

MATRIZ MET - MATERIAIS, ENERGIA, TOXICIDADE - APLICADA AO BLOCO DE CONCRETO CELULAR AUTOCLAVADO

VITORINO, Stefane Jardim

Doutoranda Inovação Tecnológica, Universidade Federal de Minas Gerais
stefanevitorino@gmail.com

PEREIRA, Gessé

Mestrando Inovação Tecnológica, Universidade Federal de Minas Gerais
gessepereira@gmail.com

GAMA, Lucas Martins

Mestrando Inovação Tecnológica, Universidade Federal de Minas Gerais
lucas@martinsgama.com

ROMEIRO Filho, Eduardo

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais
romeiro@dep.ufmg.br

RESUMO

No Brasil, a indústria da construção civil é um dos maiores geradores de resíduos sólidos. Ainda é um setor de pouca industrialização nos seus canteiros de obras e com alta demanda de energia e matérias primas. A mão de obra além de escassa é desqualificada. Há poucos investimentos em tecnologia e inovação gerando, conseqüentemente, empreendimentos com alto custo. No entanto, a construção civil é reconhecidamente importante para o desenvolvimento e geração de empregos no país, servindo como uma das bases para a avaliação da atividade econômica. Entretanto, também é fonte de grande impacto ambiental, seja nos processos de fabricação de seus materiais como na geração de resíduos durante o processo construtivo. Com o objetivo de contribuir para a redução destes impactos, este artigo apresenta uma avaliação do impacto ambiental gerado pela fabricação e aplicação de BCCA – Blocos de Concreto Celular Autoclavado, por meio da aplicação da Matriz MET – Materiais, Energia e Toxicidade. Os resultados demonstram que a adoção de BCCA em processos construtivos pode ser benéfica em termos de redução do impacto ambiental, além de trazer outros benefícios como a redução de consumo de outros materiais em função de suas características e da geração de entulho nos canteiros de obras.

Palavras Chaves: Construção civil, resíduos, impactos ambientais, ciclo de vida, materiais

ABSTRACT

In Brazil, the civil construction industry is one of the largest generators of solid waste. It is still a sector with little industrialization in its construction sites and with high demand for energy and raw materials. The manpower besides being scarce is disqualified. There are few investments in technology and innovation, consequently generating high cost projects. However, civil construction is admittedly important for the development and generation of jobs in the country, serving as one of

the bases for evaluating economic activity. However, it is also a source of great environmental impact, whether in the manufacturing processes of its materials or in the generation of waste during the construction process. In order to contribute to the reduction of these impacts, this article presents an assessment of the environmental impact generated by the manufacture and application of ACC – Autoclaved Cellular Concrete Blocks, through the application of the MET Matrix – Materials, Energy and Toxicity. The results demonstrate that the adoption of ACC in construction processes can be beneficial in terms of reducing the environmental impact, in addition to bringing other benefits such as the reduction in the consumption of other materials due to their characteristics and the generation of debris at construction sites.

Key words: Civil construction, waste, environmental impacts, life cycle, materials

1. INTRODUÇÃO

Apesar de ser um setor reconhecido por ser importante para o desenvolvimento econômico e social das cidades, a construção civil é uma atividade que causa muitos impactos ambientais. O grande consumo de matéria-prima e energia, e a intensa produção de resíduos, entre outros impactos, contribuem muito para a degradação ambiental (Leite e Neto, 2014). É dentro deste contexto, que se considera relevante a implementação de conceitos de gestão ambiental como objetivos primordiais a serem atingidos por empresas deste setor produtivo, visto que a construção civil é responsável por volumes superiores a 50% dos resíduos do país (Dias et al, 2017).

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), as cidades brasileiras geraram em 2018 cerca de 79 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Foram coletados 92% deste total (79 milhões), apenas 43,3 milhões de toneladas, 59,5% do coletado, foi disposto em aterros sanitários. O montante de 29,5 milhões de toneladas de resíduos, 40,5% do total coletado, foi despejado inadequadamente em lixões ou aterros controlados e ainda cerca de 6,3 milhões de toneladas geradas anualmente continuam sem ao menos serem coletadas e seguem sendo depositadas sem controle (CBIC, 2021).

