




# PEGADA DE CARBONO DE CONCRETOS AUTOADENSÁVEIS PRODUZIDOS COM FINOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081149

**FERREIRA; LUIZA DE SOUZA[1]; DESSUY; THAINÁ YASMIN[1]; GLITZEHNIRN; CLAUDIA[1]; PASSUELLO; ANA[1]; MASUERO; ANGELA BORGES[1]**
[1]UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS).
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: LUIZA.FERREIRA@HOTMAIL.COM

**RESUMO:** A construção civil é considerada a indústria que mais consome recursos naturais e que mais gera resíduos. Uma solução para reduzir esse processo é incorporar resíduos da construção civil (RCC) como agregado no concreto. O presente artigo tem como objetivo analisar a pegada de carbono de concretos autoadensáveis produzidos com finos de RCC, que são substitutos parciais do agregado miúdo natural, para fins de determinação do perfil ambiental de diferentes traços. Como resultado, pode-se perceber que o cimento é o principal material responsável pelo impacto ambiental gerado pelos concretos autoadensáveis analisados.

**PALAVRAS-CHAVES:** ACV; RCC; Sustentabilidade

**ABSTRACT:** Civil construction is considered the industry that consumes more natural resources and generates more waste. One solution to reduce this process is incorporating civil construction and demolition waste (CWD) as recycled aggregate in concrete. This paper aims to analyze the carbon footprint of self-compacting concrete produced with CWD fines, which are partially substituted for the natural fine aggregate. As a result, it was shown that cement is the main material source of ambiental impact generated by the self-compatcing concrete analyzed.

**KEYWORDS:** LCA, CWD, Sustainability

## 1 | INTRODUÇÃO

A construção civil é responsável por 40% das emissões de gases do efeito estufa (GURSEL et. al, 2014), além de utilizar cerca de 50% dos recursos naturais extraídos mundialmente (UNEP, 2019) e ser responsável pela geração de 30% a 40% dos resíduos sólidos urbanos gerados nos países (AKHTAR e SARMAH, 2018). Os resíduos provindos da indústria da construção civil são resíduos inertes constituídos de concreto, tijolo, argamassa, cerâmica, metal, plástico, madeira e vidro (ZHENG *et al*., 2017), os quais são resultados da ausência de gestão do processo construtivos ou de demolições ocorridas nas edificações (MENEGAKI e DOMINGOS, 2018). Muitas vezes, devido à inexistência de um plano de gerenciamento, os resíduos da construção civil são dispostos inadequadamente na natureza, gerando impacto ambiental ao poluírem o solo, danificar paisagens e proporcionar ameaças à saúde pública (SILVA; BRITO; DHIR, 2014; MENEGAKI; DOMINGOS, 2018; WANG et al., 2018).

Uma das alternativas mais promissoras para as problemáticas de exploração dos recursos naturais e geração de resíduos da construção, é inserir os resíduos como agregado reciclado em concretos, já que esse material é o mais utilizado na indústria da construção, além de ser considerado um dos que mais consome recursos naturais e que gera grande quantidade de resíduos devido sua demolição (WANG et al., 2017). Ao longo do ciclo de vida dos materiais, qualquer produto, ou material à vir a se tornar um produto, podem gerar impactos ambientais, logo, é de suma importância a seleção de materiais que seguem critérios ambientais (AGOPYAN; JOHN, 2011). Consequentemente, estudar a viabilidade ambiental de materiais alternativos pela quantificação de seus impactos na natureza, é de suma importância para atingir a sustentabilidade, reduzindo o consumo de matérias primas não renováveis e redução de emissões para recursos hídricos, solo e ar (ROCHA, 2020).

Neste contexto, uma das principais técnicas de mensuração dos impactos ambientais gerados pelos processos construtivos e seus insumos ou produtos é através da avaliação do ciclo de vida (ACV) (KURDA et al., 2019). Segundo a ISO 14.044 (2009), a avaliação do ciclo de vida é definida pela "compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009, p. 2). A avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma ferramenta que tem como objetivo realizar a gestão ambiental dos produtos ou insumos, analisando seus critérios ambientais mensuráveis, em termos de desempenho ambiental, ao longo de seu ciclo de vida, sendo considerada uma técnica coerente para a avaliar impactos de novos materiais, ou já existentes, na indústria da construção civil (KURDA et al., 2019).

