

Avaliação do ciclo de vida da cerâmica vermelha: blocos cerâmicos

Red ceramic life cycle assessment: ceramic bricks

Daniel Comin da Silva, mestrando, UFSC.

daniel.comin@ifsc.edu.br

Lisiane Ilha Librelotto, doutora, UFSC.

lisiane.librelotto@ufsc.br

Resumo

A cerâmica é um material cuja alta resistência mecânica e durabilidade depende, basicamente, do processo de queima da argila, o qual gera quantidades significativas de emissões atmosféricas responsáveis pelo agravamento do efeito estufa. A identificação destas emissões e seus impactos são necessárias para que alternativas possam ser pensadas neste setor, cuja produção nacional de blocos é de 4 bilhões por mês, utilizando em boa parcela desta produção, a lenha como principal insumo energético. Este artigo tem por objetivo a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) dos blocos cerâmicos e, apresenta o resultado de uma pesquisa bibliográfica realizada no curso de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFSC, coletando informações para exposição de todo o seu ciclo de vida, bem como as energias necessárias, emissões e impactos ambientais resultantes. Estes dados, serviram de base para um estudo de caso, onde realizou-se a ACV dos blocos cerâmicos necessários para a construção de uma residência popular. Como resultado, pode-se quantificar os impactos gerados, identificando os processos mais críticos e as emissões mais significativas.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV); Cerâmica vermelha; Blocos cerâmicos.

Abstract

Ceramic is a material of high mechanical strength and durability basically depends on clay firing process, which generates significant amounts of air emissions responsible for the greenhouse effect. The identification of these emissions and their impacts are needed so that alternatives can be thought of in this industry, whose national production blocks is 4 billion a month, using on good portion of this production, the wood as the main energy source. The objective this paper is Life Cycle Assessment (LCA) of ceramic bricks, and presents the results of a literature survey developed in the course of postgraduate studies in Architecture and Urbanism at UFSC, collecting information for display its entire cycle of life as well as the necessary energy, emissions and environmental impacts. These data formed the basis for a case study, where developed the ACV of ceramic bricks needed to build a popular house. As a result, one can quantify the impacts generated by identifying the most critical processes and the most significant emissions.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA); Red ceramic; Ceramic bricks.

1. Introdução

Em seus estudos, a ONU, principalmente a partir da década de 1980, vêm apontando para a importância de mudanças no atual modelo de consumo, onde a relação entre ser humano e meio ambiente não seja apenas extrativista e exploratória. A busca pelo desenvolvimento sustentável deve ser algo constante, de modo a garantir o crescimento econômico, com o mínimo de impactos negativos no âmbito social e ambiental.

Neste sentido, por sua importância e dimensões, a indústria da construção civil merece uma atenção especial, à medida que produz e consome uma gigantesca quantidade dos mais variados produtos e serviços. Dá-se ainda destaque para a indústria cerâmica, em especial a de blocos cerâmicos, os quais são foco deste trabalho. De um modo geral, segundo Santos (2011), os blocos cerâmicos são responsáveis de 60 a 90 % das alvenarias de vedação executadas no Brasil, variando em cada região, porém com maiores consumos no Sul, Norte e Nordeste do país. Isto representa, segundo dados da ANICER (2008), uma produção anual de 56 bilhões de unidades, a juntarem-se aos estimados 400 bilhões de blocos produzidos anualmente em todo o mundo.

A indústria da cerâmica vermelha é um setor bastante pulverizado e, em sua grande maioria, formada por microempresas. Esta característica faz com que o desenvolvimento tecnológico e sua aplicabilidade dentro do parque fabril, demonstrem-se bastante ineficaz e pontual. Sendo assim, a identificação e compreensão de todo o ciclo de vida da cerâmica, torna-se fundamental para que se permita visualizar seus processos menos eficientes e, assim, buscar soluções específicas para cada caso. Diante dos bilhões de blocos produzidos e consumidos mensalmente no Brasil, por menores que sejam os avanços na racionalização dos recursos, muito significativos serão os resultados alcançados.

Este artigo apresenta os resultados de pesquisas realizadas na disciplina de Gestão da Sustentabilidade na Construção Civil, no terceiro trimestre de 2013, no curso de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFSC. O trabalho tem por objetivo expor o ciclo de vida dos blocos cerâmicos, identificando todo o seu processo produtivo, desde a extração da matéria-prima até o seu descarte, reuso ou reciclagem, bem como as energias consumidas, as emissões e demais impactos ambientais gerados em todas as etapas do processo produtivo. Por meio de estudo de caso, busca-se quantificar as emissões e impactos resultantes da produção de blocos cerâmicos, necessários para construção de uma residência popular.

