

Comparação entre os processos de produção de blocos de concreto convencionais e de blocos de concreto com adição de resíduos, através da Análise do Ciclo de Vida Energético.

Comparison production processes of conventional concrete blocks and the concrete blocks with waste addition's, through the Energy Life Cycle Analysis.

Leticia Mattana, Mestranda, Universidade Federal de Santa Catarina

leticiamattana@outlook.com

Lisiane Ilha Librelotto, Doutora, Universidade Federal de Santa Catarina

lisiane.librelotto@gmail.com

Resumo

O objetivo principal deste artigo foi avaliar se os blocos de concreto com adição de resíduos são mais ecológicos que os blocos de concreto convencionais, em termos de emissão de CO₂ e uso de energia. O procedimento utilizado para análise foi a Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE). Para afirmar qual bloco causa mais prejuízo ao meio ambiente, concluiu-se que depende de quais parâmetros deseja-se analisar, pois os resultados mostram que cada bloco estudado é considerado melhor no quesito energético em um determinado ponto de vista. Assim, o bloco de concreto convencional é mais ecológico na avaliação do consumo de energia para sua produção, enquanto que o bloco com adições de resíduos é melhor em termos de emissão de CO₂.

Palavras-chave: Bloco de Concreto; Emissão CO₂; Energia; Análise do Ciclo de Vida Energético.

Abstract

The main purpose of this article was to evaluate if the concrete blocks with waste's addition is more environmentally friendly than conventional concrete blocks, in terms of CO₂ emissions and energy use. The method used for the analysis was the Energy Life Cycle Assessment (ELCA). To declare which block is greener, it depends on which parameters you want to analyze, because for this study the results showed that each block is greener at a particular point of view. Thus, the conventional concrete block is greener to the energy consumption parameter for its production, while the block with waste additions is greener in terms of CO₂ emissions.

Keywords: Concrete Blocks; CO₂ emission; Energy; Energy Life Cycle Analysis.

1. Introdução

Um dos setores que mais causa impactos ao meio ambiente é o da construção civil. Isso ocorre devido à extração de matérias primas naturais para produção de insumos, ao alto consumo energético do setor, à geração de resíduos, de perdas e de desperdícios, entre outros fatores que causam impactos ao meio ambiente. (BRASILEIRO e MATOS, 2015).

O setor da construção civil é responsável por consumir de 14% a 50% de todos os recursos naturais do planeta. (SJÖSTRÖM (1996) apud SANTOS et al (2011)). Em 2013, foi apontado como o setor que gerou resíduos de construção num montante de cerca de 48% do total dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. (ABRELPE (2013) apud BRASILEIRO e MATOS (2015)).

Os impactos ocorrem tanto na etapa de execução de obras, como também são mensuráveis na fabricação e produção dos insumos da construção. Como exemplo têm-se materiais como o cimento e o concreto, que são amplamente utilizados na construção civil brasileira e são grandes causadores de danos ambientais. (BRASILEIRO e MATOS, 2015).

Borges et al (2014) afirmam que “todo produto, independentemente de sua composição, provoca impacto no meio ambiente, seja em função de seu processo produtivo, das matérias-primas consumidas ou devido à utilização e disposição final”. Silva (2014) diz que a minimização dos impactos pode ocorrer através do reaproveitamento dos materiais para diminuir as perdas, bem como da priorização do uso de materiais ecológicos, evitando o uso de materiais que podem causar danos ao ambiente.

Nesse contexto, o que é necessário para afirmar que um determinado produto é ecológico? Como comparar produtos semelhantes, do ponto de vista ambiental, para saber qual causa mais impacto ao meio ambiente? Neste caso, a grande questão é que ambos os produtos podem ter funções similares, mas ao longo do ciclo de vida podem seguir caminhos produtivos distintos, que implicam em diferentes avaliações ambientais para cada produto.

Soares et al (2006) mencionam que para quantificar se um produto é sustentável do ponto de vista ambiental, é necessário considerar todas as atividades conectadas ao processo produtivo, como a coleta, o transporte, a lavagem e a desinfecção, entre outros. O autor complementa, dizendo que em vista disso, surge a Avaliação do Ciclo de Vida, também chamada de ACV, que é uma forma de análise sob a ótica ambiental.