Dessa forma, o presente artigo se justifica ao realizar a análise da pegada de carbono de três tipos diferentes de finos reciclados inseridos ao concreto auto-adensável: concreto, argamassa e cerâmica, através do cálculo de pegada de carbono. Esse entendimento é relevante ao permitir avaliar o ciclo completo de vida desses insumos do berço ao túmulo, ou até mesmo do berço ao berço com o reaproveitamento dos resíduos gerados pela própria indústria da construção.

## 2 | METODOLOGIA

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é eleborada em quatro itens, sendo eles a determinação do objetivo e escopo, o Inventário do ciclo de vida, a avaliação de impactos do ciclo de vida (AICV) e a análise dos resultados, conforme especificado na ISO 14040 (1997). Assim, para a determinação da pegada de carbono, utilizou-se da mesma metodologia.

### 2.1 Objetivo e escopo

O objetivo do presente trabalho é a definição do perfil ambiental de concretos confeccionados em laboratório com a substituição de seus finos convencionais por três distintos finos, de concreto, argamassa e cerâmica, a partir do cálculo da pegada de carbono em cada um dos traços. O beneficiamento dos finos, bem como sua origem, está descrito em SANTOS (2018). As distâncias de transporte não serão consideradas, como limitação de estudo. Determinou-se um metro cúbico ($1m^3$) de material confeccionado de concreto como unidade funcional para o referido trabalho, visto que

esta é considerada padrão para a comercialização deste material.

### 2.2 Inventário do ciclo de vida (ICV)

O Inventário do ciclo de vida (ICV) foi realizado a partir de dados primários, com a quantificação e proporcionamento dos materiais, representados na Tabela 1. Os dados foram obtidos através de um estudo anterior realizado, o qual está descrito em SANTOS (2018). Nesta tabela, encontram-se os dados referentes a quatro traços de concreto, com substituição da areia fina por três diferentes finos em estudo. Os dados secundários foram obtidos a partir do banco de dados *Ecoinvent* 3.7.1.

O presente trabalho limitou-se a avaliar os traços desconsiderando o beneficiamento dos finos de concreto, argamassa e cerâmica, bem como as distâncias de transporte. Ressalta-se que, ainda que não considerados neste estudo, estes fatores devem ser avaliados para a verificação da melhor forma de gestão dos mesmos para permitir a correta escolha entre os traços analisados.

| Concreto | Finos | Cimento (kg) | Areia (kg) | Finos (kg) | Brita (kg) | Água (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CAA 2.5 | Concreto | 620,700 | 493,919 | 80,458 | 977,612 | 48,610 |
| | Argamassa | 637,450 | 507,267 | 82,397 | 959,382 | 46,169 |
| | Cerâmica | 634,190 | 504,673 | 81,976 | 954,476 | 45,464 |
| CAA 4 | Concreto | 451,100 | 679,099 | 124,862 | 1014,995 | 39,467 |
| | Argamassa | 442,090 | 655,558 | 108,109 | 950,522 | 43,564 |
| | Cerâmica | 436,740 | 657,504 | 106,801 | 939,019 | 44,881 |
| CAA 5.5 | Concreto | 344,700 | 763,504 | 124,027 | 1008,210 | 36,254 |
| | Argamassa | 328,720 | 728,100 | 118,275 | 918,666 | 47,066 |
| | Cerâmica | 315,140 | 698,021 | 113,389 | 880,714 | 52,402 |
| CAA 7 | Concreto | 270,800 | 792,063 | 128,657 | 974,880 | 45,371 |
| | Argamassa | 260,680 | 762,466 | 123,856 | 896,744 | 52,842 |
| | Cerâmica | 256,370 | 749,860 | 121,808 | 881,917 | 52,474 |

Tabela 1 – Inventário do ciclo de vida.