2. Procedimentos metodológicos

Para atender aos objetivos do trabalho, foram realizadas, inicialmente, pesquisas bibliográficas. Segundo Lakatos e Marconi (2003), uma pesquisa bibliográfica ocorre quando o pesquisador coloca-se em contato direto com o que já foi escrito sobre determinado assunto. Deste modo, por meio de normas técnicas, teses e dissertações, buscou-se informações que permitiram identificar o ciclo de vida dos blocos cerâmicos.

Na sequência, realizou-se um estudo de caso, avaliando-se o projeto arquitetônico de uma residência popular geminada, de modo a quantificar os blocos cerâmicos necessários para a sua construção. Com este quantitativo e tendo por base os dados levantados em pesquisa

bibliográfica, verificou-se as seguintes entradas e saídas associadas ao ciclo de vida destes blocos cerâmicos: o volume de argila e lenha; área de solo necessária para a extração de argila; além das emissões atmosféricas resultantes, desde a extração da argila e seu transporte, até a produção e transporte dos blocos ao consumidor.

3. ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

Segundo a NBR ISO 14040 (ABNT, 2001), a ACV é uma técnica que visa fazer uma avaliação dos impactos ambientais associados a um produto ao longo de seu Ciclo de Vida, fazendo uma compilação de todas as entradas (energias necessárias) e saídas (emissões). Tal ciclo é intitulado pela mesma norma como “do berço ao túmulo”, ou seja, desde a extração e uso das matérias-primas, produção, uso e descarte do produto até o final de sua vida útil. No entanto, como uma variação deste conceito tratado na norma, surge a ideia de ciclo de vida que engloba os processos do “berço ao berço”, ou seja, em seu descarte, o produto pode ainda ser reinserido no ciclo por meio do seu reuso ou reciclagem. “A reutilização pode ter como finalidade prolongar a vida útil do produto com a mesma finalidade para o qual é elaborado, ou não. A reciclagem indica o reaproveitamento do material, não do produto” (SEYE, 2003, p.34).

Na Figura 1, pode-se melhor visualizar as entradas e saídas presentes em todo o ciclo de vida de um produto, bem como suas possibilidades de reuso e reciclagem, as quais normalmente estão associadas a uma redução das emissões e impactos ambientais gerados por um processo produtivo.

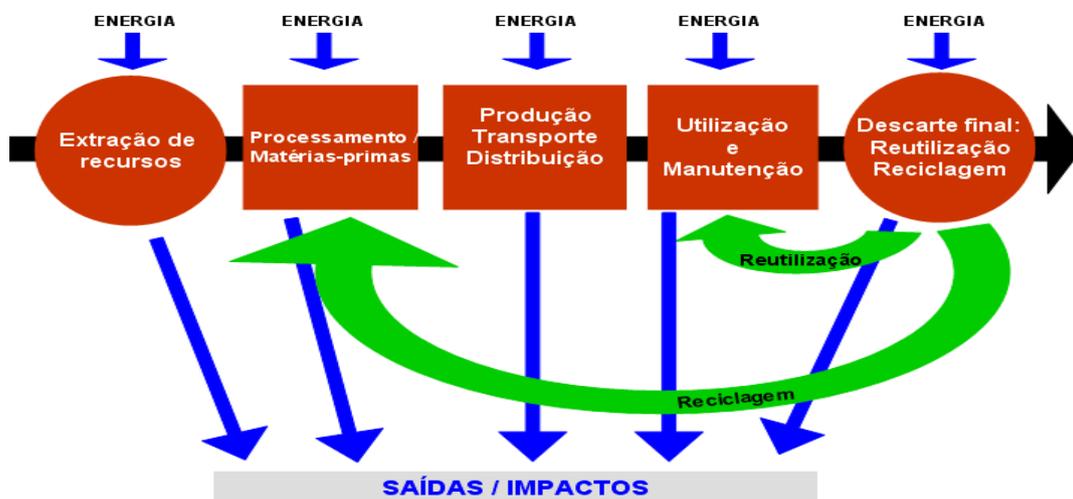


Figura 1: Esquema síntese de uma ACV. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Cerâmica vermelha

Segundo a ABCERAM (2011), cerâmica é uma pedra artificial formada a partir de materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após um tratamento térmico em temperaturas elevadas. Tem por matéria-prima básica a argila que, em estado plástico, pode

ser moldada e resultar em diversos produtos cerâmicos, cuja durabilidade e resistência mecânica são garantidos após um processo de queima.

No Brasil, a indústria cerâmica é um importante setor produtivo, sendo que, somente na indústria da cerâmica vermelha, segundo a ANICER (2008), o setor gera 293 mil empregos diretos, 900 mil empregos indiretos e um faturamento anual de R\$ 18 bilhões. Na cerâmica de revestimento, o Brasil é o segundo maior produtor e consumidor mundial, com uma produção anual de 865,86 milhões de metros quadrados, ficando atrás somente da China. A produção nacional concentra-se, basicamente, nas regiões Sudeste e Sul (ANFACER, 2012).