Com a ACV é possível avaliar desde as etapas de extração da matéria prima, até o transporte, produção, utilização e destinação final, conforme é relatado na ISO 14040 (1997). Outra forma de avaliar os impactos dos materiais no meio ambiente, analisando o consumo de energia e geração de CO₂, é o uso da Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE), que possui uma estrutura mais simples quando comparada com uma ACV completa e exige menos tempo para sua execução. (TAVARES, 2006)

Este artigo aborda a comparação da ACVE de dois tipos de blocos de concreto vazados, que se diferenciam pela sua composição. Um é produzido de forma convencional e o outro é produzido com a incorporação de resíduos. Com isso, têm-se o objetivo de avaliar qual destes produtos é mais ecológico do ponto de vista energético, através do uso da Avaliação do Ciclo de Vida Energético.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Avaliação do Ciclo de Vida e Avaliação do Ciclo de Vida Energético

A Avaliação do Ciclo de Vida é uma técnica utilizada para avaliação de impactos ambientais associados aos produtos ou serviços, e que pode ocorrer desde a etapa de extração das matérias primas da natureza até a etapa de deposição final dos resíduos, fechando o ciclo de vida de determinado produto ou serviço. (BORGES e outros, 2014)

Soares et al (2006) afirmam que o princípio de uma ACV é efetuar análises das repercussões ambientais de um produto ou de uma atividade, através da montagem de um inventário que contém as entradas e as saídas do sistema avaliado. A figura 1 apresenta algumas dessas etapas de análise do ciclo de vida, onde consideram-se a matéria e a energia que entram no sistema para possibilitar a fabricação do produto e depois a matéria e a energia que são resultado da fabricação do produto, como o próprio produto em si, os resíduos gerados, as emissões de CO₂, entre outros.

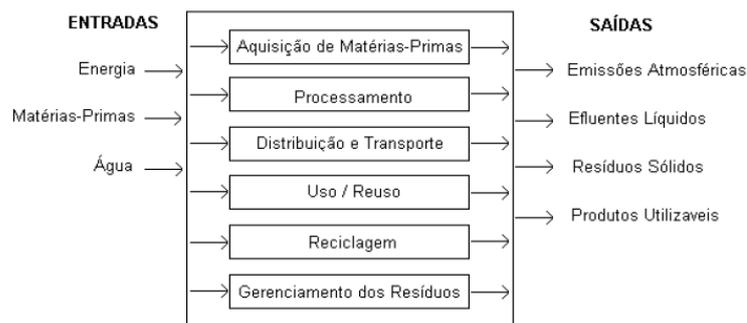


Figura 1 – Ciclo de Vida da ACV. Fonte: Lewis e Demmers (1996) apud Mastella (2002)

Para Tavares (2006), a ACVE possui uma estrutura simplificada quando comparada com a ACV, que é mais completa. Por isso, a ACVE facilita a tomada de decisão no que diz respeito à avaliação energética e aos impactos associados ao material em análise, como por exemplo, a geração do CO₂. Com este método reduz-se o tempo e os recursos necessários para a avaliação, pois o foco está em realizar uma análise direcionada ao consumo energético.

2.2 Definição e classificação dos blocos de concreto vazados

A NBR6136 (2007) define que bloco de concreto vazado é “um componente de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta”. Na figura 2, é mostrada a imagem de um bloco de concreto vazado. Os blocos podem ser de diversos tipos e possuem formas modulares, com tamanhos padronizados. Alguns não possuem fundo (especialmente os blocos vazados usados em alvenarias estruturais) e permitem a passagem das instalações e aplicação de graute no interior. (DESIR, [20--?]).

