2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE UM EMPREENDIMENTO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL[1]

SILVA, Marcos Antonio do Rosario da (1); BLANCO, Lisandra Cristine Monteiro (2); ROSA, Carolina Caldas Neves (3); SILVA, Denilson Costa da (4); MAUÉS, Luiz Maurício Furtado (5)

(1) Universidade Federal do Pará, marcos.silvaa017@gmail.com
(2) Universidade Federal do Pará, lisandrac.blanco@gmail.com
(3) Universidade Federal do Pará, carolcaldasn30@gmail.com
(4) Universidade Federal do Pará, engcsdenilson@gmail.com
(5) Universidade Federal do Pará, maues@ufpa.br

RESUMO

Com o crescimento das cidades e a necessidade de oferecer condições adequadas de habitação é inevitável que setores como a construção civil gerem um aumento de impactos ambientais. Nesse sentido, práticas ou ferramentas ambientais, como uma Análise de Ciclo de Vida Energético (ACVE) na construção civil são instrumentos importantes para que se mantenha a qualidade ambiental no meio urbano e mitigação dos impactos. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo sobre ACVE de um empreendimento de habitação de interesse social (EHIS). A metodologia está referenciada nos conceitos apresentados por Paulsen e Sposto (2013), Omrany et al. (2020) e Tavares (2006), no qual analisa-se a entrada de energia de um determinado empreendimento em três fases principais: fase pré-operacional, fase operacional e fase pós-operacional. Um estudo de caso foi realizado, obtendo-se a energia consumida (EC) tanto do EHIS (53.068,57 GJ) quanto a EC (1.174,76 GJ) de um único apartamento-tipo. A ACVE também incluiu a análise da energia nas três fases supracitadas e todas essas variáveis foram medidas em área. Ao final, concluiu-se que a energia embutida de manutenção é a que mais contribui para a EC do ciclo de vida energético.

Palavras-chave: *Ciclo de vida energético, habitação de interesse social, meio ambiente.*

ABSTRACT

With the growth of cities and sectors such as civil construction, there is an increase in environmental impacts and their negative effects. In this sense, environmental practices or tools, such as an Energy Life Cycle Analysis (ELCA) in civil construction, are important instruments for maintaining environmental quality in the urban environment and mitigating impacts. Thus, the present study aimed to carry out a study on ELCA of a social housing project (SHP). The methodology is referenced in the concepts presented by Paulsen and Sposto (2013), Omrany et al. (2020) and Tavares (2006), in which it analyzes the energy input of a given enterprise in three main phases: pre-operational phase, operational phase and post-operational phase. A case study was carried out and ACVE was carried out by obtaining the energy consumed (EC) both from the SHP (53,068.57 GJ), and the EC (1,174.76 GJ) of a standard apartment of the referred project. ELCA also included energy analysis in the three

[1] SILVA *et al*. Análise do Ciclo de Vida Energético de um Empreendimento de Habitação de Interesse Social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

phases mentioned above and all these variables were measured in area. In the end, it was concluded that the embodied maintenance energy is the one that most contributes to the EC of the energy life cycle.

***Keywords**: Life cycle energy. Social housing. Environment.*

1 INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades e setores como a construção civil ocasionam um aumento dos impactos ambientais, provocando diversos efeitos negativos, o que demanda a criação de alternativas que visem maior qualidade de vida aos indivíduos (CABRAL, 2014). Fatos que levantam a necessidade de conhecer e compreender esse ambiente e os problemas gerados, além da ampliação e mudança de atitudes para que se alcance a sustentabilidade (DIAS, 2015).

Para Gavião (2014), práticas ou ferramentas ambientais, a exemplo de uma ACVE na construção civil, são instrumentos importantes para que se mantenha a qualidade ambiental no meio urbano, além de mitigar os impactos gerados pela construção civil. Dessa forma, é possível a formulação de diagnósticos mais eficientes capazes de analisar e identificar os pontos no processo de construção que precisem de maior atenção e que devem ser priorizadas (ALVES, 2015).