Os produtos cerâmicos são bastante diversificados e apresentam várias propriedades em comum. No entanto, nas suas especificidades, a ABCERAM (2011) os classifica em:

- Cerâmicas vermelhas: esta categoria, a qual é foco deste artigo, é formada por materiais caracterizados pela coloração avermelhada, normalmente queimados a temperaturas menores, possuindo menores quantidades de vidros formados após a queima, bem como maior porosidade, o que normalmente lhe proporciona menor resistência mecânica. Esta categoria é representada por produtos de grande consumo na construção civil, tais como: tijolos maciços e blocos vazados (de vedação ou estruturais); tabelas; manilhas; blocos decorativos ou cobogós; telhas; utensílios domésticos e produtos artísticos;

- Cerâmicas refratárias;
- Cerâmica branca;
- Cerâmicas de revestimento: este é o setor da cerâmica que emprega as maiores tecnologias.

4.1 Ciclo de vida

A indústria nacional de cerâmica vermelha, segundo dados da ANICER (2008), conta com aproximadamente 6.903 empresas, as quais produzem, mensalmente, 4 bilhões de blocos cerâmicos, 1,3 bilhões de telhas e 325,5 Km de tubos, com um consumo de argila em torno de 10,3 milhões de toneladas / mês. Apesar do setor não trabalhar com as mais avançadas tecnologias disponíveis mundialmente, demonstra uma produção significativa, economicamente atrativa, porém ambientalmente bastante impactante. Desta forma, compreender o Ciclo de Vida (CV) deste material, suas entradas e saídas, faz-se de suma importância, permitindo-se encontrar alternativas para os processos mais impactantes.

De um modo amplo, o CV da cerâmica vermelha, com enfoque na produção de blocos cerâmicos, porém muito similar aos demais produtos desta cadeia produtiva, inicia-se com a produção de um insumo energético, onde predomina o uso da lenha, bem como a extração da argila e seus transportes até a fábrica. No parque fabril, o processo produtivo está basicamente dividido em quatro etapas: preparação da matéria-prima; moldagem; secagem e queima. Ao final deste processo, o produto estará pronto para o consumo, sendo então transportado para os pontos de venda. “Seu raio médio de ação quanto ao envio dos produtos está nos 250 km, a partir do qual o transporte inviabiliza. Para as telhas o alcance é maior podendo estar nos 500 km havendo casos de 700 km.” (SINDICER, 2004, p.16).

Conforme expõe Seye (2003), a extração da argila acontece a céu aberto, normalmente dentro de um raio de 30 km da fábrica. O transporte deste insumo acontece, normalmente,

por meio de serviços terceirizados, utilizando caminhões de pequeno porte, diante das dificuldades de acesso nas jazidas.

A mineração da argila acontece por meio de retroscavadeiras, normalmente em profundidades rasas, entre três e quatro metros. Considerando que são necessários 2 m³ de argila para produção de um milheiro de blocos de oito furos, teremos um consumo horizontal do território de 0,5 m² / milheiro de blocos. No entanto, grandes empresas tendem a otimizar a extração da argila em termos de território explorado (SEYE, 2003).

Para a extração de argila a céu aberto, alguns poluentes são gerados, sendo o principal deles o metano. Na extração de 1 m³ de argila são emitidos 18,6 Kg de CH₄. Além disso, na extração deste mesmo volume de argila, a retroscavadeira utilizada consome, em média, 12,5 litros de diesel. A queima deste combustível gera as emissões indicadas e quantificadas na Tabela 1.

Poluente	NO _x	CO	CO ₂	Particulados	SO ₂
Emissões (Kg)	0,48	0,195	30,825	0,075	0,01

Tabela 1: Emissões devido o consumo de diesel na atividade de escavação. Fonte: SEYE, 2003, elaborado pelos autores.

Em seu descarte final, os blocos cerâmicos podem ser reutilizados, normalmente como blocos de demolição, assumindo função de revestimento ou, então, serem reciclados, servindo de matéria-prima para produção de novos produtos. Neste caso, normalmente são britados juntamente com as argamassas de assentamento e de revestimento presentes na alvenaria.

O Sindicato da Indústria da Cerâmica Vermelha (SINDICER, 2004) aponta, como resultados desta atividade mineradora, alguns impactos característicos: alteração na paisagem; supressão da vegetação; modificação na estrutura do solo; interferência sobre a fauna; compactação do solo; alteração nas calhas dos cursos d'água; alteração no nível do lençol freático; trepidação; poluição sonora; contaminação por óleos e graxas; instabilidade de margens e taludes; erosão e assoreamento dos rios; geração de resíduos sólidos; alteração no tráfego.