Os blocos podem ser classificados através de diferentes classes, definidas pela Norma 6136 (2007), para que ocorra “a diferenciação dos blocos segundo seu uso”. Estas classes são divididas em Classe A (bloco com função estrutural para uso em alvenaria acima ou abaixo do nível do solo, e resistência maior ou igual a 6MPa), Classe B (bloco com função estrutural para uso em alvenaria acima do nível do solo, e resistência maior ou igual a 4MPa), Classe C (bloco com função estrutural para uso em alvenaria acima do nível do solo e resistência maior ou igual a 3 MPa) e Classe D (bloco sem função estrutural para uso em alvenaria acima do nível do solo e resistência maior ou igual a 2 MPa).

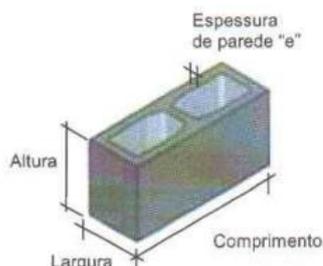


Figura 2 – Bloco de concreto vazado. Fonte: ABNT NBR6136

3 Metodologia

Este artigo tem como objetivo a avaliação do impacto ambiental de dois tipos de blocos de concreto estruturais vazados, fabricados de formas distintas, com a intenção de comprovar se os blocos com incorporação de resíduos são mais ecológicos que os blocos de concreto convencionais, em termos de emissão de CO₂ e de uso de energia.

Para isso, na definição do escopo da avaliação, foram estudados os ciclos de vida da fabricação destes materiais, considerando somente as emissões de CO₂ e a demanda energética da etapa de produção, até o produto ser embalado para envio aos clientes. Neste estudo, não são consideradas as etapas de extração dos materiais que compõem o produto e a pós-produção do produto (a aplicação do produto analisado na execução da obra), uma vez que o processo construtivo é o mesmo para os diferentes materiais analisados.

Foram realizadas visitas a dois fabricantes de blocos que gentilmente disponibilizaram os dados para esta pesquisa e forneceram amostras de materiais. Os tipos de blocos escolhidos para análise neste estudo são o bloco de concreto convencional e o bloco de concreto com adição de resíduos. Ambos os blocos possuem na sua composição cimento, brita, pó de pedra, aditivos, água e pigmentos (opcional). O primeiro bloco inclui como diferencial a areia. Os resíduos que podem ser incorporados ao bloco estudado são poliuretano, cascas de ostras, resíduos de cerâmica, entre outros.

Foi escolhido como bloco de referência para os cálculos nesta pesquisa o bloco vazado de dimensões 14x19x39cm, de Classe A. As características dos blocos analisados são apresentadas no quadro 1, o qual contém uma breve comparação entre os dois produtos. Todas as informações foram obtidas através de contato com os fabricantes dos blocos. Foram mapeadas as matérias primas utilizadas em cada produto e foi feito o balanço (entradas e saídas) dos materiais e da energia do sistema como um todo. Por fim, foi feita a análise comparativa dos ciclos de vida dos dois produtos e a determinação das

características energéticas de cada um, para então avaliar qual deles se encaixa no conceito de material mais ecológico, em resposta a questão principal deste artigo.

Dados	Unidades	Bloco vazado de concreto convencional	Bloco vazado de concreto com adição de resíduos
Dimensões	cm	14 x 19 x 39	14 x 19 x 39
Quantidade/m ²	un	12,5	12,5
Classe	--	Classe A	Classe A
Resistência (28 dias)	Mpa	6	6
Peso	Kg	11,30	12,26

Quadro 1 – Características dos produtos. Fonte: elaborado pelas autoras

4 Resultados

4.1 Bloco de Concreto Convencional

a) Entradas e saídas da produção

Foi feito o balanço das entradas e saídas da produção dos blocos de concreto convencionais, que estão apresentados no quadro 2.

Entradas e saídas da produção		Kg/ unidade
Entradas*	Matéria prima: cimento	0,899
	Matéria prima: areia média	6,059
	Matéria prima: areia fina	0,473
	Matéria prima: brita	3,124
	Matéria prima: aditivo	0,002
	Matéria prima: água	0,743
	Total de entradas	11,300
Saídas	Efluentes gasosos	0,312**
	Resíduos sólidos	1,130***
	Blocos de concreto (produto)	11,300
	Total de saídas	12,742

*Fonte: MAIA et al, 2002. ** Valor extraído do item “4.1 - d”.