Existem diferentes propostas para redução de resíduos na construção civil, muitas delas centradas em melhorias dos processos de gestão de resíduos (Azevedo et al, 2006, Agopyan et al, 1998), redução de sua geração (Souza et al, 2004) ou seu reuso e reciclagem (Guerra et al, 2020, Bao et al, 2020). Considera-se importante também a avaliação do impacto ambiental causado por opções por componentes construtivos (Colangelo et al, 2018). Como forma de contribuição ao tema, este artigo propõe a utilização da Matriz MET – Materiais, Energia e Toxidade (Frazão et al, 2003 e BERKEL et al, 1997) para avaliação do ciclo de vida de um material para construção civil o bloco de concreto celular autoclavado (BCCA). Dentre as finalidades de uso e aplicação, o BCCA é destinado à execução de alvenarias de vedação e divisão de ambientes. O produto tem como característica principal a sua baixa densidade o que beneficia uma redução nos custos das infraestruturas e superestruturas. Além disto, devido a sua leveza, facilidade de manuseio e dimensões, a produtividade durante a etapa de construção das alvenarias é três vezes maior ao se comparar com outros componentes de alvenaria do mercado.

O BCCA tem sido industrialmente produzido desde do início do século XX e sua história inicial é baseada em uma série de patentes de processo. De acordo com Van Boggelen (2014) em 1880, alemão Michaelis, químico e inventor da cura a vapor, concedeu uma patente sobre seus processos de cura a vapor. Checo Hoffman testou e patenteou, em 1889, com sucesso o método de “Aerado” o concreto com dióxido de carbono. Os americanos Aylsworth e Dyer usaram pó de alumínio e hidróxido de cálcio para obter mistura cimentícia porosa, pela qual também receberam uma patente em 1914. O sueco e arquiteto Axel Eriksson deu um passo sério para o desenvolvimento de BCCA, quando em 1920 ele patenteou (FI 11389 A) os métodos de fazer uma mistura aerada de calcário e ardósia moída; a chamada “fórmula da cal”. Após a segunda Guerra mundial, com um país a se reconstruir o produto passou a ser um dos principais materiais para a construção civil na Alemanha que hoje é um dos maiores produtores de blocos de concreto celular autoclavado no mundo. No Brasil a tecnologia foi importada por uma empresa situada no estado de São Paulo no ano de 1957 (PUMEX) e em Belo Horizonte no estado de Minas Gerais no ano de 1982 (SICAL). Até os dias de hoje os atuais fabricantes do BCCA (DVG Sical) vêm aprimorando e buscando alternativas para potencialização dos seus desempenhos mecânicos, físicos e químicos a fim de ofertar ao mercado um produto que venha se diferenciar nos requisitos exigidos pela Norma de Desempenho NBR 15.575:2013 (ABNT).

O BCCA é basicamente composto por cimento Portland, areia rica em sílica, cal virgem, adições como filler calcário e agente expensor (Pó de Alumínio). No mundo há produções que adicionam gesso e cinzas volantes. Todo o processo se inicia na jazida na extração da areia de quartzo rica em sílica que é levada ao britador para quebrar as rochas de sílica e a um peneiramento onde se retira todas as impurezas. Após esta etapa, a mistura da areia com o resíduo seco é levada ao moinho rotativo onde, também, recebe água e a lama de retorno (resíduo úmido + água). Esta moagem gera o que se chama de lama de areia e a mesma é homogeneizada continuamente, para que não haja decantação. Esta lama junto ao cimento Portland, a cal virgem e ao filler calcário são pesados e transferidos automaticamente para um misturador. A mistura ocorre por seis minutos e, faltando 30 segundos para finalizar esta etapa, se dosa o pó de alumínio (agente expensor) diluído em água gelada (5°C) a fim de controlar sua reatividade. Esta mistura é despejada em formas retangulares e após o despejo o pó de alumínio reage com a cal virgem, assim, se inicia a expansão e a etapa de pré-cura. Após esta etapa, quando a massa de Concreto celular atingir uma determinada dureza ocorre a desforma e o corte definindo as dimensões dos blocos em sua espessura, altura e comprimento, em seguida estes blocos são introduzidos às autoclaves que deverão atingir a pressão média de 180 libras e temperatura de 200°C, por um ciclo de onze horas. Nesta etapa, todas as reações químicas entre as matérias primas são potencializadas acelerando o crescimento dos desempenhos mecânicos, tendo o produto apto para expedição em até 24 hs. Um dos minerais

formados nesta etapa é a tobermorita. A química do processo de formação de tobermorita fundamenta-se na reação entre o cálcio e a sílica provenientes da hidratação dos silicatos cálcicos do cimento, complementada pela adição de cal e material silicioso (quartzo, pumicito, cinzas volantes etc.).