Além destas emissões e impactos ocasionados pela atividade mineradora, o consumo do diesel para o transporte destes insumos até a fábrica também gera a emissão de vários gases causadores do efeito estufa, entre eles: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênios (NO_x), metano (CH₄) e componentes orgânicos voláteis não metano. Tais emissões variam conforme as características dos veículos utilizados, bem como das rodovias por eles utilizadas, que implicarão em variações no consumo de diesel. Na Tabela 2, observa-se a quantificação destas emissões, considerando uma distância de 30 km para o transporte destes insumos.

	NO _x	CH ₄	NM VOC	CO	N ₂ O	CO ₂
Valor médio (g/Km)	0,67	0,01	0,24	0,61	0,014	319
Transp. Argila (g/30 Km)	20,1	0,3	7,2	18,3	0,42	9.570
Transp. Lenha (g/30 Km)	20,1	0,3	7,2	18,3	0,42	9.570
TOTAL	40,2	0,6	14,4	36,6	0,84	19.140

Tabela 2: Emissões no transporte da argila e da lenha (g/Km). Fonte: SEYE, 2003.

Na fábrica, as argilas provenientes de diversas jazidas, permanecem estocadas nos pátios da empresa, podendo estar em estoques separados ou serem previamente misturadas. Assim, permanecem normalmente a céu aberto, por um período de 8 a 12 meses, onde ocorrerá inúmeras reações físico-químicas, a decomposição de materiais orgânicos e a desagregação de torrões maiores (BERNI, 2010).

A argila passa ainda por inúmeros processos, de modo a prepará-la para a posterior etapa de moldagem. Entre estes processos, temos a britagem e a moagem, que podem ou não acontecer, dependendo das características da empresa e da argila utilizada. Estas etapas, possuem por função básica, reduzir a granulometria da argila, buscando a sua homogeneização.

Entrando de fato em uma linha de produção, as argilas são conduzidas, por meio de carregadeiras, até o dosador / alimentador, onde pode ocorrer à mistura de argilas de jazidas diferentes, de modo a homogeneizá-las e corrigir possíveis problemas de plasticidade de alguns lotes. Este equipamento é responsável por controlar a quantidade de argila que será processada pelos equipamentos subsequentes, alimentando as correias transportadoras.

Completando ainda esta etapa de preparação da argila, ocorrem os processos de desintegração, mistura e laminação. Estas etapas, por meio de equipamentos específicos, continuam o processo de homogeneização, em termos de propriedades e granulometria, bem como buscam corrigir eventuais problemas de umidade, de modo que, ao final destes processos, tenha-se uma argila com a plasticidade necessária para a extrusão e prensagem (OLIVEIRA, 2011).

Previamente preparada, a argila é conduzida para moldagem, onde irá adquirir a forma do produto desejado. Na produção de blocos, utiliza-se o processo de extrusão, também presente na produção de telhas cerâmicas, porém, com a diferença que estas também passam por uma posterior prensagem.

Após serem moldados, os blocos são conduzidos normalmente para galpões cobertos, iniciando a etapa de secagem. Esta etapa é essencial pois, eliminará excessos de umidade, reduzindo os problemas de retração e deformação dos blocos durante a queima. Os blocos permanecem empilhados em prateleiras verticais por um período de até seis semanas, de modo a garantir uma boa ventilação entre as peças e sua consequente secagem. Outra possibilidade é a secagem por meios artificiais, fazendo-se o aproveitamento do calor proveniente dos fornos de queima, criando-se estufas com temperaturas e ventilação controladas. A secagem artificial acelera o processo produtivo, à medida que reduz o tempo de secagem para um ou dois dias. Ao final da secagem, o objetivo é reduzir a umidade da argila para 3 ou 4 %, resultando em uma retração da peça de 4 a 10 % (MAFRA, 1999).

Já secas, as peças são conduzidas ao forno para a queima, utilizando-se como insumo energético, normalmente, a lenha, rejeitos de madeira, serragem, óleo ou carvão mineral, variando conforme o porte da empresa, disponibilidade do insumo, fatores econômicos e qualidade do produto. Nos fornos, as peças são calcinadas em altas temperaturas que, por meio de transformações físico-químicas, alteram as propriedades mecânicas, cor e dimensões da peça. A temperatura de queima é da ordem de 750 a 900°C para tijolos e, de 900 a 950°C para telhas.

Após serem queimados, os blocos adquirem as propriedades de coloração e resistência característicos da cerâmica. O lote será então inspecionado para identificação de peças

excessivamente queimadas, trincadas ou quebradas, sendo então descartadas, normalmente como material de aterro. Estando dentro dos padrões da ABNT, o produto será estocado, seguindo para a comercialização. O transporte do produto cerâmico ocorre, essencialmente, em rodovias por meio de caminhões.

