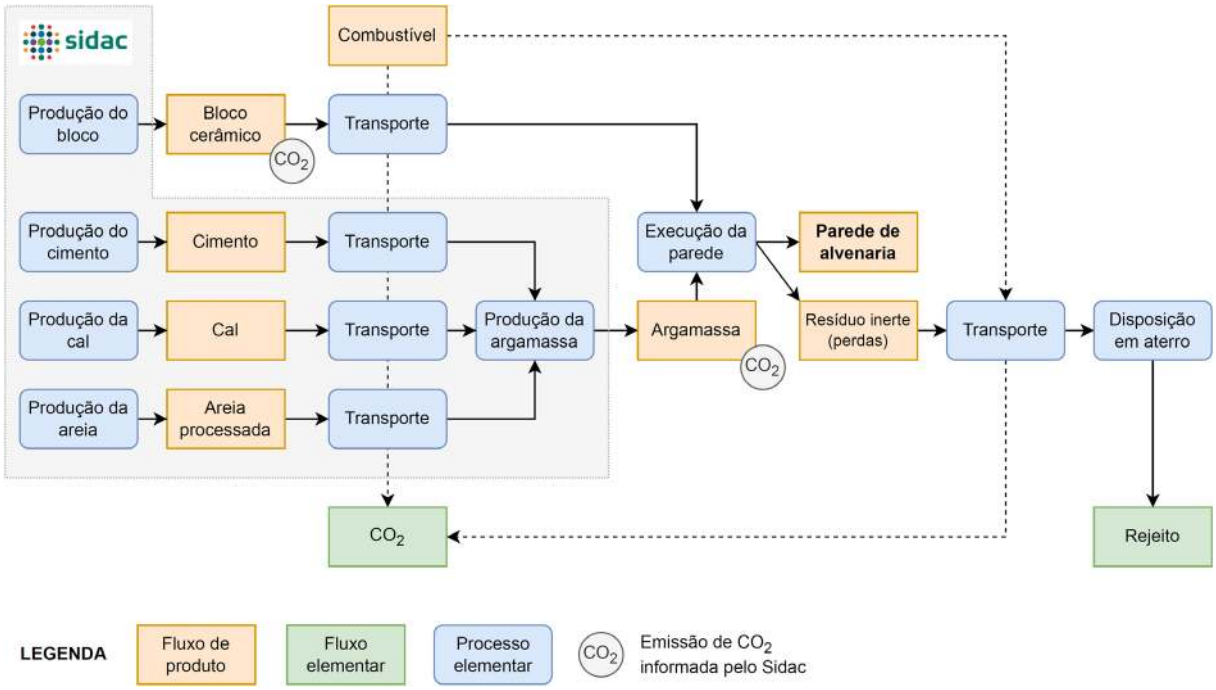
O cálculo da emissão de CO_2 incorporada na parede analisada se baseia na Avaliação de Desempenho Ambiental da Construção (ADAC), que é uma abordagem simplificada da ACV [10]. A ACV quantifica dos fluxos de massa e energia nos processos que integram o ciclo de vida de um produto (o que é denominado “inventário do ciclo de vida”) e converte estes fluxos em indicadores de potencial de impacto ambiental, expressos em relação à unidade funcional do produto [11]. A ADAC preserva os principais conceitos da ACV e calcula indicadores de inventário prioritários para a construção (incluindo a emissão de CO_2), ao passo que na ACV, calculam-se indicadores de potencial de impacto ambiental (por exemplo, o potencial de aquecimento global, expresso em kg CO_2 equivalente e que considera outros gases de efeito estufa além do CO_2). A simplificação proposta pela ADAC visa viabilizar o cálculo de indicadores de

[1] A rigor, o carbono incorporado inclui as emissões de todos os gases de efeito estufa, não apenas o CO_2. Entretanto, o CO_2 representa pelo menos 90% do potencial de aquecimento global dos principais materiais de construção [15] e, portanto, ele será o foco deste estudo.

desempenho ambiental com base em dados primários de inventário, uma vez que a ACV é altamente dependente de dados secundários, os quais frequentemente não são representativos da realidade que se pretende analisar [8]. Detalhes sobre as diferenças entre a ADAC e a ACV podem ser consultados em [10].

Foram consideradas as primeiras etapas do ciclo de vida do sistema construtivo; ou seja, desde a extração dos recursos naturais até a execução do sistema construtivo em obra (etapas A1 a A5 conforme nomenclatura da EN 15978 [12]). Adotou-se como estudo de caso a construção de 1m² de uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos de dimensões nominais (14 x 19 x 39) cm, com revestimento de argamassa de 25 mm em cada lado, conforme FAD nº 31 [13]. As quantidades (com perdas) dos materiais foram obtidas dos Cadernos Técnicos de Composições do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) [14] . Como a maior espessura de revestimento disponível no SINAPI é 20 mm, extrapolou-se o índice de consumo desta espessura para um revestimento de 25 mm, proporcionalmente. A Figura 1 representa esquematicamente o sistema de produto analisado.