*** Estimou-se um percentual de quebra de 10%

Quadro 2 – Entradas e saídas da produção dos blocos. Fonte: elaborado pelas autoras.

b) Produção

Foi executado o fluxograma da produção dos blocos de concreto convencionais, através de visita técnica realizada na fábrica, conforme mostrado na figura 3.

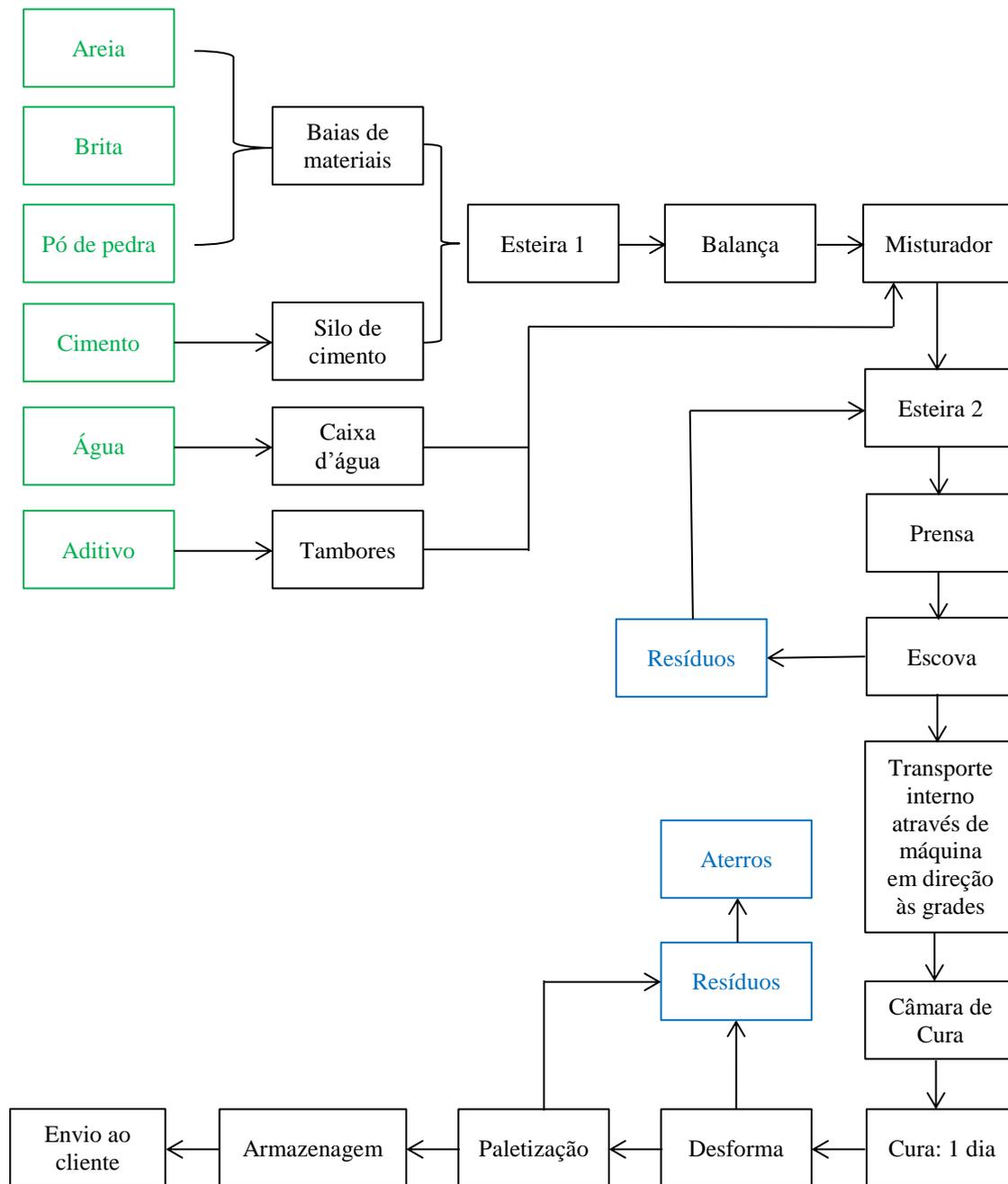


Figura 3: Fluxograma da produção de bloco de concreto convencional. Fonte: elaborado pelas autoras.

