



## DESEMPENHO AMBIENTAL DE UMA ESTRUTURA DE CONCRETO COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES – AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA COM O SOFTWARE SIMAPRO

TENÓRIO FILHO, José Roberto<sup>1</sup>;  
CARVALHO, Bruno Inácio Silva de<sup>2</sup>;  
TENÓRIO, José Ricardo Paulino<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Engenheiro Civil, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, Alagoas, jr.roberto@hotmail.com.

<sup>2</sup>Engenheiro Civil, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, Alagoas, brunoinacio.c@gmail.com.

<sup>3</sup>Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, Alagoas, ricardo.tenorio@outlook.com.br.  
Trabalho fruto de atividades de pesquisa.

**Resumo.** A avaliação de ciclo de vida (ACV) consiste em uma análise quantitativa e qualitativa de todos os insumos e processos envolvidos com as suas fases de produção, transporte, utilização, reciclagem e disposição final sendo, portanto, uma ferramenta de análise de grande complexidade. A partir da integração dessas fases, propõe-se uma visão sistêmica da produção visando reduzir os possíveis efeitos negativos de cada etapa. O trabalho apresenta os resultados da avaliação do ciclo de vida de uma laje de concreto armado produzida com e sem a adição de diferentes tipos de fibra e apresenta um panorama geral dos impactos ambientais causados pelas diferentes escolhas de materiais. Os impactos ambientais foram calculados pelos métodos IPCC 2007 GWP 100a, CML 2 baseline 2000 e Eco-indicator 99 (E). Os resultados reafirmam a importância da metodologia na avaliação do desempenho ambiental dos processos produtivos da construção civil e apontam para a necessidade de uniformização dos parâmetros utilizados na avaliação

**Palavras-chave:** Avaliação do ciclo de vida, Estruturas de concreto, SIMAPRO.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem grande impacto na economia de um país sendo um dos setores que mais empregam e geram renda, como consequência da grande mão de obra que absorve. Em termos ambientais, pode-se estimar que o setor da construção é responsável por 30% das emissões de carbono além de consumir cerca de 60% das matérias primas existentes no planeta (TORRALBA, 2010). Dessa forma, pequenas mudanças durante o processo construtivo podem gerar benefícios importantes para eficiência ambiental e redução de gastos com a obra.

Nos últimos anos o setor da construção civil foi confrontado com a necessidade de aliar seu alto padrão de crescimento aos conceitos de desenvolvimento sustentável o que resultou

no surgimento de variados métodos de avaliação de desempenho ambiental. Nesse contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) despontou como um importante instrumento de avaliação dos materiais construtivos que, a princípio, atuam de forma semelhante, mas ao longo do seu ciclo de vida desencadeiam impactos naturais diferentes (BUENO, 2014).

A ACV consiste em uma análise quantitativa e qualitativa de todos os insumos e processos envolvidos com as suas fases de produção, transporte, utilização, reciclagem e disposição final sendo, portanto, uma ferramenta de análise de grande complexidade (CUNHA, 2016). A partir da integração dessas fases, propõe-se uma visão sistêmica da produção visando reduzir os possíveis efeitos negativos de cada etapa (SANTOS et al., 2011).

No Brasil, a base de dados para caracterizar os elementos construtivos ainda é escassa em qualquer que seja a etapa de projeto, execução ou uso. Porém, essa é uma realidade que tem mudado com as várias iniciativas criadas para desenvolver informações que facilitem a análise do ciclo de vida dos insumos.

O objetivo desta avaliação para a construção civil está na identificação dos materiais que menos causam danos ao meio ambiente, desde sua extração até o descarte além de obter informações que ajudem a mensurar a quantidade de CO<sub>2</sub> que são emitidos durante a fabricação e transporte dos insumos.

Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos em uma avaliação de ciclo de vida, realizada com o software SIMAPRO, de uma laje de concreto armado com duas composições distintas, e apresenta como caráter de inovação a maneira como a aplicação da ACV pode ser utilizada para se ter uma visão geral dos impactos no processo produtivo da construção e servir como ferramenta de tomada de decisão no processo de planejamento e otimização da construção, visando uma redução dos impactos causados ao meio ambiente.