Figura 1 – Representação esquemática do sistema de produto para produção de uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos com revestimento em argamassa.



Fonte: as autoras.

Os dados de emissão de CO_2 da produção dos materiais (bloco, argamassa e suas respectivas matérias-primas) e das operações de transporte foram obtidos do Sidac. As distâncias de transporte para fornecimento do bloco cerâmico e destinação do entulho para aterro consideram que a obra está localizada na cidade de São Paulo e que o caminhão (carreta de 4 eixos) volta vazio. Não se considerou o transporte para a argamassa, pois ela é dosada em obra e o dado do Sidac já considera o transporte das matérias-primas (cimento, areia, cal) com base em distâncias médias. O consumo de energia elétrica da betoneira utilizadas no preparo da argamassa foi estimado com base em composição do SINAPI.

Calculou-se a emissão de CO_2 por m² de alvenaria utilizando-se a calculadora de produtos disponível no Sidac. O resultado considera a variação da pegada de CO_2 dos produtos e, portanto, é apresentado como uma faixa de valores (intervalo de 95% de confiança em torno da média). Calculou-se também a contribuição média de cada processo para a emissão total de CO_2 da parede.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta o inventário do processo de produção de 1 m² da parede de alvenaria analisada.

Tabela 1 – Inventário do processo de produção de 1 m² de parede de alvenaria de blocos cerâmicos com revestimento de argamassa.

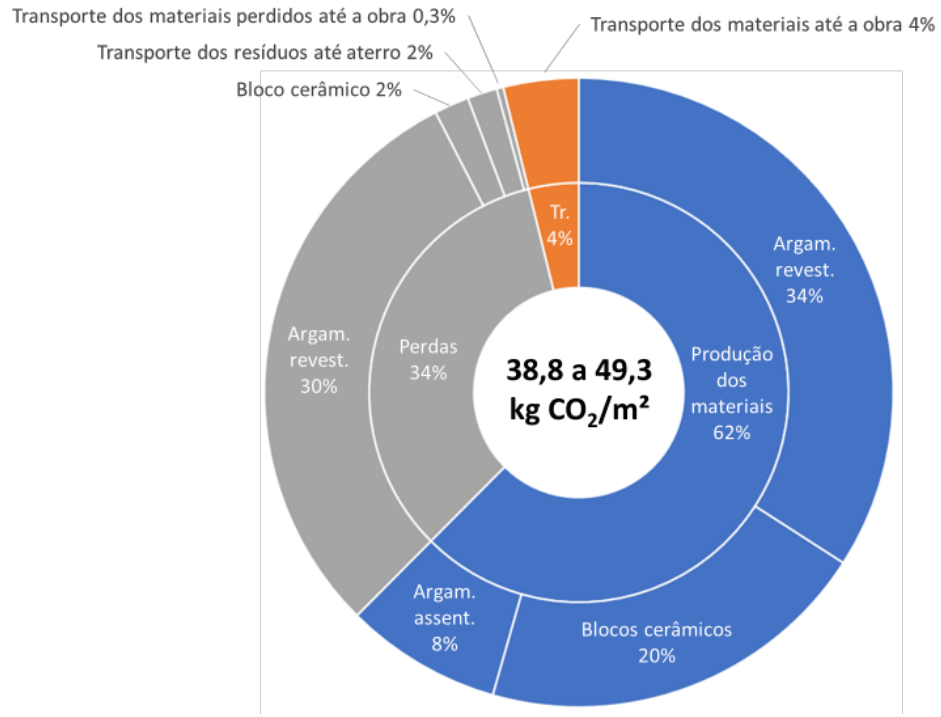
	Unidade	Qtde. (s/ perdas)	Qtde. (c/ perdas)	Distância (km)
Entradas				
Bloco cerâmico (14 x 19 x 39) cm	blocos/m²	12,5	13,6	300
Argamassa de assentamento 1:2:8	m³/m²	0,0118	0,0118[a]	-
Argamassa de revestimento 1:2:8	m³/m²	0,050	0,094[b]	-
Energia elétrica (betoneira)	kWh/m²	-	0,101[c]	-
Saídas				
Parede de alvenaria revestida	m²	-	1	-
Resíduo para aterro de inertes	kg/m²	-	102,3[d]	100

Notas:
[a] Composição do SINAPI considera apenas perda incorporada, sem entulho.
[b] Composição do SINAPI considera perda incorporada, entulho e execução de requadros de vãos.
[c] Considera o custo horário produtivo para produção de 1m³ de argamassa e consumo de energia elétrica por hora produtiva conforme composições do SINAPI. Volume de argamassa inclui as perdas.
[d] Considera a perda de blocos e argamassa, convertida em massa, considerando 6,9 kg/unid. de bloco cerâmico e 2153 kg/m³ de argamassa [9].

Fonte: as autoras.

