

# GCV-2020 | 21

VII - Congresso Brasileiro sobre **Gestão do Ciclo de Vida**  
28/09/2021 a 01/10/2021 | Evento On-line

## Anais do VII Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida

Promoção



Associação Brasileira  
de Ciclo de Vida

Organização e Realização



Patrocínio



Apoio

Cooperação



Secretaria Executiva



### Volume II (versão preliminar)

UFRGS  
Porto Alegre  
2021



**GCV** - 2020 | 21

VII - Congresso Brasileiro sobre **Gestão do Ciclo de Vida**

# Anais do VII Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida

Coordenação do Evento

**Ana Carolina Badalotti Passuello**

Coordenação do Comitê Científico

**Cássia Maria Lie Ugaya**

**Vanessa Gomes da Silva**

Editoração

**Vinícius Gonçalves Maciel**

Volume II

**UFRGS**  
Porto Alegre  
2021

## Estudo comparativo dos impactos ambientais do ciclo de vida de bloco construtivo produzido a partir da reciclagem de PET em comparação a blocos convencionais

Gabriela Sartori<sup>1</sup>, Gabriela Bertoli<sup>2</sup>, Mauricio Borges dos Santos<sup>3</sup>, Ângela Danilevicz<sup>4</sup>, Ana Passuello<sup>5</sup>, Ruane Fernandes de Magalhães<sup>6</sup>

Postgraduate Program in Civil Engineering: Construction and Infrastructure

Life Cycle Innovation for the Built Environment Sustainability- LIFE Sustainability

Building Innovation Unit - NORIE

UFRGS - Federal University of Rio Grande do Sul, RS, Brazil

e-mail: <sup>1</sup>gabriel.sartori2@gmail.com, <sup>2</sup>gabi.bertoli@gmail.com,

<sup>3</sup>mauriciosantos.ep@gmail.com, <sup>4</sup>angelamfd@producao.ufrgs.br,

<sup>5</sup>ana.passuello@ufrgs.br, <sup>6</sup>ruane.magalhaes@ufrgs.br

### Resumo:

*A grande demanda por extração de matéria-prima para materiais da construção civil está associada a impactos ambientais como a depleção de recursos e aquecimento global. Por outro lado, o crescimento econômico e o aumento da qualidade de vida da população fizeram com que as taxas de resíduos sólidos aumentassem, sendo a poluição plástica um dos grandes desafios ambientais atualmente. Relacionando o acúmulo de resíduos sólidos no meio ambiente e a alta demanda de extração de matéria-prima da construção civil, este estudo tem como objetivo avaliar os impactos ambientais relacionados com a produção de blocos de alvenaria constituídos de areia e resíduo de plástico politereftalato de etileno*

*(PET), através da técnica de Avaliação do Ciclo de Vida, em comparação a dois blocos convencionais, alvenaria cerâmica e alvenaria de concreto. Comparando os impactos ambientais potenciais dos três blocos estruturais, os resultados demonstraram que o bloco de PET possui impacto superior aos outros em todas as categorias de impacto, devido ao processo de reciclagem do plástico das garrafas, à grande quantidade de matéria prima utilizada e à utilização de quantidade maior de argamassa de assentamento devido ao tamanho do bloco de PET.*

**Palavras chave:** *bloco de PET, Avaliação do Ciclo de Vida, resíduos sólidos, reciclagem de PET.*

### INTRODUÇÃO

A extração de matéria-prima de materiais utilizados na construção civil está associada a impactos ambientais como a depleção de recursos e aquecimento global. Sabe-se que a indústria da construção consome atualmente em torno de 60% das matérias-primas extraídas no mundo (BRIBIÁN; CAPILLA; USÓN, 2011). O processo de produção de blocos de alvenaria de cerâmica, por exemplo, é altamente intensivo em energia, e é uma fonte de consumo de recursos naturais que estão cada vez mais escassos (IKECHUKWU; SHABANGU, 2021). No Brasil, existem estudos que avaliam os impactos potenciais de blocos e comparam os de alvenaria cerâmica e de concreto (ANICER, 2012; MAIA DE SOUZA et al., 2016; MORAGA, 2017). A extração contínua dos recursos naturais para a produção destes blocos pode levar ao esgotamento

destes recursos. Esta situação levou pesquisadores a estudarem o desenvolvimento de novos materiais e a reciclagem (ZHANG, 2013; MONTEIRO; VIEIRA, 2014; KAZMI et al., 2016; AOUBA et al., 2016).