### 2.3 Avaliação de impactos do ciclo de vida (AICV)

O presente estudo utilizou-se do método de avaliação de impacto ambiental IPCC 2013 GWP 100a, disponível no banco de dados *Ecoinvent* 3.7.1, para a verificação

da pegada de carbono associada aos diferentes traços de concreto auto-adensável analisados.

### 2.4 Análise dos resultados

Para interpretar os resultados da ACV, foram considerados os valores calculados de pegada de carbono de doze traços de concretos auto-adensáveis utilizando finos de resíduos da construção civil (concreto, argamassa e cerâmica). Para a realização dos cálculos, foram utilizados os seguintes valores em kg.CO2/UR de referência: cimento (0,83746m³), areia (0,00470m³), brita (0,00500m³) e água (0,00067m³).

## 3 | RESULTADOS

Os resultados de pegada de carbono encontrados para os doze traços de concretos auto-adensáveis estão representados na Tabela 2.

| | Cimento (kg) | Areia (kg) | Brita (kg) | Água (kg) | Total (kg.CO2/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| CAA 2.5 Finos Concreto | 519,811 | 2,322 | 4,889 | 0,032 | **527,054** |
| CAA 4 Finos Concreto | 377,778 | 3,192 | 5,075 | 0,026 | **386,072** |
| CAA 5.5 Finos Concreto | 288,672 | 3,589 | 5,042 | 0,024 | **297,327** |
| CAA 7 Finos Concreto | 226,784 | 3,723 | 4,875 | 0,030 | **235,412** |
| CAA 2.5 Finos Argamassa | 533,839 | 2,384 | 4,797 | 0,031 | **541,051** |
| CAA 4 Finos Argamassa | 370,233 | 3,128 | 4,753 | 0,029 | **378,143** |
| CAA 5.5 Finos Argamassa | 275,290 | 3,422 | 4,594 | 0,031 | **283,337** |
| CAA 7 Finos Argamassa | 218,309 | 3,584 | 4,484 | 0,035 | **226,412** |
| CAA 2.5 Finos Cerâmica | 531,109 | 2,372 | 4,773 | 0,030 | **538,284** |
| CAA 4 Finos Cerâmica | 365,752 | 3,091 | 4,696 | 0,030 | **373,568** |
| CAA 5.5 Finos Cerâmica | 263,917 | 3,281 | 4,404 | 0,035 | **271,637** |
| CAA 7 Finos Cerâmica | 214,700 | 3,525 | 4,410 | 0,035 | **222,669** |

Tabela 2 – Pegadas de carbono para os diferentes traços de concreto.

Na Figura 1, estão representados os doze traços de concreto analisados no presente estudo. Os traços são compostos por quatro materiais: cimento, areia, brita e água. O impacto dos finos, presentes no inventário (Tabela 1), foi determinado como nulo por tratarem-se de resíduos. Os valores demonstrados na Figura 1 são o resultado do produto do consumo de kg/m³ de cada material presente nos concretos (Tabela 1) pela pegada de carbono (kg.CO2/m³) referente aos materiais deste estudo (Tabela 2). As colunas da Figura 1 demonstram os resultados da pegada de carbono individual em cada um dos traços.

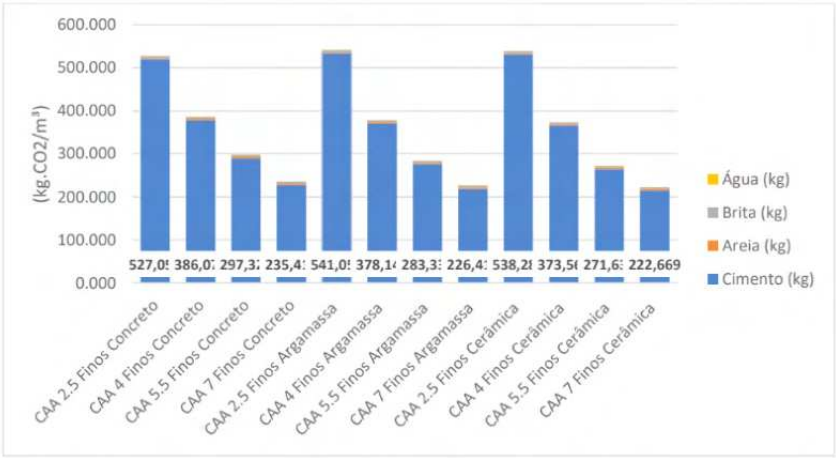



Figura 1 – Comparação entre as diferentes pegadas de carbono nos traços de concreto.