O conceito de ACVE tem sido aplicado na construção civil, de forma crescente, em decorrência: da alta demanda de energia em todo ciclo de vida (SARTORI E HESTNES, 2007); da complexidade pela extensa quantidade de materiais aplicados (PAULSEN E SPOSTO, 2013); das consideráveis emissões de CO2 na fase operacional (ocupação pelo usuário) (OSTERREICHER E SATTLER, 2019); da necessidade de adoção de materiais alternativos (GÁMEZ-GARCÍA, 2019); etc. Fatos que demonstram a importância do tema e justificam a presente pesquisa.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma ACVE de um empreendimento de habitação de interesse social (EHIS), considerando a entrada de energia da edificação, a partir do levantamento da EC que envolve todo o ciclo de vida do empreendimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Tavares (2006), a análise do ciclo de vida (ACV): "consiste numa abrangente análise de impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de um bem ou serviço, visando quantificar estes impactos de forma a compará-los com alternativas de processos similares". A ISO 14040 estabelece que a estrutura básica de uma ACV inclua: objetivo e escopo; análise do inventário; avaliação de Impacto; interpretação. Paulsen e Sposto (2013) discutem a complexidade de uma ACV de uma edificação pela quantidade extensa de materiais, o que demanda uma abrangente requisição de dados, se for considerar a inclusão dos impactos mais comuns.

De acordo com Tavares (2006), a ACVE é uma forma de condução de análise de impactos ambientais, com caracteres simplificados, porém com fins significativos. Segundo o mesmo autor, a ACVE tem base na ACV preconizada na ISO 14040, e prioriza o inventário de dados de consumo de energia diretos e indiretos. Para Sartori e Hestnes (2007), os edifícios demandam energia direta e indiretamente durante todo seu ciclo de vida. A energia direta é proveniente da construção da edificação, operação, reabilitação e eventuais demolições. A energia indireta por sua vez, provem da produção dos materiais nos ambientes de fábrica.

Para Paulsen e Sposto (2013), a energia é usada como indicador intermediário de impacto ambiental e contempla a fase de avaliação de impacto. Segundo Osterreicher e Sattler (2019), o ACVE possibilita o levantamento da demanda de energia primária e emissões de CO2 na fase operacional, sendo útil para a eficiência energética, esta geralmente atrelada à edificação em termos de aquecimento, refrigeração, ventilação e demanda energética.

Omrany *et al*. (2020) faz uma crítica a respeito das tentativas de minimização de consumo de energia neste setor, por meio de regulamentos e códigos de construção, abordarem principalmente na redução do uso operacional de energia, enquanto os impactos da energia incorporada dos edifícios são frequentemente excluídos.

Em Paulsen e Sposto (2013) e Omrany *et al*. (2020), a energia do ciclo de vida pode ser subdividida em energia embutida (EE) (ou incorporada) e energia operacional. Desse modo, o sistema completo para realização do ACVE deve abordar extração de matérias-primas, processamento e fabricação de materiais, transporte de materiais para o canteiro de obras, o processo de construção, instalação e montagem, operações prediais, manutenção e demolição (OMRANY *et al*., 2020).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa e quantitativa (PRODANOV, 2013). Quanto à natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada. Quanto aos objetivos, o presente estudo é do tipo exploratório. No que tange aos procedimentos técnicos, a pesquisa é bibliográfica e documental. Foram consultados livros e artigos científicos de revistas qualificadas sobre os conceitos descritos na literatura e temas relacionados, além de links eletrônicos especializados. Na questão documental, realizou-se análises nos documentos de instituições públicas (plantas e projetos de HIS).

A metodologia está referenciada nos conceitos apresentados por Paulsen e Sposto (2013) e Omrany *et al*. (2020) em termos da ACVE e o estudo da energia incorporada e energia operacional da edificação. As etapas operacionais da pesquisa têm por base Tavares (2006), no qual analisa a entrada de energia de uma HIS (estudo de caso) dividindo em três fases principais, além de uma subdivisão destas em etapas de forma a viabilizar o levantamento e o cálculo dos consumos energéticos. As três fases principais são: fase pré-operacional, fase operacional e fase pós- operacional. A Tabela 1 apresenta a discriminação das fases. Para o cálculo do consumo enérgico, são definidas na Tabela 2 as equações das subfases com as descrições das variáveis utilizadas.