O modelo econômico atual (Economia Linear) baseado em “extrair, produzir, descartar”, contribui para o aumento do consumo e seus impactos associados. O descarte incorreto e a falta de informação sobre a destinação final dos resíduos podem acarretar sérios problemas para a saúde pública e ao meio ambiente. A poluição plástica é um dos grandes desafios ambientais atualmente. A UNEP (2021) aponta que, todos os anos, cerca de 11 milhões de toneladas de resíduos plásticos entram no oceano. Essa quantidade de plástico acaba afetando a saúde humana e animal. Até 90% das aves marinhas estão sendo encontradas com plástico em seu sistema digestivo (UNEP, 2021). A busca por materiais de construção alternativos e ambientalmente amigáveis inclui a utilização dos resíduos provenientes do alto consumo de plástico (VASUDEVAN et al., 2012; HIREMATH, et al., 2014; MANSOUR; ALI, 2015; LIMAMI et al., 2020; ANEKE et al., 2021). O uso de aditivos poliméricos na construção civil pode contribuir na redução do consumo de matéria-prima e energia ou impacto ambiental.

Os blocos de construção produzidos a partir de diferentes resíduos reciclados ainda requerem uma grande quantidade de energia para produzir um material de construção com propriedades mecânicas aceitáveis. Porém, estudos vêm demonstrando que blocos que utilizam materiais residuais, possuem

propriedades de resistência consideravelmente satisfatórias. Ikechukwu e Shabangu (2021) exploraram experimentalmente a mecânica e a durabilidade de tijolos de alvenaria produzidos com resíduos de plástico PET e vidro reciclado esmagado em comparação com os tijolos cerâmicos. Os resultados são indicativos do desempenho satisfatório do bloco alternativo como elemento de alvenaria estrutural, indicando uma possibilidade de descarte de resíduos plásticos PET de uma forma eficiente, útil e lucrativa. O PET também pode ser utilizado como isolante térmico (lã de PET). Intini e Kühtz (2011) utilizaram a Avaliação de Ciclo de Vida para avaliar os benefícios ambientais do uso do resíduo de PET para a fabricação de isolantes térmicos. Os resultados apresentaram impactos ambientais significativamente baixos para o material feito com PET reciclado.

O bloco de PET é produzido através da reciclagem da garrafa PET, em que o plástico derretido é misturado com a areia e após colocado em um molde e uma prensa hidráulica. A reinserção do PET na indústria, para produção do bloco, é realizada por meio do processo de reciclagem química. Embora esse tipo de reciclagem ainda seja pouco utilizado no Brasil (dos Santos et al., 2018), é amplamente aplicado na Europa e na Ásia. Na reciclagem química, o PET não é reintroduzido na cadeia por processos de queima, o que reduz o gasto energético do processo e as emissões imediatas à atmosfera. Dessa forma, a reciclagem é realizada com a aplicação de ácidos em diferentes temperaturas ao PET, ampliando as possibilidades de

sua utilização na indústria (Spinacé e De Paoli, 2005). O emprego desses ácidos, no entanto, pode estar associado a importantes impactos ambientais.

Relacionando o acúmulo de resíduos sólidos no meio ambiente e a alta demanda de extração de matéria-prima da construção civil, este estudo tem como objetivo avaliar os impactos ambientais relacionados com a produção de blocos de alvenaria constituídos de areia e resíduo de plástico Politereftalato de Etileno (PET), através da técnica de Avaliação do Ciclo de Vida, em comparação a dois blocos convencionais, alvenaria cerâmica e alvenaria de concreto. A pesquisa busca avaliar se o reuso dos resíduos de PET, com intuito de diminuir a extração de matéria-prima da construção civil e o acúmulo deste tipo de resíduo no meio ambiente, é ambientalmente eficiente.