c) Energia necessária para a produção de blocos de concreto convencionais

O quadro 3 apresenta uma análise do consumo de energia elétrica para a produção dos blocos de concreto convencionais. O consumo energético é de 0,025kWh por bloco. Para o

cálculo da produção de blocos por mês estimou-se a quantidade considerando um valor médio para um mês de 30 dias. Para o cálculo do consumo de energia elétrica, utilizou-se a tarifa convencional da Celesc para o período da pesquisa, no valor de 0,33423R\$/kWh.

Produção (Blocos/mês)	Consumo de energia médio (kWh/mês)	Consumo energético (kWh/bloco)	Consumo energético (kWh/kg)
672.000	16.754,93	0,0249	0,0022

Quadro 3 – Balanço da energia envolvida na produção. Fonte: elaborado pelas autoras.

d) Gastos com o transporte dos insumos que compõe os blocos

Para estimar a emissão de CO₂ referente aos blocos de concreto, foram adotadas as distâncias médias entre a fábrica dos blocos e de cada um de seus fornecedores de insumos, através do auxílio do *Google Maps*[®] para traçar a rota desejada e extrair a distância. Foi inserida a capacidade média dos veículos que transportam a carga do fornecedor até a fábrica dos blocos, e foi utilizado um valor médio do consumo de óleo diesel extraído através de revisão bibliográfica. Os resultados desta etapa são apresentados no quadro 4.

Para quantificar a emissão de CO₂ envolvida no transporte de insumos para produção dos blocos, foi utilizado o fator de emissão de CO₂ médio do diesel, neste caso 3,37kgCO₂/l. (FERRAZ et al, 2010). Com isso, a emissão de CO₂ para o transporte dos insumos, nestas quantidades, é de 2.046,84kg de CO₂. Para estimar a emissão de CO₂ por bloco, fez-se a regra de proporção através do peso destes insumos em um bloco, para cada insumo separadamente, gerando um valor total de 0,312kg de CO₂ por bloco.

Insumo	Capacidade do caminhão (kg)	Consumo de óleo diesel (km/l)*	Distância percorrida (km)	Consumo de óleo diesel (l/kg)	Consumo de óleo diesel (l)
Cimento	37.000	2,40	155	0,0017	64,58
Areia	12.500	5,50	449	0,0065	81,64
Brita	12.500	3,80	759	0,0159	199,74
Pó de pedra	12.500	3,80	759	0,0159	199,74
Aditivos	6.000	2,40	148	0,0103	61,67
TOTAL CONSUMO ÓLEO DIESEL (l)					607,371
TOTAL EMISSÃO CO₂ (Kg)					2.046,84kg

*Fonte: ROSA, 2010.

Quadro 4 – Gastos com o transporte dos insumos usados na composição dos blocos (matérias primas). Fonte: elaborado pelas autoras.

4.2 Bloco de Concreto com Adição de Resíduos

a) Balanço matéria-energia

Foi feito o balanço das entradas e saídas da produção dos blocos de concreto com adição de resíduos, que estão apresentados no quadro 5.

Entradas e saídas da produção		Kg/ unidade
Entradas*	Matéria prima: cimento	1,649
	Matéria prima: areia	4,537
	Matéria prima: resíduos	0,083
	Matéria prima: pedrisco	0,907
	Matéria prima: pó de pedra	3,629
	Matéria prima: aditivo	0,000
	Matéria prima: água	1,454
	Total de entradas	12,260
Saídas	Efluentes gasosos	0,022**
	Resíduos sólidos	1,226***
	Blocos de concreto (produto)	12,260
	Total de saídas	13,508

* Fonte: SIQUEIRA et al, 2004. ** Resultado apresentado no item “4.2 – d”.