## **2 METODOLOGIA DO ESTUDO**

O método de análise do trabalho foi baseado na simulação através do software SIMAPRO do impacto ambiental causado pela produção de uma laje de concreto armado com dimensões 5,0 m x 5,0 m x 16,5 cm em duas composições diferentes: concreto armado convencional e concreto armado com uma mistura de fibras de polipropileno e fibras de linho. Na Tabela 1 é mostrada a composição do concreto.

Para implementação dos dados foram consideradas as seguintes condições de transporte para todos os componentes do concreto até a central de dosagem: agregados – 180 km de balsa e 20 km de caminhão; cimento – 100 km de caminhão; barras de aço – 40 km de caminhão; fibra de polipropileno – 35 km de caminhão e fibras naturais de linho – 10 km de caminhão. Uma vez produzido, adotou-se uma distância de transporte do concreto para o canteiro de 25 km percorrida com caminhão betoneira.

A operação da central dosadora de concreto foi modelada através do processo unitário Ecoinvent ‘Concrete, normal at plant/CH U’. A inserção das barras de aço e das fibras foi realizada na simulação através das informações disponíveis na base dados do software.

Ao fim da implementação, o impacto ambiental da estrutura foi calculado de acordo com três métodos: IPCC 2007 GWP 100a, CML 2 baseline 2000 e Eco-indicator 99 (E).

Tabela 1 - Composição do concreto

Materiais	Consumo (kg/m <sup>3</sup> )
Agregado miúdo	715
Agregado graúdo	1188
Cimento	300
Água	165
Aço CA 50 (16 mm)	47.87
Fibras de polipropileno*	26
Fibras naturais de linho**	15

### 3 RESULTADOS

A Figura 1 apresenta parte da cadeia de impactos do processo construtivo da laje sem as fibras através do método IPCC 2007 GWP 100a (que mensura o impacto através da quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente, emitido durante o processo). Se verifica, como esperado, que a produção do concreto apresenta um peso bem maior no total do impacto, se comparado à produção do aço, o que pode ser atribuído à quantidade de dano causado pela produção do clínquer na obtenção do cimento (Figura 2).

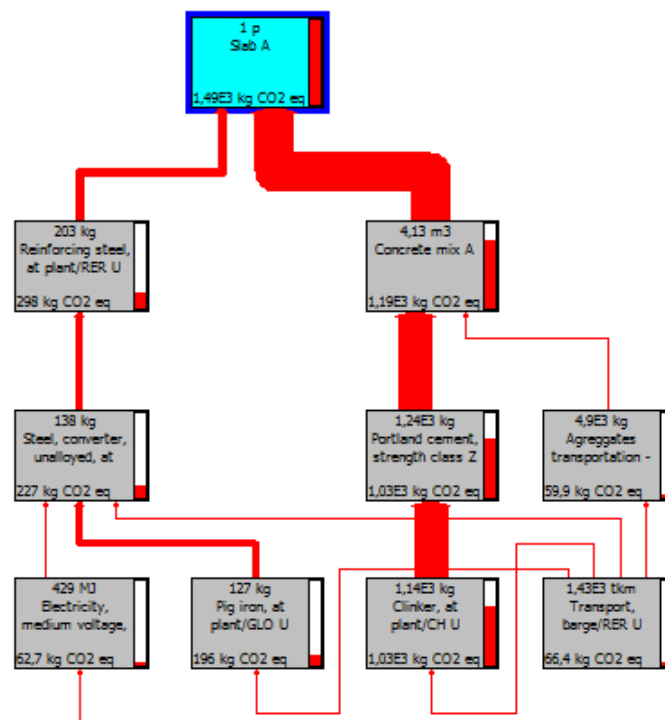


Figura 1 - Cadeia de impactos do processo construtivo da laje sem as fibras através do método IPCC 2007 GWP 100a