Tabela 1 – Fases do ciclo de vida energético das edificações residenciais

Fases	**Subfase**	**Siglas**	**Descrição**
Pré-Operacional	1	E_{mat}	Prospecção, fabricação e transporte de insumos
	2		Fabricação dos materiais de construção
	3	$E_{tr,mat}$	Transporte dos materiais de construção
	4	E_{desp}	Desperdício de materiais
	5	$E_{tr,desp}$	Transporte do desperdício
Operacional	6	E_{manut}	Reposição de materiais
	7	E_{equip}	Energia consumida por equipamentos elétricos
	8	E_{coz}	Energia para cozinhar alimentos
Pós-Operacional	9	E_{dem}	Demolição e remoção dos resíduos
	10	$E_{tr,dem}$	Transporte do material demolido

Fonte: Adaptado de Tavares (2006)

Tabela 2 – Equações para o cálculo do consumo energético

Equações		Legenda
$E_{mat}=\sum_{i=1}^{n} m_i \cdot CEmat_i$	(1)	i = material de construção discriminado; m_i = quantidade de material de construção (kg); $CEmat_i$ = Conteúdo energético do material discriminado (GJ/kg); n = número de materiais.
$E_{tr,mat}=\sum_{i=1}^{n} m_i \cdot L_i \cdot CEtr_i \cdot F_{co}$	(2)	L_i = distância do fabricante de material ao sítio da obra (km); $CEtr_i$= Conteúdo energético do transporte utilizado (GJ/kg.km); Fco = Fator de conversão de energia de combustível fóssil para energia primária.
$E_{desp}=\sum_{i=1}^{n} m_i \cdot d_i \cdot CEmat_i$	(3)	di= Fator de desperdício do material.
$E_{tr,desp}=\sum_{i=1}^{n} m_i \cdot L_d \cdot d_i \cdot CEtr_i \cdot F_{co}$	(4)	L_d = distância do fabricante de material ao sítio da obra (km).
$E_{manut}=\sum_{i=1}^{n} Epré_i \cdot F_i$	(5)	$Epré_i$ = Energia pré-operacional do material de construção discriminado (GJ); F_i= Fator de reposição do material ao longo da vida útil da edificação.
$E_{equip}=E_{elet} \cdot F_{elet} \cdot 12 \cdot 50 \cdot F_{energ}$	(6)	E_{elet} = Consumo mensal de eletricidade da habitação (kWh/mês); F_{elet} = Fator de conversão de eletricidade para energia primária; F_{energ}= Fator de conversão de energia de kWh para GJ.
$E_{coz}=C_{coz} \cdot F_{coz} \cdot n_{hab} \cdot 12 \cdot 50 \cdot F_{energ}$	(7)	C_{coz} = Consumo mensal de energia para cozinhar (Kwh/mês); F_{coz} = Fator de conversão de energia para cozinha para energia primária.
$E_{dem}=(m_{inicial}+m_{manut}) \cdot F_{rep}$	(8)	$m_{inicial}$ = Consumo total de material utilizado inicialmente na construção (kg); m_{manut}=Consumo total de material utilizado para reposição na manutenção (kg); F_{rep}= fator médio de reposição de materiais (GJ/kg).
$E_{tr,dem}=(m_{inicial}+m_{manut}) \cdot L_d \cdot CEtr$	(9)	$CEtr_i$= Conteúdo energético do transporte utilizado (GJ/kg.km);

Fonte: Tavares (2006)

3.1 Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado em um EHIS, localizado na cidade de Ananindeua-Pará, possuindo 4 torres de 7 andares cada. Em específico para esta pesquisa foi realizado a ACVE para uma das torres do residencial, com um total de 42 apartamentos, sendo os apartamentos possuindo características similares, incluindo a área interna de 46,7 m². A habitação unifamiliar contém dois quartos, uma cozinha, uma sala, um banheiro e área de serviço, considerando que em cada apartamento habitam 4 pessoas. A estrutura da edificação (pilares, vigas e lajes) é de concreto armado. A alvenaria é constituída por blocos de concreto (sem função estrutural), o revestimento externo das paredes é feito de argamassa e o interno é de gesso, assim como o revestimento do forro. O piso foi utilizado revestimento cerâmico.

A Tabela 3 apresenta informações importantes a respeito do EHIS.

