

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE CONCRETOS COM DIVERSOS TEORES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

FREDERICO FONSECA BRAGA¹; GUILHERME HOEHR TRINDADE²

¹UFPEL – fredericofonsecabraga@gmail.com¹

²UFPEL – guilherme.hoehr@ufpel.edu.br²

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com geração de resíduos é crescente no mundo, uma proposta da Comissão Europeia de 2014, prevê o objetivo de reciclagem de 70% dos resíduos urbanos até o ano de 2030 e a proibição de alocação de materiais recicláveis e biodegradáveis em aterros até 2025 (DW, 2014). No cenário da construção civil, o setor é responsável por 56,32% de geração de resíduos sólidos no Brasil, tendo uma coleta diária de 0,585 kg/habitante/dia, totalizando 122.012 toneladas por dia. (ABRELPE, 2019). Em conjunto, o setor é responsável pelo consumo aproximado de 75% dos recursos naturais explorados. (CBCS, 2007)

Os agregados são responsáveis aproximadamente por até 75% do volume do concreto (SBRIGHI NETO, 2011). Visto isso, a possibilidade da substituição desses agregados por resíduos de construção e demolição (RCD), se faz interessante, uma vez que estará dando um novo ciclo e uma destinação mais nobre à um material que poderia ser descartado, assim reduzindo o consumo de matérias primas para a produção de concreto. Logo, uma opção seria a substituição dos agregados naturais por agregados de RCD na composição da mistura do concreto (LIMA, 1999). Assim, o artigo busca mensurar os impactos ambientais (energia incorporada e emissão de carbono) de composições de concretos com agregados reciclados em comparação à concretos com agregados naturais.

2. METODOLOGIA

Para a análise comparativa do impacto ambiental do concreto com e sem agregados reciclados, considerar-se os quesitos de energia incorporada e a emissão de carbono no processamento dos materiais da composição, como também o seu transporte, não mensurando o seu uso, manutenção e descarte. O fluxograma representado na figura 1 será usado como critério na análise dos parâmetros ambientais.

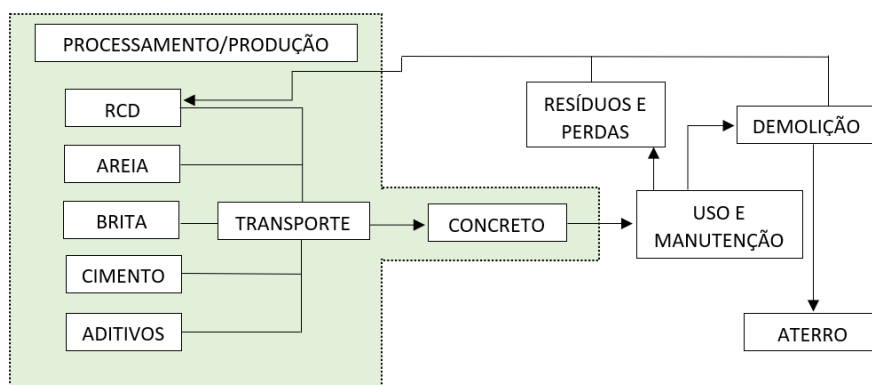


Figura 1: Fluxograma de análise

Sendo o processamento/produção todo processo para a fabricação do material, como impactos da planta da fábrica que o produz, máquinas de extração do material e impactos diretos da extração do material; já no quesito do transporte, sendo considerado o diesel consumido para o transporte do material ao destino.