*** Estimou-se um percentual de quebra de 10%

Quadro 5 – Entradas e saídas da produção dos blocos. Fonte: elaborado pelas autoras.

b) Energia necessária para a produção de blocos de concreto com adição de resíduos

O quadro 6 apresenta uma análise do consumo de energia elétrica para a produção dos blocos de concreto com adição de resíduos. O consumo energético é de 0,07kWh por bloco produzido nesta fábrica. Para o cálculo da produção de blocos por mês estimou-se a quantidade considerando um mês de 30 dias. Para o consumo de energia elétrica, utilizou-se a tarifa convencional da Celesc, para o período da pesquisa, no valor de 0,334230 R\$/kWh.

Produção (Blocos/mês)	Consumo de energia médio (kWh/mês)	Consumo energético (kWh/bloco)	Consumo energético (kWh/kg)
32.000	2044,1	0,0638	0,0052

Quadro 6 – Balanço da energia envolvida na produção. Fonte: elaborado pelas autoras.

c) Produção

Foi executado o fluxograma da produção dos blocos de concreto com adição de resíduos, através de revisão bibliográfica, conforme mostrado na figura 4.

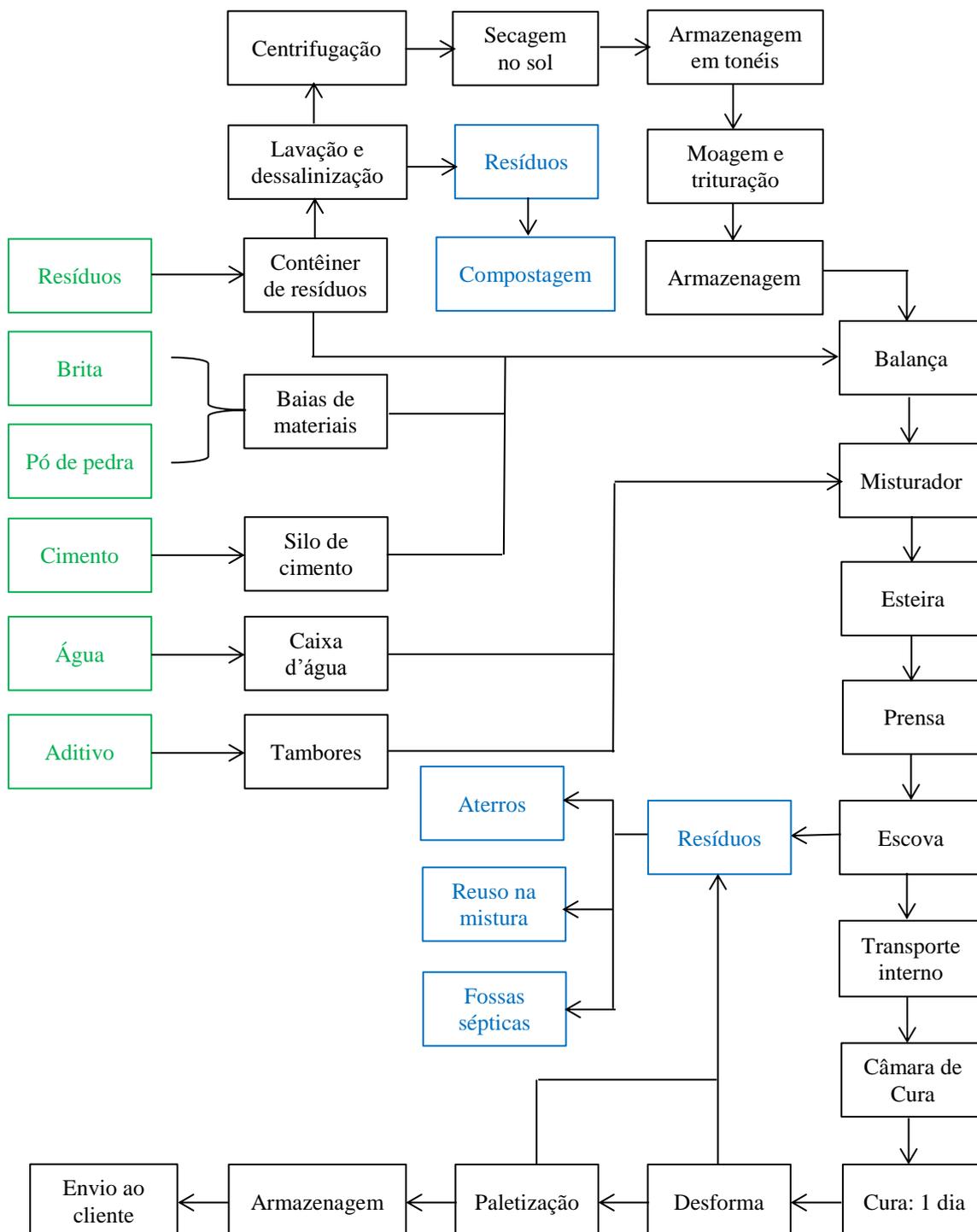


Figura 4: Fluxograma da produção de bloco de concreto com adição de resíduo. Fonte: elaborado pelas autoras.

d) Gastos com o transporte dos insumos que compõe os blocos

Para estimar a emissão de CO₂ referente ao transporte dos blocos de concreto com incorporação de resíduos, foram adotadas as distâncias médias entre a fábrica dos blocos e de cada um de seus fornecedores de insumos, através do auxílio do *Google Maps*[®] para traçar a rota desejada e extrair a distância, conforme executado para o bloco convencional. Foi inserida a capacidade média dos veículos que transportam a carga do fornecedor até a fábrica dos blocos, e foi utilizado um valor médio do consumo de óleo diesel extraído através de revisão bibliográfica. Os resultados desta etapa são apresentados no quadro 7.