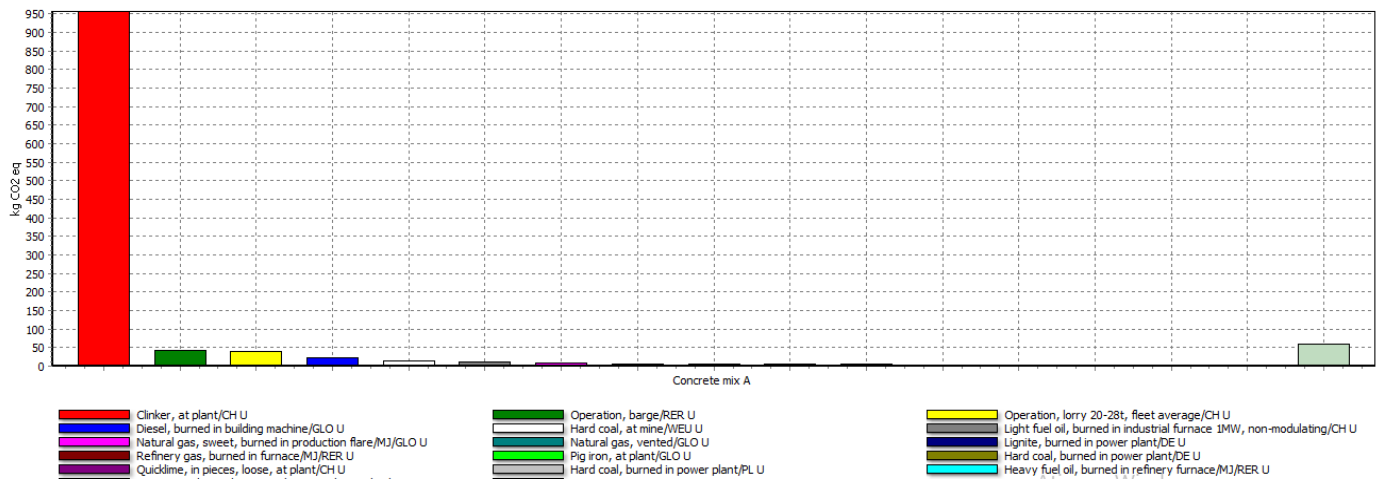


Figura 2 - Detalhamento do impacto ocasionada pela produção do concreto - IPCC 2007 GWP 100a

A Figura 3 apresenta parte da cadeia de impactos do processo construtivo da laje com as fibras (também através do método IPCC 2007 GWP 100a). De imediato se percebe que a parcela de impacto de cada componente assume uma configuração diferente da anterior. A quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente total aumenta por um fator de 1.60 e num comparativo entre os tipos de fibra percebe-se que as fibras de linho são responsáveis por 72.6% da emissão de gases.