### MÉTODO

Este estudo foi baseado na técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) seguindo os critérios da NBR ISO 14040 (2009) e NBR ISO 14044 (2009). O método detalha o objetivo e escopo deste estudo, incluindo a unidade declarada (CEN, 2014) e as fronteiras do sistema.

#### Blocos em estudo

Este trabalho analisa um bloco estrutural alternativo, bloco de PET reciclado (BPE), e dois blocos estruturais convencionais, bloco de cerâmica (BCE) e bloco de concreto (BCO) (Figura 1), e as suas características estão descritas na Tabela 1. O bloco de

PET escolhido é composto de 70% de areia e 30% de plástico de PET (ANEKE, SHABANGU, 2021). A quantidade de blocos foi calculada através da área do bloco, descontando 1,5 cm de argamassa de assentamento, e considerando que as paredes têm 2,5 cm de argamassa de revestimento em cada lado e totalizam uma espessura de: 16cm BPE, 19 cm BCE e 19 cm BCO.

**Figura 1: Blocos de PET, cerâmico e de concreto**



**Tabela 1: Características dos blocos em estudo**

<i>Características</i>	<i>BPE</i>	<i>BCE</i>	<i>BCO</i>
Dimensões (LxAxC) (cm)	7x11x22	14x19x29	14x19x39
Peso por unidade (kg)	3,20	6,30	13,00
Unidades/m <sup>2</sup> parede	60,00	16,00	12,50
Resistência(MPa)	5,00	7,00	6,00

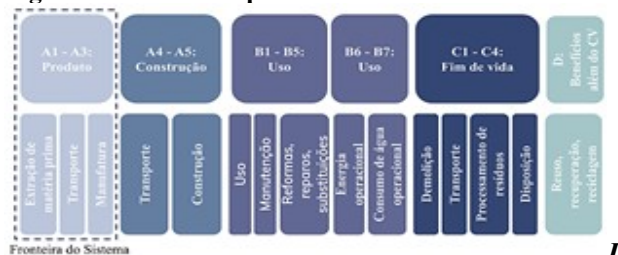
#### Objetivo e escopo

O objetivo do estudo é comparar os impactos ambientais potenciais de três blocos estruturais, bloco de PET reciclado, bloco de alvenaria cerâmica e bloco de alvenaria de concreto para validar o reuso dos resíduos de PET na construção civil.

Para fins de comparação, a unidade declarada selecionada é 1,00m<sup>2</sup> de parede de alvenaria estrutural. Esta unidade é independente da área construída e pode servir como um indicador dos potenciais impactos ambientais do ciclo de vida dos 3 produtos avaliados.

O escopo do estudo é do berço ao portão e as fronteiras do sistema estão definidas na Figura 2 e incluem a fase de produção: extração da matéria-prima, transporte até a fábrica e processos de fabricação.

**Figura 2: Sistema de produto e suas fronteiras.**



**inventário do ciclo de vida (ICV)**

Os dados de primeiro plano foram definidos a partir dos materiais e quantitativos listados nos cadernos técnicos do SINAPI (2021), e encontram-se na Tabela 2 para o BPE, o BCE e o BCO. No estudo para o bloco de PET, considerou-se um raio de 40,00 km para o fornecimento de garrafas. O inventário está dividido em 4 grandes grupos para os materiais: argamassa de revestimento (AR), a argamassa de assentamento (AA), a alvenaria (A), T (tinta e transporte), M (metais) TO (peso total do sistema). As argamassas foram calculadas com o traço 1:2:8. Apesar de ser utilizada a mesma quantidade de argamassa de revestimento para os três sistemas em estudo, sua consideração permite verificar o impacto total do sistema. Ainda, o BPE possui uma quantidade maior de argamassa de assentamento devido ao tamanho do bloco, que possui dimensão inferior aos demais.