O BCCA é reconhecido mundialmente como “green block”. Dentre as premissas voltadas às questões ambientais, para garantir a sustentabilidade e manutenção desta nomenclatura as fábricas sistematicamente costumam aproveitar seus resíduos secos e úmidos durante o processo produtivo incorporando-os às engenharias do produto acabado ou lançando novos produtos. Muitas fábricas já reaproveitam 100% da água da condensação do vapor das autoclaves. A DVG Sical, aproveita os resíduos secos tanto para fabricação de novos produtos, como a brita expandida e o pó secante para leitões, quanto parte desta água de condensação. Logo, um dos apelos é a sustentabilidade divulgada por todos os produtores de bloco de concreto celular autoclavado do mundo, o que define o reconhecimento do produto como bloco verde. Durante a execução das alvenarias com o BCCA poder-se-á reaproveitar os resíduos oriundos dos cortes dos blocos para a modulação das paredes, para enchimento de desníveis de piso e até mesmo podendo este retornar à fábrica, aplicando assim a logística reversa. A logística reversa, no caso da DVG Sical, hoje, se limita a um raio de 50 Km em função do frete. Os caminhões contratados para entregas acima de 50 Km nem sempre retornam vazios para um novo carregamento, o que facilitaria retornar com o resíduo, pois costumam carregar outros produtos e partir para outras entregas.

O BCCA, é fácil cortar, manusear, leve e resistente, assim sendo é um produto que a geração de resíduos nesta etapa da obra é muito baixa. O não aproveitamento, ou seja, aquilo que é descartado e teria como destino os aterros e lixões, gerando grande impacto ambiental negativo, é classificado junto com os demais resíduos da obra e levado para cooperativas e operadores de reciclagem. É realizado uma triagem e direcionamento para a reciclagem ou centrais para obtenção energética, retornando o material ao ciclo produtivo.

2. MÉTODO

A matriz MET - Materiais, Energia, Toxicidade – é basicamente um dispositivo gráfico que identifica, a partir de uma configuração input-output, impactos ambientais observados no ciclo de vida dos produtos, sejam estes bens ou serviços (Frazão et al, 2003), sendo particularmente útil para estabelecer prioridades de melhoria do desempenho ambiental. O resultado consiste em uma matriz, com texto descritivo em cada uma de suas células. As abcissas são compostas por inputs-outputs que levantam as questões ambientais relacionadas ao uso de materiais, uso de energia e toxicidade do produto. As ordenadas apresentam as fases do ciclo de vida do produto. Cada célula da matriz apresenta os resultados da interseção de dois aspectos particulares. Por exemplo, isso significa que,

olhando para certas células, pode-se examinar aspectos como o uso de energia durante a fase de produção ou os níveis de toxicidade que podem ser uma preocupação durante a fase de descarte (Berkel et al, 1997). O processo de construção da matriz adotado neste trabalho foi baseado em um levantamento detalhado do processo produtivo do BCCA, seguido de uma avaliação de seu ciclo de vida, por meio de uma série de reuniões da equipe de trabalho (algumas em formato “brainstorming”) para o preenchimento da matriz.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da aplicação da matriz foram divididos em matrizes menores, cada uma apresentando os resultados de determinada fase do ciclo de vida: Pré-fabricação, Fabricação, Distribuição, Utilização e Fim de Vida. A seguir são apresentados os resultados obtidos.