Tabela 3 – Dados dos materiais aplicados no EHIS

Materiais	**Qtde. (kg)**	**EE (MJ/kg)**	**Transporte (km)**	**Desperdício**
1 - Bloco de concreto (paredes)	15519	1,0	74	5%
2 - Argamassa (paredes e revestimento)	2983	2,1	12	2%
3 - Gesso (paredes)	8064	3,1	9,6	30%
4 - Tinta (paredes internas e externas)	63,5	65	1212	17%
5 - Placa de gesso (forro)	1119	4,5	9,6	10%
6 – Concreto	10997	1,2	11	2%
7 – Aço	389,5	30	9,8	16%
8 - Revestimento Cerâmico	580,5	5,1	2703	19%

*A EE nos materiais foram extraidos de Tavares (2006); *A distância de transporte foi calculada entre o empreendimento e os fornecedores de materiais utilizando o Google Earth; e * o Valor de desperdício dos materiais: material 1, 5, 7 E 8 (TCPO, 2008); 6 (SKOYLES, 1976); material 2, 3 e 4 (SOUZA, 2005).

Fonte: Autores

Além disso, para aplicação do método, foram consideradas algumas premissas: (a) a duração do ciclo de vida para esta pesquisa será de 50 anos; os dados sobre a energia incorporada em toda a fase de produção de materiais e o desperdício foram obtidos através de estudos na literatura; (b) O caminhão foi o meio utilizado para transporte de material. Estima-se que o consumo de energia seja de $1{,}62 \cdot 10^{-6}$ GJ/kg.km, para um caminhão com capacidade de transportar 4 m³ de argila, equivalente a 7,2 toneladas, consumindo 1 litro de óleo diesel por 3 km, com um consumo calórico de 35 GJ/m³. Foram utilizadas as distâncias reais para o transporte dos materiais desde seus locais de fabricação até o local da construção. Como escopo desse estudo, foi utilizado o fator de conversão de 1,6 de energia de combustível fóssil para energia primária. A distância do transporte de resíduos é referente do local da obra até o aterro da região que é de aproximadamente 10,9 km; (c) Para determinar o intervalo de manutenção expresso na vida útil da habitação, foi utilizado o fator de manutenção que é obtido a partir da norma de desempenho NBR 15573 (2013); (d) O consumo médio de energia mensal por apartamento a partir de uma análise real foi obtido o valor de 101,5 kWh. Como a principal fonte de energia no Brasil é oriunda das usinas hidrelétricas, o fator de conversão de energia primária para a eletricidade é de 1,6. Pelo fato do consumo de energia elétrica é em kWh faz-se a conversão de $3{,}6 \cdot 10^{-6}$ para GJ; (e) O cálculo de energia consumida para cozinhar, tendo como principais fontes gás de cozinha e lenha, considera o consumo mensal de 36 kWh por habitante, esses dados são baseados no estudo de Sartori & Hestens (2007), para esse estudo foi considerado 4 pessoas por apartamento. Como citado anteriormente, é desejável que no cálculo utilize apenas energia primária, então, também é considerado um fator de conversão de energia primária para o consumo de energia para cozinhar, nesse caso o fator de conversão é de 1,1; (f) O custo energético para desmonte ou demolição é calculado a partir do total de material utilizado inicialmente na edificação mais os materiais de reposição. Para a consideração destes últimos, é utilizado um fator médio de reposição, sobre o total inicial em kg. Tavares (2006) obtém um valor estimado de $35{,}4 \cdot 10^{-6}$ GJ/kg, definindo a relação de consumo de energia para cada kg de material demolido, sugerindo quantidades de horas manuais de trabalho e uso de energia para ferramentas e transportes internos.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

A Tabela 4 apresenta os estratos dos indicadores. Do ponto de vista unitário, a EC total do ciclo de vida do apartamento foi de 1.174,76 GJ e de 25,15 GJ/m². Ao observar as fases, a EC operacional foi a que apresentou maior consumo 692,93 GJ e 14,84 GJ/m². As análises dos dados seguintes (Gráficos de 1 a 4) auxiliam na compreensão.