**Tabela 2: Quantitativo de materiais para a produção de 1,00m² de parede estrutural**

	Flow	BPE	BCE	BCO	Unid
A	Cement	10,34	10,34	10,34	kg
R	production				

	Portland				
	Lime production, Hydraulic	20,67	20,67	20,67	w
	Sand production	82,69	82,69	82,69	kg
	Water	28,43	28,43	28,43	kg
A	Cement production, Portland	3,80	2,42	2,07	kg
A	Lime production, Hydraulic	7,60	4,84	4,14	kg
	Silica sand production	30,40	19,36	16,56	kg
	Water	10,45	6,65	5,70	kg
A	Clay brick	-	100,72	-	kg
	Concrete block	-	-	168,75	kg
	Polyethylene terephthalate production	59,70	-	-	kg
	Sand production	139	-	-	kg
T	Alkyd paint	0,24	0,24	0,24	kg
	Transport, lorry 16-32 metric	7,96	-	-	t*km
M	Reinforcing steel	0,40	0,17	0,32	kg
	Zinc coating	0,05	0,03	0,04	m²
T	Peso total do sistema	354,44	241,28	305,46	kg
O					

Os dados de segundo plano (background), que são dados de processos à montante, foram obtidos da base internacional Ecoinvent v3.6. O critério de seleção dos conjuntos de dados na base foi o de alocação com corte por classificação (*Allocation, cut-off by classification*). A cobertura geográfica dos conjuntos de dados utilizados é preferencialmente de abrangência nacional (BR) e, quando não disponíveis, a geografia selecionada é Rest of the World (RoW). Os dados

RoW foram adaptados com informações representativas do consumo energético para o contexto brasileiro, sendo eles: cal (*lime production; hydraulic*), alvenaria cerâmica (*clay brick production*), aço (*reinforcing steel production*), galvanização (*zinc coating; coils*), tinta (*alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state*), Politereftalato de Etileno (PET) (*polyethylene terephthalate production*). A adaptação da matriz elétrica foi feita em primeiro nível seguindo o método do trabalho de Bertoli (2020), exceto para o aço, que teve adaptação em segundo nível, pois não constam informações de energia no primeiro.

**Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV)**

Os fatores de caracterização são retirados da compilação das categorias de impacto do CML 2001, de acordo com as categorias apresentadas na Tabela 3. A ferramenta OpenLCA v1.9 foi usada para calcular os impactos potenciais.

**Tabela 3: Categorias de impacto do CML 2001**

Categoria	Unidade
Depleção potencial de recursos abióticos – combustíveis fósseis (ADPF)	MJ
Depleção potencial de recursos abióticos – elementos não fósseis (ADPNF)	kg Sb Eq
Potencial de acidificação do solo e da água (AP)	kg SO <sub>2</sub> Eq
Potencial de eutrofização (EP)	kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>-3</sup> Eq
Potencial de aquecimento global (GWP)	kg CO <sub>2</sub> Eq
Depleção da camada de ozônio (ODP)	kg CFC-11 Eq
Potencial de formação de ozônio fotoquímico (POCP)	kg Etileno Eq
Depleção potencial de recursos	MJ

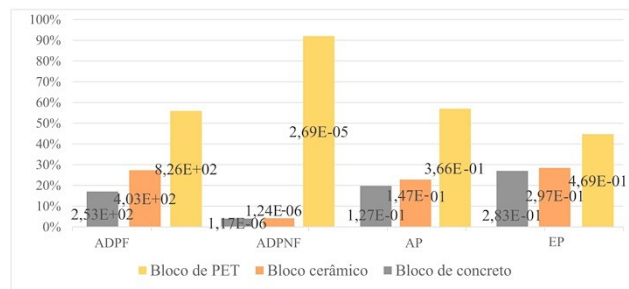
abióticos – combustíveis fósseis (ADPF)	
Depleção potencial de recursos abióticos – elementos não fósseis (ADPNF)	kg Sb Eq
Potencial de acidificação do solo e da água (AP)	kg SO <sub>2</sub> Eq

Este estudo possui algumas limitações em relação aos *datasets* utilizados, já que o processo de adaptação de matriz elétrica foi simplificado, os dados de energia foram alterados considerando a matriz elétrica brasileira (*market for electricity, medium voltage | electricity, medium voltage*), não sendo avaliadas a qualidade e as incertezas dos dados. Além disso, os sistemas construtivos selecionados, apesar de muito significativos no contexto nacional, não representam a totalidade da indústria brasileira.