Fonte: Autoria própria.

Nota-se que, conforme figura 1, em todos os traços, a contribuição do cimento foi superior a 95% da pegada de carbono total, evidenciando que este material é o principal responsável pelo impacto na categoria de mudanças climáticas. Os demais materiais são responsáveis por uma fração mínima, porém não irrelevante, do impacto total.

Ainda que este estudo limitou-se a analisar o beneficiamento dos finos e o transporte, estudos anteriores (WASKOW et al., 2021) demonstram que a distância de transporte é um fator essencial na escolha de agregados, sendo os impactos de GWP dos agregados reciclados inferiores aos naturais quando as distâncias de transporte são entre 50 e 150km inferiores à origem do agregado natural, de forma que, ao tratar de maiores distâncias, a diferença entre os impactos de GWP causados pelo transporte dos agregados reciclados e naturais torna-se pouco significativa.

## 4 | CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou a pegada de carbono, com base no método de avaliação de impacto ambiental IPCC 2013 GWP 100a, associada à produção de concretos auto-adensáveis. Da análise realizada, constatou-se que o concreto CAA 7 apresentou, nos três casos (com finos de concreto, de argamassa e de cerâmica), a menor pegada de carbono em comparação com os demais concretos. Entende-se que, nestes casos, o fator responsável pela redução da pegada de carbono foi o proporcionamento do traço, que reduziu a quantidade de cimento no concreto. Nota-se uma redução gradual, em cada um dos traços, ao passo em que o cimento é reduzido em cada um dos traços analisados.

Em um futuro estudo, uma avaliação detalhada do ciclo de vida deve ser realizada, considerando as demais categorias de impacto e processos não considerados neste

estudo, como o beneficiamento dos finos. Essa futura análise pode gerar diferentes resultados, capazes de auxiliar em novas diretrizes de tomadas de decisão com vistas à redução dos impactos ambientais.

## REFERÊNCIAS


1. AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. Vol. 5. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

2. AKHTAR, A.; SARMAH, A. K. Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 262-281, 10 jun. 2018.

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

4. GURSEL, P. et al. Life-cycle inventory analysis of concrete production: A critical review. **Cement and Concrete Composites**, v. 51, p. 38–48, ago. 2014.

5. KURDA, R.; SILVESTRE, J. D.; DE BRITO, J. Life cycle assessment of concrete made with high volume of recycled concrete aggregates and fly ash. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 139, p. 407–417, 2019.

6. MENEGAKI, M., & Damingos, D. A review on the current situation and challenges of construction and demolition waste management. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 13, p. 8-15, 2018.

7. SANTOS, I. L. **Uso de finos de resíduos de construção e demolição em concreto autoadensável**. 2018. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

8. ROCHA, D. P. B. Da. **Avaliação do ciclo de vida de agregados leves artificiais produzidos com resíduo industrial e argila vermelha local (Nordeste/Brasil).** 2020. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020.

9. SILVA, R. V., BRITO, J. De., DHIR, R. K. Properties and composition of recycled aggregates from construction. **Construction and Building Materials**. 2014, 201–217.

10. UNEP. Waste to Energy – Considerations for informed decision making. **United Nations Environment Programme**, 2019.

11. WANG, J. et al. Combining Life Cycle Assessment and Building Information Modelling to account for carbon emissions from building demolition waste: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3154 – 3166, 20 jan. 2018.

12. WASKOW, R. et al. Environmental performance of construction and demolition waste management strategies for valorization of recycled coarse aggregate. **Journal of Environmental Management**, v. 295, p. 113094, 1 out. 2021.

13. ZHENG, L. et al. Characterizing the generation and flows of construction and demolition waste in China. **Construction and Building Materials**, v. 13, p. 405 – 413, 1 abr. 2017.