

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA E DA ECOEFICIÊNCIA DE ARGAMASSAS AUTONIVELANTES COM RESÍDUOS DE FOSFOGESSO E CERÂMICA BRANCA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO PORTLAND

Life cycle and eco-efficiency analysis of self-leveling mortars with phosphogement residues and white ceramics in partial replacement of Portland cement

Ana Paula Wagner

UDESC/DEC | Joinville, SC | ana.wagner@outlook.com.br

Carmeane Effting

UDESC/PPGEC | Joinville, SC | carmeane.effting@udesc.br

Resumo

A crescente busca por processos mais sustentáveis é um desafio para a construção civil. As argamassas autonivelantes, são frutos de uma modernização em alta e importante para a construção civil. Porém, a quantidade elevada de cimento em sua composição é preocupante. Este trabalho tem como objetivo avaliar o ciclo de vida de argamassas autonivelantes convencionais, argamassas autonivelantes com substituição parcial de cimento Portland por cerâmica branca e argamassas autonivelantes com substituição parcial de cimento Portland por fosfogesso. Para a avaliação foi utilizado o software OpenLCA e a base de dados Agribalyse. O estudo foi desenvolvido de acordo com as diretrizes apresentadas pela NBR 14040. A análise consiste na avaliação e comparação dos impactos ambientais gerados pelas amostras de argamassa, de forma a provar a ecoeficiência daquelas que substituem parcialmente o cimento por resíduos. As argamassas autonivelantes com substituição parcial do cimento Portland por cerâmica branca e fosfogesso se mostraram eficientes, com redução significativa de impactos ambientais, podendo ser classificadas como ecoeficientes.

Palavras-chave: Argamassa autonivelante; Cerâmica Branca; Fosfogesso; Ciclo de vida; Ecoeficiência.

ABSTRACT

The growing search for more deviant processes is a major challenge for civil construction. As self-levelling mortars, they are the fruits of a high modernization and important for civil construction. However, the higher amount of cement in its composition is worrying. This work aims to evaluate the life cycle of white self-leveling mortars, self-leveling mortars with partial replacement of Portland cement by ceramic and mortars with partial replacement of Portland cement by phosphogypsum. The OpenLCA software and the Agribalyse database were used for the evaluation. The studies were created with the models of models developed in the analysis of N models according to the sample of models developed, in order to prove the efficiency of eco-efficiency by 14040. mortars with replacement of cement by environmental materials, which can be classified as eco-efficient.

Keywords: Self-leveling mortar; White ceramics; Phosphogypsum; Life cycle; Eco-efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O uso de resíduos industriais como substitutos parciais de cimento (CP), reduzem os impactos ambientais causados pela indústria, diminuem o volume de extração de matérias-primas, preservando os recursos naturais limitados (MOLIN, 2011), além de melhorar as propriedades do material e destinar de forma ambientalmente correta os resíduos.

A cerâmica branca é proveniente da indústria, sendo o Brasil responsável por cerca de 200 milhões de peças por ano, onde 20% tornam-se resíduo (RUIZ *et al*, 2011). O fosfogesso é produzido através da fabricação de fertilizantes, e com o aumento significativo populacional, seu depósito no Brasil (aproximadamente 150 milhões de toneladas) tende a aumentar (RASHAD, 2017). A construção civil é uma alternativa para a utilização destes

resíduos, que como consequência, contribui para o desenvolvimento sustentável, reduzindo, o uso de matérias-primas não renováveis. As argamassas produzidas com a substituição parcial do CP pelo fosfogesso e cerâmica branca tem potencial de utilização como argamassas autonivelantes de contrapiso (AAC), assim reduzindo o consumo de CP e promovendo uma destinação adequada aos resíduos (GRUBER, 2021). Este trabalho ressalta a importância da constante busca pela sustentabilidade, que necessita deixar de ser vista apenas como um modismo do século 21, e sim como uma oportunidade que a sociedade possui para se tornar viável econômica, social e ambientalmente (THE ECONOMIST, 2009).

Desta forma, a ACV permite que seja analisada cada etapa do processo produtivo das argamassas, possibilitando a comparação dos impactos ambientais potenciais gerados pela AA convencional e pelas argamassas autonivelantes com substituição parcial do CP pelos resíduos de fosfogesso e cerâmica branca.