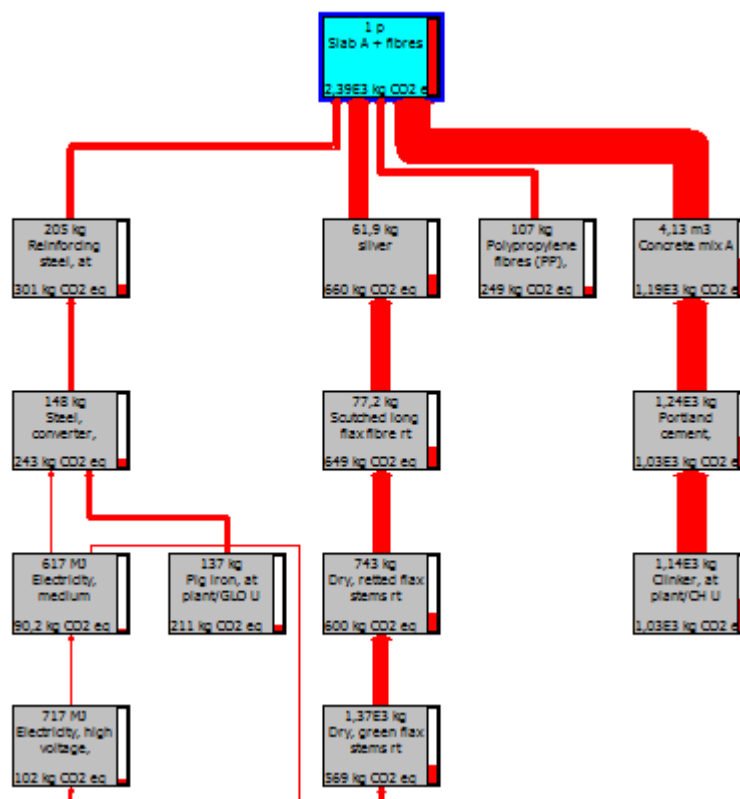


Figura 3 - Cadeia de impactos do processo construtivo da laje com as fibras através do método IPCC 2007 GWP 100a

As análises através dos métodos Eco-indicator 99 (E) (Figura 4) e CML 2 baseline 2000 (Figura 5) forneceram uma visão mais prática dos impactos em termos de tipos de danos causados.

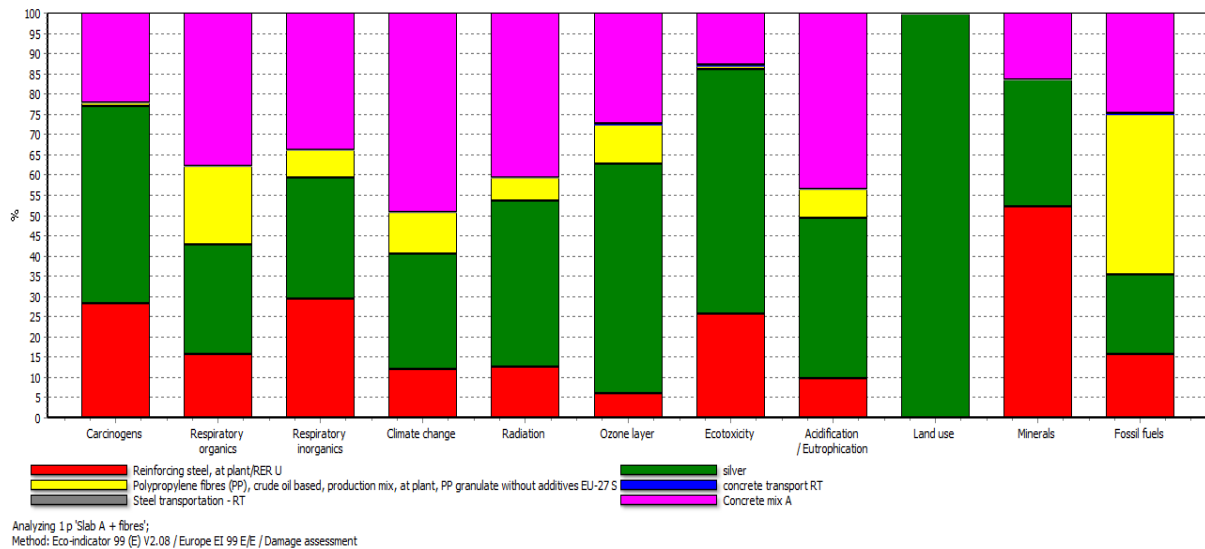


Figura 4 – Avaliação de risco com o Eco-indicator 99 (E)