Tabela 1 – Avaliação do ciclo de vida do produto BCCA na etapa de pré-fabricação

	MATERIAIS	ENERGIA	TOXICIDADE
	PRÉ FABRICAÇÃO	AREIA	Diesel
RESÍDUO SECO		Diesel	NA
LAMA DE RETORNO (RESÍDUO ÚMIDO + ÁGUA)		Energia elétrica	NA
LAMA		Energia elétrica	NA
1 – Quantidade de Materiais: Areia Seca: 67% (extração da jazida) = 100% da Lama final Resíduo Seco: 17% Lama de Retorno: 16% (resíduo úmido + água) 2 – Tipo de Processamento: Britagem – peneiramento – moagem – mistura das lamas 3 – Consumos Energéticos: Diesel utilizado na pá carregadeira, energia elétrica 4 – Desempenho dos componentes: Granulometria da areia: #170 Densidade da Lama de Retorno: Densidade da Lama de Moagem: Relação líquido / sólido:			

Fonte: Autores

Nesta etapa as estratégias (tabela 1) de melhoria a serem consideradas são oportunidades para estudos e implementação de mecanismos a fim de aproveitar a água oriunda da condensação das autoclaves bem como gerar energia a partir do vapor. O resíduo úmido gerado na etapa de corte, bem como o resíduo seco gerado na movimentação e armazenagem são produtos acabados que voltam ao processo podendo assim ser considerado como uma refabricação. O aproveitamento de 100% do resíduo seco depende da utilização do mesmo no processo e o desenvolvimento de novos produtos a partir destes resíduos. A estratégia de melhoria está de acordo com a possibilidade em aumentar a vida útil da jazida até 30%.

Durante a fabricação (tabela 2), uma boa oportunidade para diminuir os consumos energéticos seria investir em outras alternativas de energia e a troca das lâmpadas comuns para lâmpadas de led,

assim como estrategicamente inserir na formulação resíduos minerais na composição os quais poderão ser uma excelente alternativa para substituição da cal virgem e o cimento que são matérias primas onde sua fabricação consome muita energia e onde as emissões de CO₂ são altas. Independentemente da reutilização dos resíduos secos seja para fabricação de outros produtos, seja no reaproveitamento no processo, há oportunidades de diminuir esta geração na contratação de projetos que envolvam as etapas de paletização e movimentação e armazenagem. Além disto é possível aplicar políticas de gestão de resíduos desde dos orgânicos bem como oriundo das embalagens, materiais metálicos, plásticos e etc. Um dos combustíveis para alimentar a caldeira, é a lenha de árvore plantada com certificação do IEF e seu consumo poderá ser reduzido com ações simples como a reutilização do condensado com temperatura acima de 70°C reduzindo, assim, a troca térmica da caldeira.

Tabela 2 - Avaliação do ciclo de vida do produto BCCA na etapa de Fabricação

	MATERIAIS	ENERGIA	TOXICIDADE
FABRICAÇÃO	LAMA FINAL: 80%	Energia Elétrica: 22 KW / m ³	
	CIMENTO PORTLAND: 8,8%		
	CAL VIRGEM: 8,8%		
	FILLER CALCÁRIO: 2,5%		
	PÓ DE ALUMÍNIO: 0,01%		100% até a etapa de pré cura
1 – Processos: Dosagem das matérias primas – Mistura – Enforma – pré cura – corte – autoclavagem - paletização 2 – Materiais Auxiliares: corpo moedor utilizado no moinho: 0,6% da engenharia do produto, lenha (0,162 m ³ / m ³) 3 – Consumo energético: Média de 22 KW / m ³ 4 – Tipo de energia consumida: térmica (geração de vapor das autoclaves) e elétrica 5 – Quantidade de resíduos e emissões produzidos: resíduo úmido 16%, resíduo seco 3% 6 – Produtos que não cumprem as necessidades das normas de qualidade: Todos cumprem a normalização 7 – Produtividade dos recursos Renováveis: Água da condensação do vapor.			

Fonte: Autores

Tabela 3 - Avaliação do ciclo de vida do produto BCCA na etapa de Distribuição

DISTRIBUIÇÃO	MATERIAIS	ENERGIA	TOXICIDADE
	FITA DE AMARRAÇÃO	Nenhuma	
	FILME STRECH	Nenhuma	
	PAPEL DE IDENTIFICAÇÃO	Nenhuma	
	PALET DE MADEIRA	Nenhma	
1 – Tipos de embalagem e quantidade: Fita de amarração (0,102 Kg / m3), Filme Strech (0,23 Kg / m3); Palete (0,55 peças / m3) 2 – Meios de transporte: rodoviário – emissão de CO2 3 – O transporte encontra-se eficientemente organizado? Médio 4 – Há responsável pela Gestão de transporte: Sim			

Fonte: Autores

Dentro de várias estratégias de melhoria para a distribuição (tabela 3) destaca-se o desenvolvimento de fornecedores que forneçam embalagens plásticas biodegradáveis substituindo o filme stretch, hoje, utilizado, nas embalagens. As fitas de amarração podem ser reutilizadas. A contratação de transporte poderá ser uma boa estratégia para diminuir a emissão de poluentes. Deve-se buscar contratações de caminhões mais novos e/ou que possuem o selo verde de emissões. Minimizar as cargas fracionadas poderá contribuir para esta estratégia de melhoria.