Durante todas as etapas descritas deste processo produtivo, várias são as entradas e saídas, cuja identificação é essencial para a ACV dos blocos cerâmicos. Com relação às entradas temos: matérias-primas e insumos energéticos, representados, basicamente, pela argila e pela lenha; água; e energia (elétrica e térmica). Com relação às saídas, temos: emissões gasosas; águas residuais; resíduos sólidos; ruídos; além de calor. Estas entradas e saídas distribuem-se de forma desigual durante o processo, estando assim identificadas no Quadro 1. É válido lembrar que a etapa de esmaltação não ocorre na fabricação de blocos cerâmicos.

Aspectos Ambientais	Input			Output				
	Matéria-prima	Água	Energia	Emissões gasosas	Águas residuais	Resíduos	Ruído	Calor
Preparação da massa								
Conformação (prensagem)								
Conformação (moldagem)								
Secagem								
Preparação dos esmaltes								
Esmaltação								
Queima								
Acabamento								
Escolha								

Quadro 1: Entradas e saídas no processo produtivo da indústria cerâmica. Fonte: BERNI, 2010.

Conforme já mencionado, a lenha é a principal fonte de energia térmica utilizada na indústria cerâmica, principalmente no segmento da cerâmica vermelha na produção de blocos. Segundo Berni (2010), o consumo de lenha pode variar de 1,7 a 4,1 m³ por milheiro de peças produzidas. Esta variação ocorre, principalmente, pelo uso de diferentes fornos, onde os modelos intermitentes apresentam um consumo maior comparados com os modelos contínuos, com uma diferença que pode ser da ordem de seis vezes.

A queima destes combustíveis é a principal responsável pela emissão de CO₂. Segundo Seye (2003), o dióxido e o monóxido de carbono são as principais emissões, sendo gerados, principalmente, pela queima da cerâmica e nas etapas onde há a queima do diesel. Embora os dados da Tabela 3 são referentes ao uso do capim elefante como combustível, suas emissões são próximas as da lenha, além do processo produtivo ser o mesmo.

Contribuição	Unidade	Plantio de Capim	Extração da argila	Transporte rodoviário	Produção de tijolo	Total
ENERGIA						
Energia	GJ	0,044	1,046	0,667	1,822	3,58
EMISSIONES PARA O AR						
CO ₂	Kg	24,02	61,65	38,28	269,20	393,15
N ₂ O	Kg	64,80	-	1,68*10 ⁻³	0,08	64,88
CH ₄	Kg	0,29	37,20	1,20*10 ⁻³	0,59	38,08
SO ₂	Kg	-	0,02	-	1,25	1,27
CO	Kg	0,33	0,39	7,32*10 ⁻²	79,07	79,79
NO _x	Kg	0,26	0,96	8,04*10 ⁻²	1,97	3,27
Particulados	Kg	0,065	0,15	2,88*10 ⁻²	0,99	1,23
NH ₃	Kg	19,60	-	-	-	19,60

Tabela 3: Inventário do ciclo de vida de um milheiro de blocos cerâmicos. Fonte: SEYE, 2003.

É importante também salientar que o uso de diferentes fontes de energia varia conforme cada uso específico dentro produção. Na Tabela 4 observa-se, por exemplo, que a lenha e o gás natural são utilizados basicamente nos processos de aquecimento direto, relacionados à queima e a secagem da cerâmica. Já a energia elétrica é responsável pelo acionamento da maior parte dos equipamentos presentes dentro da indústria, nos seus mais diversos setores. Temos também o G.L.P. e o óleo combustível como os principais combustíveis utilizados em caldeiras e aquecedores de água, pouco presentes na indústria de blocos cerâmicos.

Energético	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento direto	Iluminação
Gás natural	0,0	0,0	100,0	0,0
Carvão vapor	0,0	0,0	100,0	0,0
Lenha	0,0	0,0	100,0	0,0
Outras fontes primárias	0,0	0,0	100,0	0,0
Óleo diesel	88,3	0,9	10,8	0,0
Óleo combustível	0,0	28,3	71,7	0,0
GLP	0,3	24,5	75,2	0,0
Elettricidade	90,0	0,0	6,4	3,6
Outras fontes secundárias do petróleo	0,0	0,0	100,0	0,0

Tabela 4: Distribuição percentual do consumo dos energéticos utilizados na indústria cerâmica do Brasil, por usos finais, em 2004. Fonte: BERNI, 2010.

O segmento de cerâmica vermelha possui capacidade de absorver um amplo conjunto de resíduos de outras indústrias, como insumos energéticos. Essa é uma estratégia adotada pelas fábricas quando em busca de redução de custos, mesmo desconhecendo a iniciativa ambiental por trás dessa atitude. Resíduos da fabricação de móveis e de serrarias podem ser usados como energéticos, o que permite um encaminhamento útil para tais resíduos, desde que eles sejam provenientes de indústrias que usem madeiras de reflorestamento e não tenham sido tratados com produtos químicos tóxicos (BERNI, 2010, p. 48).