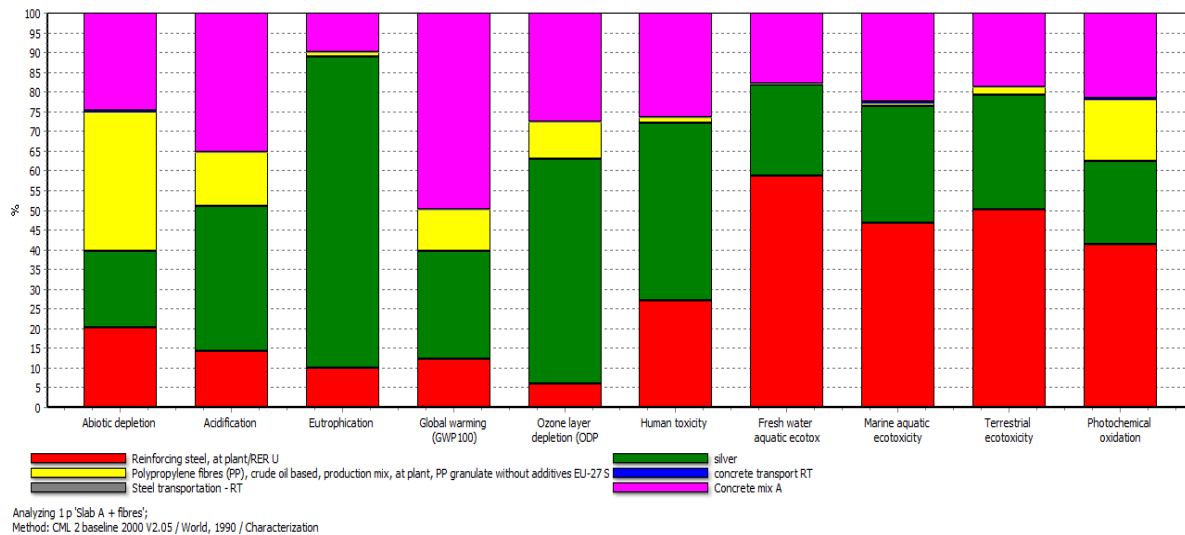


Figura 5 - Avaliação de risco com o CML 2 baseline 2000

Comparando os dois tipos de fibra utilizadas percebe-se que a fibra natural de linho possui um grau de impacto superior a fibra de polipropileno em praticamente todos os quesitos avaliados (com exceção do uso de combustíveis fósseis): contribuição para mudança climática, ecotoxicidade (água marinha, água doce e terrestre), uso da terra, acidificação e eutrofização, dano à camada de ozônio, potencial carcinogênico e contribuição à problemas respiratórios.

Numa comparação geral dos componentes da laje, verifica-se que a produção do concreto se apresenta como item de maior impacto em termos de mudança climática enquanto que a produção de aço demonstra danos mais expressivos na utilização de minerais e contribuição à ecotoxicidade (nos três níveis descritos).

## **4 CONCLUSÕES**

Verifica-se que, de fato, a ACV pode ser vista como uma ferramenta bastante poderosa na identificação e mensuração de impactos ambientais das atividades da construção em seus mais variados níveis e em diversos modelos de cálculo. O emprego do método permitiu não somente identificar as etapas mais críticas do processo do ponto de vista de impacto ambiental, como também identificar melhores escolhas de materiais dentre as composições apresentadas, o que no futuro pode significar uma otimização do processo de escolha de materiais visando a redução no dano ambiental.

No entanto, ressalta-se que os resultados da avaliação são altamente dependentes dos parâmetros utilizados, e que o maior problema na utilização do método se encontra na determinação e uniformização de tais parâmetros.

## **AGRADECIMENTOS**

À Ghent University pela permissão de uso do software, à professora Dra. Nele de Belie (UGent) e ao Dr. Philip Van den Heede (UGent) pelo suporte na disciplina Life Cycle Assessment of Materials and Structures.

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

BUENO, C., UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Arquitetura e Urbanismo. **Avaliação do ciclo de vida na construção civil: análise de sensibilidade**, 2014. Tese (Doutorado).

CUNHA, I. B., PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL, Faculdade de Engenharia. **Quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> na construção de unidades residenciais unifamiliares com diferentes materiais**, 2016. 27p. Tese (Mestrado).

SANTOS, M. F. N., BATTISTELLE, R. A. G., HORI, C. Y., JULIOTI, P.S., **Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil**. Revista GEPROS, Bauru, ano 6, n. 2, p. 57-73, 2011.

TORGAL, F. P.; JALALI Said. **A Sustentabilidade dos Materiais de Construção**. Minho: Tecminho, 2010.