A partir deste modelo (figura 1), serão analisados 12 traços de concreto, com diferentes teores de RCD, variando a relação água/cimento. Os traços foram divididos pela sua relação água/cimento (a/c), sendo eles, 0,65; 0,45 e 0,35. Com essa divisão, alterou-se o teor de RCD de cada traço, variando de 0%, 20%, 50% e 100%. Os traços podem ser observados no quadro abaixo:

| a/c=0,65 | | | | | | | a/c =0,45 | | | | | | | a/c=0,35 | | | | | | |
|--------------|---------|-------|--------|-------|---------|------|-----------|-------|--------|-------|---------|------|---------|----------|--------|-------|---------|------|--|--|
| Substituição | Cimento | Areia | Brita | RCD | Aditivo | fck | Cimento | Areia | Brita | RCD | Aditivo | fck | Cimento | Areia | Brita | RCD | Aditivo | fck | | |
| 0% RCD | 270,6 | 915,9 | 1010,5 | 0 | 0,95 | 19,5 | 393,2 | 801 | 1017,3 | 0 | 0,74 | 30,4 | 508,6 | 692,8 | 1023,2 | 0 | 0,69 | 43,7 | | |
| 20% RCD | 270,6 | 894,6 | 794 | 198,5 | 0,63 | 18,9 | 393,2 | 779,4 | 799,2 | 199,8 | 0,53 | 31,1 | 508,4 | 670,9 | 803,9 | 201,3 | 0,92 | 43,1 | | |
| 50% RCD | 270,7 | 863,9 | 483,1 | 483,1 | 0,99 | 19,2 | 393,3 | 748,7 | 486,3 | 486,3 | 0,87 | 27,3 | 508,5 | 640,1 | 489,3 | 489,3 | 1,03 | 32,5 | | |
| 100% RCD | 270,8 | 816,5 | 0 | 925,7 | 0,60 | 15,9 | 393,5 | 700,7 | 0 | 931,9 | 0,76 | 22,7 | 508,8 | 591,7 | 0 | 937,5 | 0,85 | 31,2 | | |

Quadro 1: Traços de concreto

Os dados de energia incorporada (EE) e o fator de emissão de carbono (FE) do processamento de cada material foram retiradas de diversas fontes, sendo estabelecida uma média entre os valores encontrados $((x_1+x_2+...+x_n)/n)$, em conjunto, obteve-se os dados da utilização do diesel no transporte. O quadro 2 representa os parâmetros ambientais analisados neste estudo EE e FE.

| Material | EE (MJ/UM) | Fonte | FE (kgCO ₂ /UM) | Fonte |
|----------|------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|
| Cimento | 3632 | [CBCS] [TAVARES] [SILVA] | 755 | [CBCS] [SILVA] [COSTA] |
| Areia | 54,7 | [CBCS] [SOUZA] [TAVARES] | 6,9 | [SOUZA] |
| Brita | 55,6 | [CBCS] [TAVARES] [ROSSI] | 4,00 | [TAVARES] |
| RCD | 1,3 | [OLIVEIRA] | 17,25 | [OLIVEIRA] |
| Aditivo | 6800 | [EFCA] | 380 | [EFCA] |
| Diesel | 35,52 | [MCT] | 2,98 | [MCT] |

Quadro 2: Parâmetros de impacto ambiental

Em relação ao transporte, estabeleceu-se as seguintes distâncias para contabilização do impacto ambiental do transporte de cada material, conforme pode ser verificado no quadro 3.

| Material | Distância (km) |
|----------------------------------|----------------|
| Cimento - (Canoas - COTADA) | 274 |
| Areia - (CANAL - COTADA) | 44 |
| Brita - (JAZIDA - COTADA) | 60 |
| RCD - (RAIO de Pelotas - COTADA) | 12 |
| Aditivo - (São Paulo - COTADA) | 1387 |

Quadro 3: Deslocamento estimado da origem ao destino

A partir da composição de cada traço, calculou-se a EE e o FE dos 12 traços ($EE/FE_{\text{processamento}} + EE/FE_{\text{transporte}} = EE/FE_{\text{total}}$), após, condessou-se o resultado absoluto os dados estão representados no quadro 4, gerando também um gráfico 1 do impacto ambiental de cada fck dos 12 traços (EE/fck ; FE/fck), assim estabelecendo uma comparação entre cada traço, sendo a composição de maior impacto ambiental como referência (100%) para a comparação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

| a/c = 0,65 | | | a/c = 0,45 | | | a/c = 0,35 | | |
|--------------|---------|-------------------------|------------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|
| Substituição | EE (MJ) | FE (kgCO ₂) | EE (MJ) | FE (kgCO ₂) | EE (MJ) | FE (kgCO ₂) | EE (MJ) | FE (kgCO ₂) |
| 0% | 1750 | 273 | 2244 | 369 | 2715 | 463 | | |
| 20% | 1681 | 267 | 2149 | 361 | 2590 | 452 | | |
| 50% | 1579 | 262 | 2047 | 355 | 2486 | 444 | | |
| 100% | 1418 | 247 | 1886 | 342 | 2324 | 431 | | |