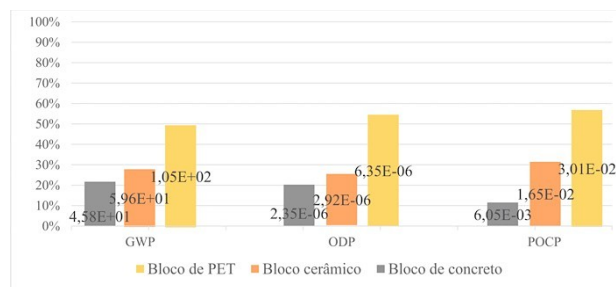
### RESULTADOS

Os resultados mostram os impactos potenciais de cada categoria para a unidade declarada definida de 1,00 m<sup>2</sup> de parede estrutural no escopo do berço ao portão. As Figuras 3 e 4 apresentam uma comparação entre os três sistemas escolhidos em todas as categorias de impactos.

**Figura 3: Impacto potencial dos três sistemas para as categorias de impacto ADPF, ADPNF, AP e EP.**



**Figura 4: Impacto potencial dos três sistemas para as categorias de impacto GWP, ODP e POCP.**



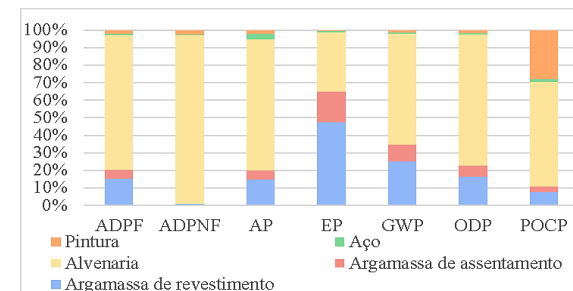
O bloco de PET possui impacto superior aos outros em todas as categorias de impacto. Na categoria ADPNF, o impacto do bloco de PET é cerca de nove vezes maior que o dos outros dois blocos em estudo, possivelmente pelo fato de os recursos minerais utilizados em grande volume pela indústria da construção apresentarem baixos fatores de caracterização nesta categoria (OERS et al., 2002).

Além disso, o bloco cerâmico possui impactos potenciais superiores ao bloco de concreto em todas as categorias de impacto. Entretanto, cabe salientar que, enquanto o *dataset* dos blocos de concreto é baseado em dados coletados no Brasil, a avaliação do bloco

cerâmico é baseada em dados RoW adaptados ao contexto local.

A participação de cada um dos materiais nos impactos do sistema de bloco de PET encontra-se na figura 5. Em todas as categorias de impacto, o bloco de PET reciclado (alvenaria) é o material mais impactante do sistema devido ao processo de reciclagem do plástico das garrafas PET adotado, principalmente, considerando o emprego de ácido tereftálico purificado. Esse ácido atua como precursor na formação de PET quando de sua reinserção na indústria, sendo essencial, portanto, para seu reaproveitamento. No entanto, é também o principal responsável pelos impactos ambientais associados a esse material.

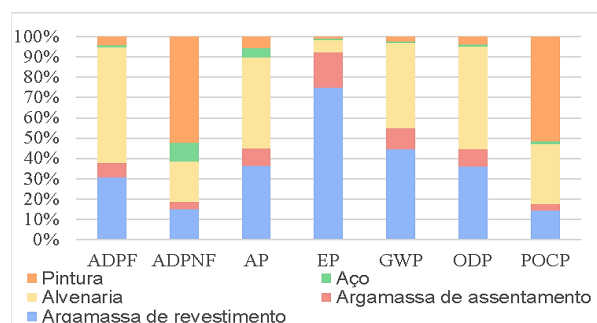
**Figura 5: Impactos potenciais para cada categoria de impacto do Bloco de PET (BPE).**