Para quantificar a emissão de CO₂ envolvida no transporte de insumos para produção dos blocos, foi utilizado o fator de emissão de CO₂ médio do diesel, neste caso 3,37kgCO₂/l. (FERRAZ et al, 2010). Com isso, a emissão de CO₂ para o transporte dos insumos nestas quantidades é de 651,79kg de CO₂. Para um bloco, fez-se a regra de proporção através do peso destes insumos em um bloco, para cada insumo separadamente, gerando um valor total de 0,022kg de emissão de CO₂ por bloco.

Insumo	Capacidade do caminhão (kg)	Consumo de óleo diesel (km/l)*	Distância percorrida (km)	Consumo de óleo diesel (l/kg)	Consumo de óleo diesel (l)
Cimento	37.000	2,40	299	0,0034	124,58
Resíduos	3.000	5,50	16	0,0009	2,91
Areia	12.500	5,50	6	0,00009	1,09
Brita	12.500	3,80	6	0,0001	1,58
Pó de pedra	12.500	3,80	6	0,0001	1,58
Aditivos	6.000	2,40	148	0,0103	61,67
TOTAL CONSUMO ÓLEO DIESEL (l)					193,41
TOTAL EMISSÃO CO₂ (Kg)					651,79

*Fonte: Rosa, 2010.

Quadro 7 – Gastos com o transporte dos insumos usados na composição dos blocos (matérias primas).
Fonte: elaborado pelas autoras.

4.3 Discussão dos resultados e conclusão

Os resultados encontrados na pesquisa demonstram que o bloco de concreto convencional é mais ecológico do ponto de vista do uso de energia do que o bloco com adições de resíduos. Isto se justifica pelo fato do bloco com adições de resíduos precisar de uma etapa pré-produção, na qual alguns dos resíduos passam por tratamento específico antes de serem utilizados, os quais demandam custos energéticos para a fábrica. Isto pode ser verificado na figura 4, em que o fluxograma da produção destes blocos demonstra as etapas iniciais às quais os blocos com incorporações de resíduos ficam submetidos.