Quadro 4: Cálculo do EE e FE para cada traço

Observa-se que quanto maior o teor de substituição dos agregados naturais por agregados reciclados maior foi a redução dos impactos ambientais de forma absoluta, chegando a uma redução de 19% de energia incorporada e 10% de

emissão de carbono do traço com teor de substituição de 100% em comparação ao traço sem RCD.

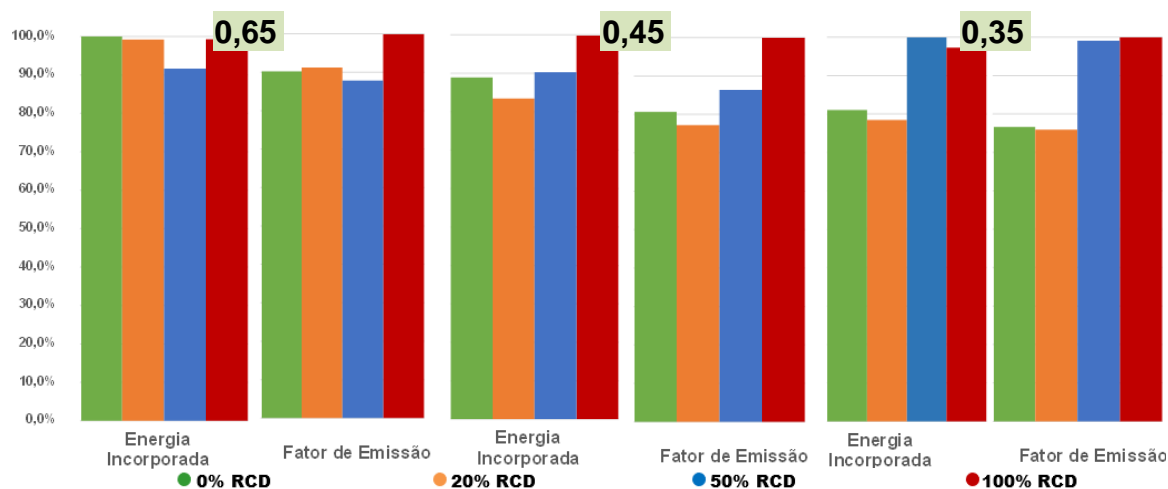


Gráfico 1: Impactos ambientais por fck dos traços

Quando analisados o impacto ambiental por fck, observa-se que nos traços com a/c de 0,65, os concretos de 0% e 20% apresentaram um desempenho semelhante, nesta relação a/c o concreto com 50% de RCD foi o qual obteve um melhor desempenho com uma significativa redução de 8,4% na energia incorporada em comparação ao concreto de 0% de RCD, seguindo o mesmo resultado obtido na pesquisa de Tonon, 2020.

Já nos traços com 0,45 de a/c, foi visto um melhor desempenho do concreto com 20% de RCD, distoando dos demais, com uma emissão de carbono e energia incorporada menor em comparação ao concreto sem presença de RCD.

Enquanto, nos traços de 0,35 a/c, os traços de 0% e 20% mantiveram-se próximos, enquanto os concretos com 50% e 100% de RCD apresentaram um desempenho pior ao concreto de 0% de agregados reciclados, tal situação, em concretos de maior resistência, também é vista no estudo de Piccini, 2021.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, observa-se que o traço com substituição de 100% dos agregados miúdos por RCD se mostrou o traço com menor impacto geral, contudo quando analisado o mesmo impacto dividido pelo seu fck, se mostrou menos eficiente que traços com menores teores de RCD, mostrando que o seu uso não é viável com o intuito de redução de impactos ambientais.