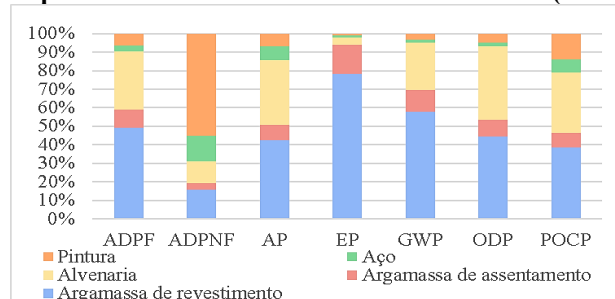
Na categoria POCP a argamassa de assentamento possui grande representatividade, maior que nos outros blocos, uma vez que o bloco de PET possui menor dimensão e, por isso, acaba necessitando de mais argamassa de assentamento.

A participação de cada um dos materiais nos impactos dos sistemas de bloco cerâmico (BCE) e bloco de concreto (BCO) estão demonstrados nas Figuras 6 e 7, respectivamente. Em ambos os casos, os materiais de maior representatividade nos impactos são as argamassas e as alvenarias (bloco de cerâmica e bloco de concreto).

**Figura 6: Impactos potenciais para cada categoria de impacto do Bloco cerâmico (BCE).**



**Figura 7: Impactos potenciais para cada categoria de impacto do Bloco de concreto (BCO).**



A comparação entre os blocos convencionais neste estudo apresenta a mesma relação que Moraga (2017), entretanto mostra uma relação diferente entre os impactos potenciais e os sistemas construtivos do estudo divulgado

pela Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER, 2012) e por Maia de Souza et al., (2016), em que o bloco cerâmico apresenta impacto inferior ao de concreto. Salienta-se que este trabalho utilizou dados internacionais com uma adaptação simplificada da matriz elétrica. A ACV realizada neste estudo utilizou o PET reciclado em blocos de alvenaria, e encontrou impactos ambientais superiores em relação a blocos convencionais. Porém, como mencionado anteriormente, o PET reciclado também pode ser utilizado em outros tipos de materiais da construção civil. No estudo de Intini e Kühtz (2011), o PET reciclado foi utilizado como material isolante térmico, e a ACV realizada apresentou impactos ambientais baixos, demonstrando o potencial de uso do resíduo na construção.

### Recomendações para melhorar o desempenho ambiental do bloco de PET

Como mencionado anteriormente, o bloco de PET possui menor dimensão em comparação ao bloco cerâmico e ao de concreto, demandando uma quantidade maior de argamassa de assentamento no processo de construção, além de necessitar de uma grande quantidade de matéria prima para a sua produção. Investigar diferentes dimensões e formatos para o bloco de PET poderia diminuir o uso de argamassa de assentamento, e consequentemente diminuir os impactos ambientais potenciais relacionados à utilização da mesma. Além disso, a quantidade de resíduos de PET necessária para a fabricação de um bloco é grande, a sua otimização em cada bloco pode diminuir os impactos potenciais, visto

que o processo de reciclagem contribui de maneira significativa para aumentar os impactos.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo comparou os impactos ambientais potenciais de três blocos estruturais, bloco de PET reciclado, bloco de alvenaria cerâmica e bloco de alvenaria de concreto, através da Avaliação do Ciclo de Vida. Os resultados demonstraram que o bloco de PET possui impacto superior aos outros em todas as categorias de impacto, devido ao processo de reciclagem do plástico das garrafas e à utilização de quantidade maior de argamassa de assentamento. Entretanto, o bloco de PET em estudo poderia ser revisto para reduzir os seus impactos ambientais, uma vez que traz outras vantagens, como a redução de resíduos sólidos e a circularidade de um produto que chegou ao fim de sua vida útil. Além disso, em trabalhos futuros, as ACV social e econômica do bloco seriam válidas para verificar os seus custos, os benefícios para a saúde pública e a geração de renda.