2 MÉTODO

De acordo com a European Commission (2010a) a presente pesquisa se enquadra no contexto decisório tipo A, caracterizada como uma comparação de produtos específicos, a qual não tem intenção de ocasionar mudanças estruturais. E tem como objetivo analisar o ciclo de vida das AAs convencionais, com substituição parcial do CP por fosfogesso e por cerâmica branca, de forma a concluir a ecoeficiência de cada uma delas, comparando-as.

Para este estudo comparativo será utilizado o sistema *cradle to gate*, que consiste em analisar o processo produtivo da extração até chegar na parte de aplicação do material, e conclui que as fases de uso, manutenção e descarte serão as mesmas, por isso, não serão analisadas. O processo de produção da AAC inclui a extração e o beneficiamento da areia, assim como, a produção do CP, e a cadeia principal da produção da argamassa. Também nesse ciclo, será considerado a produção de aditivos químicos, neste caso, superplastificantes e modificador de viscosidade.

É importante ressaltar que, os impactos que deixaram de ser gerados devido a utilização do fosfogesso e da cerâmica branca não são considerados nesta análise. A fronteira do sistema se dará na produção da cerâmica branca e do fosfogesso, as quais não serão consideradas com o intuito de valorizar a utilização dos resíduos, sendo considerado um reciclo aberto. E a unidade funcional utilizada para representar o material será de espalhamento e abrangência da massa, ou seja, 1m³.

A metodologia de avaliação dos impactos do ciclo de vida adotadas neste trabalho foi a Recipe, com abordagem *midpoint* (orientada a problemas), a qual aborda os seguintes impactos ambientais: Esgotamento Fóssil, alterações climáticas, eutrofização marinha e de água doce, destruição da camada de ozônio, formação de materiais particulados, radiação ionizante, toxicidade humana, toxicidade marinha e de água doce, ecotoxicidade terrestre, acidificação terrestre, formação de oxidantes fotoquímicos e esgotamento metálico. Os dados utilizados na pesquisa (da realidade europeia) são dados secundários da base *Agribalyse*. Sempre que possível serão atualizados com base em literaturas com informações nacionais.

Foram utilizados os traços das argamassas estabelecidos por Gruber (2021). A quantidade de materiais foi estabelecida com o intuito de reduzir o uso de CP. Na argamassa de referência foi utilizado 954,25 kg/m³ de CP. E nas argamassas com fosfogesso e cerâmica branca, 572,69 kg/m³ e 573,59 kg/m³; respectivamente.

Quadro 1: Dosagem das argamassas

ARGAMASSA	CIMENTO PORTLAND CII Z-32	AREIA	RESÍDUO	ÁGUA/CIMENTO	ADITIVO SP	ADITIVO MV
Referência	1	1	-	0,33	0,33%	0,67%
Com fosfogesso natural	1	1,5	0,5	0,65	0,90%	1,0%
Com cerâmica branca	1	1,5	0,5	0,65	0,50%	1,0%

Fonte: Adaptado de Gruber (2021).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após lançar todos os dados no OpenLCA, foi possível observar os 14 diferentes impactos e compará-los.

Quadro 2: Resultados da análise

IMPACTOS	AAC REFERÊNCIA	AAC COM CERÂMICA BRANCA	AAC COM FOSFOGESSO
Destrução da camada de ozônio (kg de CFC-11)	0,049	0,079	0,060
Alterações climáticas (kg de CO ₂)	922,970	647,150	645,006
Eutrofização marinha (Kg de N)	0,975	0,828	0,819
Eutrofização da água doce (Kg de P)	0,202	0,173	0,170
Toxicidade Marinha (kg de 1,4-DCB)	1,587	1,399	1,389
Toxicidade da Água Doce (kg de 1,4-DCB)	0,641	0,459	0,448
Formação de material particulado (kg de MP10)	0,969	0,796	0,791
Toxicidade Humana (kg de 1,4-DCB)	137,073	111,610	110,544
Radiação Ionizante (kg de U235)	69,677	49,500	49,431
Formação de oxidante fotoquímico (kg de NMVOC)	2,469	2,114	2,107
Esgotamento Fóssil (kg de óleo)	123,089	111,302	109,870
Ecotoxicidade Terrestre (kg de 1,4-DCB)	0,143	0,143	0,143
Acidificação Terrestre (kg de SO ₂)	2,080	1,616	1,611
Esgotamento Metálico (kg de Fe)	2,726	2,138	2,124

Fonte: Própria Autora (2023).