Os resíduos sólidos gerados pela indústria da cerâmica vermelha, quando anteriores a queima, são reutilizados dentro da própria produção, não ocasionando maiores impactos ambientais. Já os resíduos cozidos, normalmente, seguem como material de aterro, podendo, pelas propriedades da cerâmica, serem assimilados pela natureza, resguardadas as devidas proporções de volume do material descartado e as características dos locais de depósito.

Ao final de seu ciclo de vida, os tijolos cerâmicos (os blocos vazados não são comumente reutilizados como peças inteiras) podem ser reutilizados como tijolos inteiros, normalmente assumindo a função de revestimento. No entanto, conforme expõe Hendriks (2007), o reuso deste material só é possível nos casos onde a argamassa tenha cal. Nos casos onde o cimento é predominante, a ligação deste com o tijolo é muito forte, ocasionando a sua quebra em uma tentativa de reutilização da peça inteira. Sendo assim, construções mais antigas são as principais fontes deste tipo de material de demolição, principalmente anteriores a 1945, quando o uso da cal era maior.

O ideal para o reuso deste material seria um destino dentro do próprio canteiro de obras, evitando-se a necessidade de transporte. Neste sentido, o material poderia ser reutilizado no de enchimento de valas e aterros. A Figura 2, traz um resumo das entradas, saídas e impactos presentes no ciclo de vida da cerâmica vermelha.

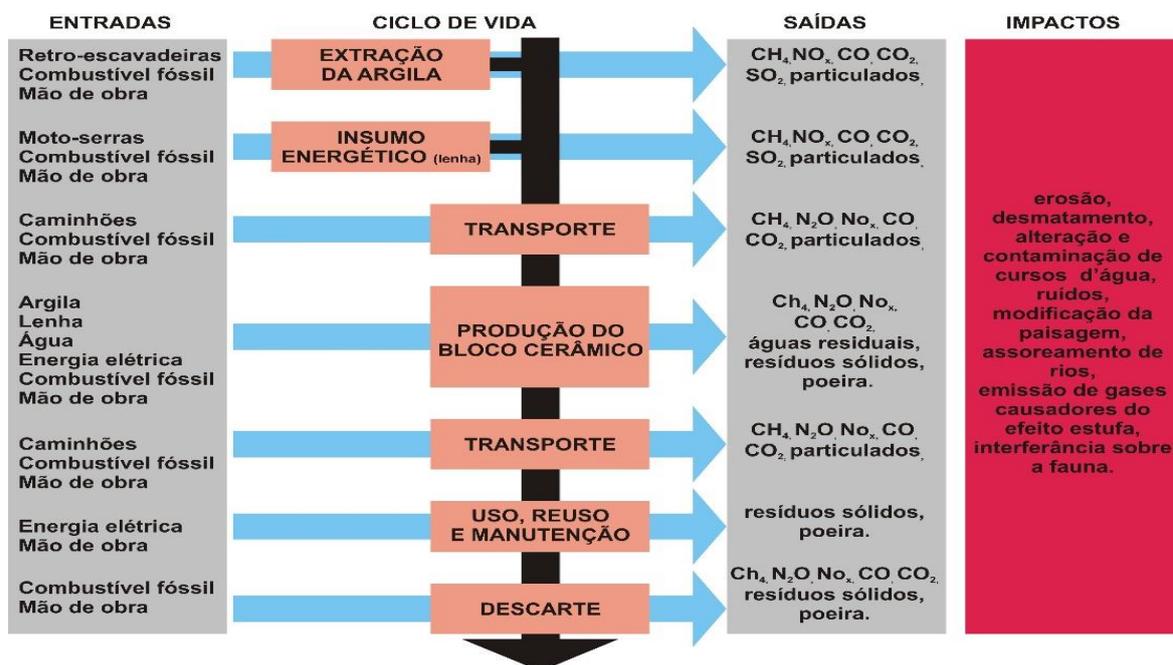


Figura 2: Entradas, saídas e impactos no CV dos blocos cerâmicos. Fonte: elaborado pelos autores.

Quando o reuso não é possível, a reciclagem é uma possibilidade. Neste caso, o material cerâmico, normalmente associado à argamassa de assentamento e revestimento, é britado e torna-se matéria-prima para novos produtos. O ideal é que este processo ocorra dentro do canteiro de obras, podendo ser utilizado para enchimento de valas, reforço de bases de pavimentação, cascalhamento de estradas, aterros, contrapisos e argamassas para artefatos de concreto (blocos de vedação, meio fio, blocos intertravados e manilhas para esgoto). No entanto, caso não ocorra o reuso ou a reciclagem do material cerâmico, a Resolução nº 307 / 2002 do CONAMA determina que este material seja descartado em locais próprios para aterros de resíduos Classe A, categoria na qual se enquadra os materiais cerâmicos.