Tabela 4 - Avaliação do ciclo de vida do produto BCCA na etapa de Utilização.

UTILIZAÇÃO	MATERIAIS	ENERGIA	TOXICIDADE
	BCCA		Produto Inerte - Atóxico
1 – Contém informação clara? Sim 2 – Tipo de energia: Utilizando as ferramentas manuais, nenhuma. 3 – Consumíveis necessário e sua quantidade: Argamassa de assentamento (11 Kg / m2) e revestimento (18 Kg / m2 para 1 cm de emboço ou reboco) 4 – Necessidade de manutenção e reparação: NA 5 – Materiais e energia necessários para manutenções e reparação: NA 6 – Risco de toxicidade: NA 7 – O produto pode ser desmontado após sua utilização? NA 8 – Tempo de vida técnica do produto: O produto deve ter um tempo superior à vida útil do sistema conforme requisitos da Norma de Desempenho NBR 15.575:2013 9- Pode ser reutilizado na mesma ou em outras funções: Sim 9 Qual o destino final disponível ao usuário? Reutilização na obra como enchimento de pisos			

Fonte: Autores

O BCCA por ser um produto versátil e por ter dimensões precisas e planicidade regular, diminui o consumo de argamassas tanto no assentamento do bloco quanto no revestimento da parede durante sua utilização (tabela 4). O produto é versátil e apesar do seu uso e aplicação ser para

execução de alvenarias de vedação, devido as suas características intrínsecas o mesmo, muitas das vezes, é utilizado para enchimento do desnível de pisos e até mesmo para fazerem artesanato. As oportunidades estão desde a entrega do produto com todo um suporte técnico até mesmo a comercialização do sistema completo de alvenaria incluindo além da assessoria técnica, o projeto de a alvenaria e a mão de obra treinada.

Sobre o final de vida (tabela 5), pode-se dizer que as alvenarias construídas com o bloco de concreto celular autoclavado não possuem critérios que visam facilitar a desmontagem, pois as alvenarias quanto sistemas construtivos necessitam cumprir requisitos de normas para que tenham vida útil de projeto mínima de 20 anos de acordo com a NBR 15.575 – 1 (ABNT), logo, não são desmontadas e não possuem elementos de ligação. Assim, não há materiais adicionais ao bloco, mas o sistema de alvenaria ainda é composto por argamassa de assentamento e revestimento e elementos de vinculação e estruturação quando previsto em projeto. No caso da necessidade de demolição o entulho gerado poderá ser reciclado para o uso na fabricação de argamassas e concretos (Classe A – Resolução CONAMA 307 / 2002).

Tabela 5 - Avaliação do ciclo de vida do produto BCCA na etapa de Fim de vida do

		MATERIAIS	ENERGIA	TOXICIDADE
FIM DE VIDA	BCCA			
	produto	1 – Os componentes e materiais poderão ser reutilizados? Resíduos para enchimento de lajes. 2 – Os componentes podem ser desmontados sem danificação? NA 3 – Quais os materiais são recicláveis? O resíduo do BCCA 4 – Os materiais são facilmente identificáveis? 5 – Os materiais podem ser facilmente separados? NA 6 – São utilizados materiais incompatíveis com a recuperação? NA 7 – Existem componentes perigosos facilmente separáveis? NA 8 – Há problemas na incineração de partes não recuperáveis do produto?		