### REFERÊNCIAS

- ANEKE, F. I.; SHABANGU, C. Green-efficient masonry bricks produced from scrap plastic waste and foundry sand. *Case Studies in Construction Materials* vol. 14, e00515, 2021.
- ANICER. Análise comparativa do ciclo de vida de paredes construídas com blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto armado moldado in loco, 2012.
- AOUBA, L.; BORIES C.; COUTAND, M.; PERRIN, B.; LEMERCIER, H. Properties of fired clay bricks with incorporated biomasses: cases of olive stone flour and wheat straw residues. *Construction and Building Materials*,

vol. 102, pp. 7-13, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009. a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14044: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e Orientações. Rio de Janeiro, 2009.

DOS SANTOS, C. M. A.; GONÇALVES, A. C. R.; CINTRAL, A. C.; DA SILVA, L. A.; ROSSI, A.; OLIVEIRA, H. P.; ALVES, V.A. Processo de reciclagem química de PET em meio alcalino: efeito da concentração do íon hidróxido, da cor do PET e do tempo de reação. Revista Matéria, vol 3, no 04, 2018.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 15804:2012+A1:2013: sustainability of construction works: environmental product declarations: core rules for the product category of construction products. Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2014.

HIREMATH P. M.; et al. Utilization of waste plastic in manufacturing of plastic-soil bricks. International Journal of technology enhancements and emerging engineering research, vol 2, 2014.

IKECHUKWU, A. F.; SHABANGU, C. Strength and durability performance of masonry bricks produced with crushed glass and melted PET plastics. Case Studies in Construction Materials, vol. 14, e00542, 2021.

INTINI, F.; KÜHTZ, S. Recycling in buildings: an LCA case study of a thermal insulation panel made of polyester fiber, recycled from post-consumer PET bottles. The International Journal of Life Cycle Assessment, vol 16, pp 306–315, 2011.

VASUDEVAN, R.; SEKAR A. R. C.; SUNDARAKANNAN B.; VELKENNEDY R. A technique to dispose waste plastics in an ecofriendly way – Application in construction of flexible pavements. Construction and Building Materials, vol. 28, pp. 311-320, 2012.

KAZMI, S. M. S.; ABBAS, S.; SALEEM, M. A.; MUNIR, M. J.; KHITAB, A. Manufacturing of sustainable clay bricks: Utilization of waste sugarcane bagasse and rice husk ashes. Construction and Building Materials, vol. 120, pp. 29-41, 2016.

LIMANI, H.; MANSOURI, I.; CHERKAOUI K.; KHALDOUN, A. Study of the suitability of unfired clay bricks with polymeric HDPE & PET wastes additives as a construction material. Journal of Building Engineering, vol. 27,

100956, 2020.

MAIA DE SOUZA, D. et al. Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls. Journal of Cleaner Production, v. 137, p. 70–82, 2016.

MORAGA, G. L. Avaliação do Ciclo de Vida em unidade habitacional unifamiliar do Programa Minha Casa Minha Vida. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS, Porto Alegre, 2017.

MANSOUR, A. M. H.; ALI, S. A. Reusing waste plastic bottles as an alternative sustainable building material. Energy for Sustainable Development, vol. 24, pp. 79-85, 2015.

MONTEIRO, S. N.; VIEIRA C. M. F.; On the production of fired clay bricks from waste materials: A critical update. Construction and Building Materials, vol. 68, pp. 599-610, 2014.

SPINACI, M. A. S.; PAOLI, M. A. A TECNOLOGIA DA RECICLAGEM DE POLÍMEROS. Quim. Nova, vol 28, no. 1, pp. 65-72, 2005.

SINAPI, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi>, [Acesso: 10 de Maio de 2021].

UNEP - UN environment programme. Campanha Mares Limpos promove o direito a um meio ambiente saudável, incluindo oceanos sem plástico. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/campanha-mares-limpos-promove-o-direito-um-meio-ambiente-saudavel>. Acesso em: junho de 2021.

ZHANG, L. Production of bricks from waste materials – A review. Construction and Building Materials, vol. 47, pp. 643-655, 2013.