5. Estudo de caso

Diante das informações coletadas acerca do ciclo de vida dos blocos cerâmicos, realizou-se um estudo de caso com um projeto residencial, de modo a quantificar as emissões atmosféricas identificadas. Assim, pôde-se tê-lo como um parâmetro dos impactos gerados por uma edificação residencial popular, relacionados, unicamente, ao uso de blocos cerâmicos na execução de suas alvenarias. Desta forma, pode-se ter uma ideia das dimensões dos impactos ocasionados e, em estudos futuros, compará-lo com outros materiais, norteando escolhas mais embasadas no momento de especificá-los.

Para a realização deste estudo, buscou-se um projeto arquitetônico também trabalhado na disciplina de Gestão da Sustentabilidade na Construção Civil, o qual trata-se de uma edificação residencial geminada, com duas unidades de 53,94 m² (ver Figura 3). Deste modo, tem-se uma edificação popular, bastante característica dentre as inúmeras subsidiadas pelo Governo Federal nos atuais programas habitacionais, o que permite fazer uma correlação entre as emissões geradas neste edifício e outros milhares construídas anualmente.

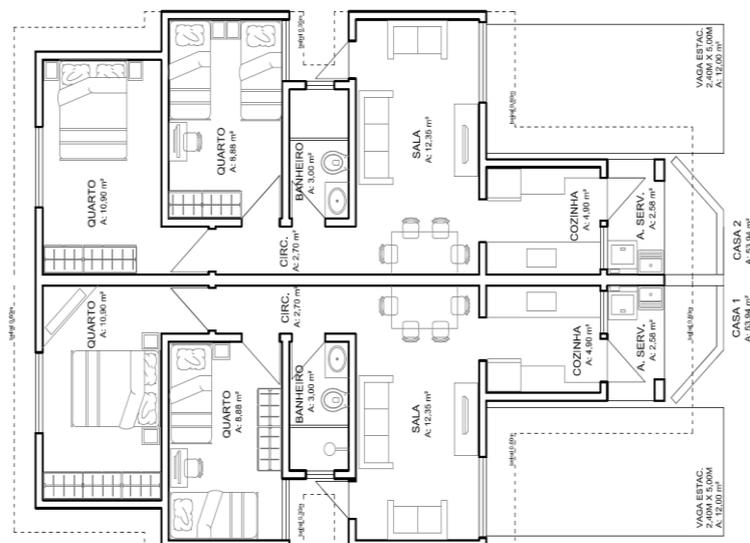


Figura 3: Planta baixa do estudo de caso. Fonte: elaborado pelos autores.

Para tal projeto, foram quantificados 5600 blocos cerâmicos (11,5 x 14 x 21 cm) e, sobre estes, foram analisadas as emissões atmosféricas geradas até o momento de sua entrega no canteiro de obras. Os dados encontrados neste estudo de caso estão registrados na Tabela 5.

ENTRADA	EMISSÕES	Extração da argila	Transporte rodoviário (argila + lenha) 30 Km	Produção do bloco cerâmico	Transporte ao consumidor (125 km)	TOTAL	SAÍDA
11,2 m ³ de argila	NO _x (Kg)	5,376	0,0402	11,032	0,0837	16,5319	5600 blocos
	CO (Kg)	2,184	0,0366	442,792	0,0762	445,0888	
2,8 m ² de superfície do solo	CO ₂ (Kg)	345,24	19,14	1507,52	39,875	1911,775	
	SO ₂ (Kg)	0,112	*	7,0	*	7,112	
	CH ₄ (Kg)	208,32	0,0006	3,304	0,0012	211,6258	
16,24 m ³ de lenha	N ₂ O (Kg)	*	0,0008	0,448	0,0017	0,4505	
	Particulados (Kg)	0,84	0,0144	5,544	0,03	6,4284	

Tabela 5: Resumo das emissões atmosféricas para 5600 tijolos. Fonte: elaborado pelos autores.