Fonte: Autores

4. CONCLUSÃO

A fabricação do BCCA é complexa onde exige muita atenção ao logo do processo produtivo. A geração de resíduo seco e úmido faz parte do processo onde se é destinado ao reaproveitamento ou produção dos subprodutos. No entanto, a aplicação da Matriz MET demonstrou que há grandes oportunidades de melhoria para chegar a resultados mais sustentáveis, principalmente na diminuição dos resíduos. Quanto ao seu uso, seria interessante uma política de logística reversa, mas esta se mostrou viável (por enquanto) somente em obras de grande volume e em um raio de 50 km em torno da fábrica. Entretanto, o planejamento estratégico da empresa é ter pequenas unidades em pontos geográficos que facilite a aplicação de 100% da logística reversa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA e RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2017. 116 p.
- AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras: relatório final. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998. v. 1-5.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – NBR 15.575 - 1:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho- Requisitos Gerais.
- AZEVEDO, Gardênia Oliveira David de, Kiperstok, Asher e Moraes, Luiz Roberto Santos Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2006, v. 11, n. 1 [Acessado 15 Setembro 2021] , pp. 65-72. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000100009>>. Epub 05 Maio 2006.
- BAO, Zhikang, LEE, Wendy M.W., LU Weisheng. Implementing on-site construction waste recycling in Hong Kong: Barriers and facilitators, Science of The Total Environment, Volume 747,2020, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141091>.
- BERKEL, René van, WILLEMS Esther, LAFLEUR, Marije (1997) "Development of an industrial ecology toolbox for the introduction of industrial ecology in enterprises - I" *Journal of Cleaner Production* 1997, 5:1-2, pp 11-25.
- BOGGELEN, WILLEN VA, - History of Autoclaved Aerated Concrete – The short story of a long lasting building material – Abril 2014 – Aircrete Europe.
- BRASIL. Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critério e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul.2002.
- BREZET, H. et al. (1996). PROMISE manual. Delft University of Technology, TME Institute and TNO product Centre, the Netherlands.
- BREZET, J.C. e Van Hemel, C.G. (1997). Ecodesign: A promising approach to sustainable production and consumption. UNEP, Paris.
- COLANGELO, F.; Forcina, A.; Farina, I.; Petrillo, A. Life Cycle Assessment (LCA) of Different Kinds of Concrete Containing Waste for Sustainable Construction. *Buildings* **2018**, 8, 70. <https://doi.org/10.3390/buildings8050070>
- COSTA, N.; JUNIOR, N. DA C.; LUNA, M.; SELIG, P.; ROCHA, J. – Planejamento de Programas de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil: Uma análise multivariada. - Eng. Sanit. Ambient. Vol.12 - Nº 4 - out/dez 2007, 446-45.
- DA SILVA, O. H.; UMADA, M. K.; POLASTRI, P.; NETO, G. DE A.; ANGELISS, L. D. DE; MIOTTO, J. L. - Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil - Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Ed. Especial GIAU-UEM, Maringá – PR Santa Maria, v. 19, 2015, p. 39 – 48 - Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas UFSM.
- DIAS, Aniel de Melo, SILVA, Thiago José Vieira, POGGIALI, Flávia Spitale Jacques. O concreto sustentável brasileiro. Revista CONSTRUINDO, Belo Horizonte, 8,(1)84 – 97, Jan - Jun., 2017
- FRAZÃO, R.; PENEDA, C.; FERNANDES, R. – Adoptar uma Perspectiva de Ciclo de vida – Caderno INET nº 10 (2003) - 1ª edição.
- GUERRA, Beatriz C. LEITE, Fernanda, FAUST, Kasey M., 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams, *Waste Management*, 116, 79-90, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.035>.

LEITE, Januaria Cecilia Pereira Simões, NETO, Mario Teixeira Reis Meio ambiente e os embates da construção civil. Construindo, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, Jul/Dez. 2014

SOUZA, U. E. L.; Paliari, J. C.; Agopyan, V.; Andrade, A. C. de Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 33-46, out. /Dez. 2004.

PGRS Brasil Soluções Ambientais Integradas, Resíduos da Construção Civil, Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil e Gestão de Resíduos em Obras – Disponível em: <https://www.pgrsbrasil.com.br/noticias-sobre-gestao-e-controle-de-residuos-no-meio-ambiente> - Acesso em: 30/08/2021.

AMBIENTE LEGAL, Legislação, meio ambiente e sustentabilidade – Portal Ambiente Legal – Disponível em: <https://www.ambientelegal.com.br/listar/sustentabilidade/> - Acesso em: 30/08/2021.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC – Disponível em: <https://cbic.org.br> - acesso em 30/08/2021.