Por outro lado, os blocos com adição de resíduos demonstraram por meio dos resultados desta pesquisa, que são mais ecológicos do ponto de vista da emissão de CO₂, devido ao

fato de que os insumos que são usados para sua composição percorrem menor distância para serem transportados até a fábrica do que no caso do bloco de concreto convencional, para as fábricas estudadas. O quadro 8 apresenta uma comparação dos principais resultados obtidos. Outro ponto positivo é a destinação do resíduo que passa a ser utilizado como matéria prima e deixa de poluir o meio.

Produto (Classe A – 6Mpa)	Peso (kg)	Consumo energético (kWh/bloco)	Emissão CO ₂ (kgCO ₂ /bloco)
Bloco de concreto convencional	11,300	0,025	0,312
Bloco de concreto com adições	12,260	0,064	0,022

Quadro 8 – Comparação dos resultados obtidos para a produção dos blocos de concreto. Fonte: elaborado pelas autoras.

O estudo permite concluir então, que materiais semelhantes e com mesma função podem ter características de produção diferentes, que implicam em resultados ambientais diferentes. Só é possível saber qual material causa mais impacto ao meio ambiente através de análises aprofundadas do processo produtivo aos quais cada material está submetido, através, por exemplo, do uso da ACV ou da ACVE. Como foi demonstrado, afirmar qual produto é mais ecológico vai depender de qual parâmetro deseja-se analisar, seja ele o consumo energético ou a emissão de CO₂, ou outros parâmetros passíveis de se obter resultados através das ACVs.

Referências

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 6136. **Blocos Vazados de concreto simples para alvenaria: Requisitos**. Rio de Janeiro. 2007. 9p.
- BORGES, P. H. R.; LOURENÇO, T. M. F.; FOUREAUX, A. F. S.; PACHECO, L. S. **Estudo comparativo da análise de ciclo de vida de concretos geopoliméricos e de concretos à base de cimento Portland composto (CP II)**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 153-168, abr./jun. 2014. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2015. 12p.
- DESIR, João Marie. **Educação inovadora na engenharia civil: o caso da alvenaria estrutural**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - NAPEAD. Porto Alegre. [20--?]. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/blocos_concreto.php> Acesso em: 09/01/2015.
- FERRAZ E.; JOHN, V.; BESSA, V. **Transporte**. 3º Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável. CBCS. São Paulo, 2010.

GOOGLE MAPS®. Disponível em:

<<https://www.google.com.br/maps?source=tldsi&hl=pt-BR>> Acesso em: 08/01/2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION (1997).

“**Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework**”
- ISO 14040: 1997.

MAIA, Marcelo Jorge S. da; SILVEIRA, João Paulo; CHERIAF, Malik; ROCHA, Janaíde Cavalcante. **Dosagem de blocos pré-moldados com substituição parcial do cimento e substituição parcial ou total da areia fina por cinza pesada**. ENTAC – IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu, 2002. 10p.

MASTELLA, Deise Viana. **Comparação entre os processos de produção de blocos cerâmicos e de concreto para alvenaria estrutural, através da análise do ciclo de vida**. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado). 2002. 107p.

ROSA, Rita Paulus da. **Consumo energético para produção de blocos de concreto: estudo comparativo com blocos cerâmicos através da avaliação do ciclo de vida**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010. 59p.

SANTOS, M. F. N.; BATTISTELE, 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**. GEPROS – Gestão da produção, Operações e Sistemas. Ano 6, nº 2, Abr-Jun/2011, p. 57-73.

SILVA, Cláudio Oliveira. **Manual de Desempenho – Alvenaria com Blocos de Concreto**. Associação Brasileira de Cimento Portland; ABCP, Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto – Bloco Brasil. São Paulo, 2014.

SIQUEIRA, L. V. M.; STRAMARI, M. R.; FOLGUERAS, M. V. **Adição de Poliuretano Expandido para a Confecção de Blocos de Concreto Leve**. Revista Matéria. v. 9, n. 4, pp. 399 – 410, 2004. ISSN 1517-7076.

SOARES, S. R.; SOUZA D. M.; PEREIRA S.W. **Avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil**. Coletânea Habitare – Vol. 7. Construção e Meio Ambiente. Porto Alegre, 2006.

TAVARES, Sergio Fernando. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Florianópolis. 2006.