De forma geral, exceto na destruição da camada de ozônio e na ecotoxicidade terrestre, as argamassas autonivelantes com substituição parcial do cimento Portland por cerâmica branca e por fosfogesso, obtiveram menores impactos que a argamassa de referência. Desta forma, pode-se concluir que o CP é um dos maiores responsáveis pelos impactos gerados pela mistura de argamassa, assim, é de grande utilidade a substituição deste material por outros resíduos de menor impacto.

Os depósitos de cerâmica branca e fosfogesso causam diversos impactos ao meio ambiente, os quais não foram analisados nesta pesquisa, porém, contribuem para a geração de menos danos, aumentando a contribuição positiva de se utilizar estes resíduos nas argamassas.

Podemos definir um material como ecoeficiente, quando ele atinge suas propriedades físicas e mecânicas, assim como, diminuir os índices de impacto ambiental causado pela produção e utilização.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho, analisou o ciclo produtivo da AAC de referência, da AAC com substituição parcial de cerâmica branca e de fosfogesso, com suas respectivas fronteiras do sistema definidas anteriormente. As amostras, já possuem seus testes de propriedades físicas e mecânicas realizadas e comprovadas por Gruber (2021).

A metodologia de avaliação do ciclo de vida se mostrou satisfatória para a avaliação comparativa entre os desempenhos ambientais das argamassas autonivelantes e para avaliação da ecoeficiência das mesmas.

Em relação aos impactos ambientais causados, através dessa pesquisa, tornou-se possível concluir que as substituições do CP por resíduos, cerâmica branca e fosfogesso, geram uma diminuição significativa dos índices de impactos. Sendo assim, pode-se afirmar que as AAC com substituição parcial do CP por fosfogesso e cerâmica branca são ecoeficientes. Portanto, comprovado as propriedades e a ecoeficiência das argamassas analisadas, pode-se concluir que o ganho na substituição da AAC de referência pelas AAC analisadas é benéfico não somente para o meio ambiente, assim como, para o consumidor.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: gestão ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro, 2009.
- COMISSÃO EUROPÉIA. Institute for Environment and Sustainability. **ILCD Handbook**: General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. 1ª ed. [S.l.]: 2010. 414 p.
- FISCHEDICK M., ROY, J., ABDEL-AZIZ, A., ACQUAYE, A., ALLWOOD, J. M., CERON, J.-P., GENG, Y., KHESHGI, H., LANZA, A., PERCZYK, D., PRICE, L., SANTALLA, E., SHEINBAUM, C., e TANAKA, K., "Industry". In: Edenhofer, O., R. PichsMadruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds), **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.
- GRUBER, E.T. **Desempenho de Argamassas Autonivelantes com resíduos de fosfogesso e cerâmica branca em substituição ao cimento Portland**. Tese (Mestrado de Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina. Santa Catarina, p.139. 2021.
- MOLIN, Denise Carpena Coitinho Dal. Adições Minerais. In: ISAIA, Geraldo Cechela. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011.
- RASHAD, A.M. Phosphogypsum as a construction material. **Journal of Cleaner Production**. v.166, p.732-743, 2017. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617317699?via%3Dihub>>
- RUIZ, M.S.; TANNO, L.C.; JUNIOR, M.C.; J.M.; NIEDZIELSKI, J.C. **A indústria de louça e porcelana de mesa no Brasil**. *Cerâmica Industrial*. [S.l.], v.16, p.19-34, 2011. Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/587657467f8c9d6e028b47a2/pdf/ci-16-%202587657467f8c9d6e028b47a2>
- SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. Produção mensal de cimento, 2020. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/materiais-de-construcao/cimento>.
- THE ECONOMIST. Triple bottom line, 2009. Disponível em: <https://www.economist.com/news/2009/11/17/triple-bottom-line>.
- VIVAGREEN. A construção civil e o desenvolvimento sustentável. Vivagreen. 2019. Disponível em: <A CONSTRUÇÃO CIVIL E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL Vivagreen> Acesso em: 23 de janeiro de 2022.