Para a fabricação dos 5600 blocos, considerando o consumo de 2m³ por milheiro, são necessários 11,2 m³ de argila. Com uma extração média identificada de 4 metros de profundidade e o consumo de 0,5m² de solo por milheiro de blocos, esta argila consumiria uma área de 2,8 m² de superfície. Além disso, considerando uma média de 2,9 m³ de lenha por milheiro de blocos fabricados, tem-se, somente para esta construção, o consumo de 16,24 m³ de lenha. Dentre os demais dados apresentados, um destaque para o dióxido e o monóxido de carbono, além do metano, com emissões respectivas de 1911,77 Kg, 445,08 Kg e 211,62 Kg. Estes gases são responsáveis pelo agravamento do efeito estufa e as maiores emissões ocorrem durante o processo de produção do bloco, sobretudo durante a queima da argila. Deste modo, visando reduzir estas saídas, a ACV aponta para uma atenção especial sobre os fornos utilizados, buscando modelos mais eficientes. Outras fontes de energia também podem ser testadas, porém, entende-se que esta é uma tarefa difícil para o setor, onde predominam as microempresas de baixo desenvolvimento tecnológico.

Segundo a Fundação João Pinheiro (2014), o déficit habitacional brasileiro é de 5,79 milhões de moradias. Sabendo-se que os blocos cerâmicos estão presentes, em média, em 75% das alvenarias executadas no Brasil (SANTOS, 2011), bem como de posse dos dados

obtidos neste estudo de caso, para o equacionamento deste déficit habitacional serão consumidos 6,08Km² de solo, o equivalente a aproximadamente 600 campos de futebol. Para se ter uma ideia, com esta área seria possível suprir o consumo anual de arroz de 86 mil brasileiros (FAO, 2014). Por outro lado, com o mesmo consumo de blocos cerâmicos, seriam emitidas 4.148.551,75 toneladas de CO₂, o que equivale a 0,8% da emissão anual brasileira. Ao mesmo tempo que as atuais políticas governamentais projetam o equacionamento do déficit habitacional, temos esta projeção de impactos associados as atuais técnicas construtivas e processos de produção dos blocos cerâmicos (MCTI, 2014).

6. Considerações finais

A Avaliação do Ciclo de Vida na indústria cerâmica em muito pode contribuir para que os impactos ambientais ocasionados pelo setor possam ser minimizados. No entanto, para isso, é preciso que esta consciência e interesse sejam despertados e, se necessário for, que medidas públicas induzam e incentivem as empresas a realizarem a ACV dentro de suas fábricas, visto que, com diferentes tecnologias e processos empregados, temos também diferentes graus de emissões e impactos ambientais. Mais do que um selo que rotule as empresas, é necessário que condições mínimas sejam atendidas e progredidas periodicamente, fazendo-se uma renovação das tecnologias empregadas em todo o processo produtivo, de modo a substituir processos e técnicas pouco eficientes energeticamente.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (ABCERAM). **Informações Técnicas:** Definição e Classificação. São Paulo, 2011.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER). **Dados Oficiais.** Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14040:** Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001. 10p.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICAS. **História da Cerâmica.** São Paulo: ANFACER, 2013.
- BERNI, Mauro Donizete; BAJAY, Sérgio Valdir; GORLA, Filipe D. **Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria:** Relatório Setorial – Setor Cerâmico. Brasília: CNI, 2010. 75p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307,** de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balanco Energético Nacional 2013:** Ano base 2012. Rio de Janeiro: EPE, 2013. 284 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Food and nutrition in numbers.** Rome, 2014.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP). Centro de Estatística e Informações. **Nota técnica: déficit habitacional no Brasil – anos 2011 e 2012.** Belos Horizonte, 2014. 16p.

HENDRIKS, Ch. F; NIJKERK, A. E. Van Koppen, et. al. **O Ciclo da Construção.** 1 Ed.; Brasília: Universidade de Brasília, 2007.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos da metodologia científica.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003. 312 p.

MAFRA, Antero Tadeu. **Proposta de Indicadores de Desempenho para Indústria de Cerâmica Vermelha.** Mestrado (Dissertação). Departamento de Engenharia de Produções e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 1999.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI) – Brasil. **Estimativas anuais de emissões de gases do efeito estufa no Brasil.** 2 ed. Brasília, 2014.

OLIVEIRA, Fabson Emerson Marrocos de. **Acompanhamento da Produção Industrial em Cerâmica da Microrregião do Vale do Assu:** Estudo de Caso. 66 p. Bacharel (Monografia). Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, RN, 2011.

SANTOS, Altair. Bloco de concreto começa a virar o jogo. **Revista Itambé,** mar. 2011.

SANTOS, I. S. S; SILVA, N. I W. **Manual de Cerâmica Vermelha.** Porto Alegre: UNISINOS, 1995. 56 p.

SEYE, Omar. **Análise de Ciclo de Vida Aplicada ao Processo Produtivo de Cerâmica Estrutural Tendo Como Insumo Energético Capim Elefante (Pennisetum Purpureum Schaum).** 148 p. Doutorado (Tese). Departamento de Sistemas Energéticos, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2003.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICA DO ESTADO DO TOCANTINS (SINDICER). **Estudo de Atividade Empresarial: Cerâmica Vermelha.** Palmas , 2004.