A emissão de CO_2 para produção de 1m² de parede de alvenaria de blocos cerâmicos revestida com argamassa varia entre **38,8 a 49,3 kg CO_2/m².** A Figura 3 apresenta a contribuição média de cada processo para as emissões totais de CO_2 incorporadas na parede de alvenaria. Os principais contribuintes são a produção dos materiais utilizados na parede (62% das emissões), seguida das perdas de material (produção dos materiais perdidos e destinação dos resíduos, que correspondem a 34% das emissões), sendo que, em ambos os casos, a argamassa de revestimento é responsável pela maior parte das emissões. É importante observar que a composição do SINAPI não considera perdas (entulho) para a argamassa de assentamento, o que poderia aumentar a contribuição deste material para as emissões de CO_2.

Figura 2 – Contribuição média de cada processo para as emissões de CO_2 da parede de alvenaria de blocos cerâmicos com revestimento de argamassa.



Fonte: as autoras.

DISCUSSÃO

O cálculo da emissão de CO_2 incorporada em um sistema construtivo permite conhecer seu desempenho ambiental e utilizar estas informações em outras análises. Por exemplo, de posse da emissão de CO_2 e da área de parede em uma edificação, é possível estimar a emissão de CO_2 incorporada a um edifício pelas paredes.

Além disso, os resultados permitem definir prioridades para otimizar o desempenho ambiental. No caso analisado, caso a perda da argamassa de revestimento fosse reduzida pela metade (de 88% para 44%), a emissão de CO_2 da parede reduziria para entre 32,3 e 42,0 kg CO_2/m^2, o que corresponde em média a uma redução de 16%. Por outro lado, reduzir as distâncias de transporte dos materiais teria um efeito limitado, uma vez que o transporte contribui apenas com 4% das emissões totais de CO_2.

CONCLUSÕES

Este artigo apresentou o cálculo da emissão de CO_2 incorporada em um sistema construtivo, utilizando uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos revestida como argamassa como estudo de caso. Demonstra-se a viabilidade de cálculo deste tipo de indicador, considerando as informações atualmente disponíveis no Sidac, e como esta informação pode ser utilizada para embasar decisões de melhoria de produto e/ou de processo para promover a sustentabilidade ambiental da construção.

REFERÊNCIAS

[1] UNEP. **2022 Global Status Report for Buildings and Construction.** Nairobi: UNEP, 2022.

[2] IPCC. **Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change**. Nova Iorque: Cambridge University Press, 2022.

[3] RÖCK, M.; SAADE, M.R.M.; BALOUKTSI, M.; RASMUSSEN, F.N.; BIRGISDOTTIR, H.; FRISCHKNECHT, R.; HABERT, G.; LÜTZKENDORF, T.; PASSER, A. Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. **Applied Energy**, v. 258, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107.

[4] RICS. **Whole life carbon assessment for the built environment.** Londres: RICS, 2017.

[5] SOUZA, D.M.; LAFONTAINE, M.; CHARRON-DOUCET, F.; CHAPPERT, B.; KICAK, K.; DUARTE, F.; LIMA, L. Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 70–82, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.069.

[6] CONDEIXA, K.; HADDAD, A.; BOER, D. Life Cycle Impact Assessment of masonry system as inner walls: A case study in Brazil. **Construction and. Building. Materials**. v; 70, p. 141–147, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.113.

[7] EVANGELISTA, P.P.A.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E.A.; GONÇALVES, J.P. Environmental performance analysis of residential buildings in Brazil using life cycle assessment (LCA). **Construction and Building Materials**, v. 169, p. 748–761, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.045.

[8] SILVA, F.B.; ARDUIN, R.H.; DIESTELKAMP, E.D.; TEIXEIRA, C.E.; OLIVEIRA, L.A. The importance of primary data for Life Cycle Assessment of construction products in Brazil. In: VII INTERNATIONAL CONFERENCE OF LIFE CYCLE ASSESSMENT IN LATIN AMERICA, 2017, Medelin. Proceedings […]. Medelin: EAFIT, 2017.

[9] MME, CBCS. **Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção - versão 1.0.0**. Disponível em: https://sidac.org.br/. Acesso em: 16 junho 2023.

[10] BELIZARIO-SILVA, F. **Proposal of life cycle-based environmental performance indicators for decision-making in construction**. 2022, 169 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.

[12] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 15978:** Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method. Berlim, 2012.

[13] IPT, **FAD nº 031** - Parede de vedação em alvenaria de blocos cerâmicos de 14x19x39cm, com revestimento de argamassa em ambas as faces (vedação vertical interna - geminação). Brasília: SiNAT, 2020.

[14] CAIXA. **SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.** Disponível em: https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx. Acesso em: 16 junho 2023.

[15] SILVA, F.B.; REIS, D.C.; MACK-VERGARA, Y.L.; PESSOTO, L.; FENG, H.; PACCA, S.A.; LASVAUX, S.; HABERT, G.; JOHN, V.M. Primary data priorities for the life cycle inventory of construction products: focus on foreground processes. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, p. 980–997, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-020-01762-4.