Em seguida, observa-se o concreto com 50% de substituição, o qual se mostrou mais eficiente que os demais quando usada a relação a/c de 0,65, com uma performance mediana na relação a/c 0,45 e um desempenho ruim na a/c 0,35.

Enquanto, é observado que o concreto com 20% de RCD se mostrou ambientalmente mais eficaz em todas as relações água/cimento em comparação ao concreto sem agregados reciclados, com isso, podendo vir a substituir composições com agregados naturais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE, “Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019”, São Paulo (2019).

CBCS, “Sustentabilidade na construção”, São Paulo (2007).

CBCS, “Projeto avaliação de ciclo de vida modular de blocos e pisos de concreto”, São Paulo (2020).

- COSTA, B.L.C. **"Quantificação das emissões de CO2 geradas na produção de materiais utilizados na Construção Civil no Brasil"**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, UFRJ. 190p. Rio de Janeiro (2012).
- DW. **UE propõe leis para promover a reciclagem de materiais**. Deutsche Welle, Bonn, Alemanha, 12 jul. 2014. Acessado em 17 ago. 2022. Online. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/a-17776261>
- EFCA, **"Normal Plasticizing Admixtures"**, European Federation of Concrete Admixtures Associations, doc.124ETG; Europa (2002).
- LIMA, J. A. R. **"Proposição de diretrizes para a produção e normalização de resíduos de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos"**. São Paulo, Brasil (1999)
- MCT, Ministério da Ciência e Tecnologia. **"Cálculo dos fatores de emissão de CO2 pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil"**. 15p. Brasil (2015).
- MOTTA SRF, AGUILAR MTP. **"Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. Gestão & Tecnologia de Projetos"** Belo Horizonte (2009).
- NETO, A.C.N. **"Energia Incorporada e Emissões de CO2 de Fachadas. Estudo de Caso do Steel Frame para Utilização em Brasília"**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, UNB. 157p. Brasília (2011).
- OLIVEIRA, L. S. et al. **"Emissões de CO2 dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD): dois estudos de caso"**. 3º Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção ENARC, 15p. São Leopoldo (2013).
- PICCINI, G.D. **"ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DE CONCRETOS ECOAMIGÁVEIS COM AGREGADO RESIDUAL DE DEMOLIÇÃO E POZOLANA"**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil, UFSM. Santa Maria (2021).
- ROSSI, **"E. Avaliação do ciclo de vida da brita para a construção civil: estudo de caso"**. Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana, UFSCar. 131p. São Carlos (2013).
- SAADE, M.R.M. et al. **"Material eco-efficiency indicators for Brazilian buildings. Smart and Sustainable Built Environment"**, v.3. p. 54-71. Brasil, (2014).
- SANTORO, J.F. M. Kripka. **"Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias primas do concreto produzido na região norte do Rio Grande do Norte. Ambiente Construído"**, v. 16. p. 35-49. Porto Alegre (2016).
- SBRIGHI NETO, C. **"Concreto: ciência e tecnologia"**. 1ª.ed. São Paulo (2011).
- SILVA, B.V. **"Construção de ferramenta para avaliação do ciclo de vida de edificações"**. Dissertação de mestrado em Estruturas e Construção Civil, UNB. 157p. Brasília (2011).
- SOUZA, A. **"Avaliação do ciclo de vida da areia em mineradora de pequeno porte, na região de São José do Rio Preto, SP"**. Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana, UFSCar. 118p. São Carlos (2012).
- TAVARES, S.F. **"Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras"**. Tese de doutorado em Engenharia Civil, UFSC. 225p. Florianópolis (2006).
- TONON, D.C. **AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) DOS CONCRETOS COMPOSTOS COM AGREGADOS GRAÚDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM DIFERENTES TEORES DE SUBSTITUIÇÃO**. Tese de mestrado em Engenharia Civil, PUCRS. 72p. Porto Alegre (2020).