Tabela 4 – Indicadores por apartamento e do empreendimento

Indicadores	**EC (GJ)**	**EC/área (GJ/m²)**	**EC (GJ)**	**EC/área (GJ/m²)**
	Apartamento		**Empreendimento**	
EC pré-operacional	111,00	2,4	7695,6	3,9
EC operacional	692,93	14,84	29102,98	14,69
EC pós-operacional	3,86	0,08	282,90	0,14
EC total	1174,76	25,15	53068,57	26,79

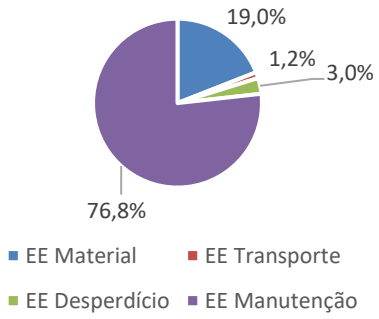
Fonte: Autores

A EE no uso dos materiais para a construção de cada unidade de apartamento corresponde à fase pré-operacional, sendo aproximadamente de 91 GJ. O transporte foi responsável pelo consumo de 5,5 GJ e os resíduos de materiais desperdiçados foi de 14,5 GJ. A etapa de reposição e manutenção dos materiais durante a vida útil de 50 anos foi responsável pelo maior consumo de energia (367 GJ) (Gráfico 1). O que se contrapõe ao trabalho de Paulsen e Sposto (2013) em que os níveis de energia inicial e a utilizada na manutenção dos materiais são semelhantes, entretanto, tal trabalho traz a discussão que em qualquer situação, o planejamento e níveis de organização são cruciais para otimizar a energia utilizada e evitar desperdícios. Além disso, o referido trabalho foi realizado em um município da região Norte do Brasil (Ananindeua), de clima úmido e propenso a intempéries, fazendo-se necessária mais manutenções no decorrer do ciclo de 50 anos.

A distribuição de contribuição por materiais pode ser visualizada no Gráfico 2. Observa-se que o gesso é o que apresenta maior consumo de energia e em seguida têm-se as tintas. O consumo de energia referente à fase operacional, na etapa de consumo de energia por eletrodomésticos foi de 351 GJ durante o período de 50 anos. O gasto energético proveniente do cozimento de alimentos foi estimado em 342 GJ. Obtendo-se dessa forma, o consumo total de 693 GJ (consumo de energia primária utilizando os devidos fatores de conversão). Confirmando o resultado obtido no trabalho de Gaméz-García *et al*. (2019) que dependendo do tipo de material, eletrodomésticos, estratégia e elementos gera-se variabilidade nos resultados, podendo ser bom ou ruim, e por isso faz-se necessária estudos nesse sentido.

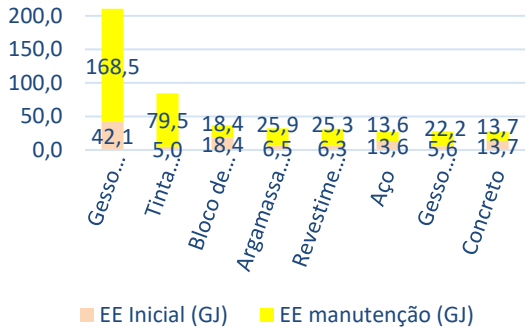
O consumo de energia na fase pós-operacional se mostrou irrisório, obtendo menos de 1% do total de energia, consumindo 3,86 GJ. Paulsen e Sposto (2013) afirmam que a demolição é que mais consome energia nesta fase. No caso deste artigo, 2,57 GJ foi para demolição; enquanto o consumo de energia no transporte foi de 1,28 GJ (transporte de entulhos para o aterro). A distribuição de consumo de energia por apartamento durante o ciclo de vida de 50 anos é demonstrada no Gráfico 3 e o Gráfico 4 são mostradas as diferentes partes do uso de energia durante todo o ciclo de vida da edificação.

Gráfico 1 – EE no Ciclo de Vida por apartamento



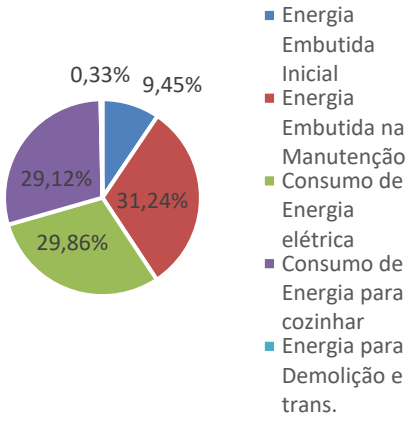
Fonte: Autores

Gráfico 2 – EE entre Materiais (GJ)



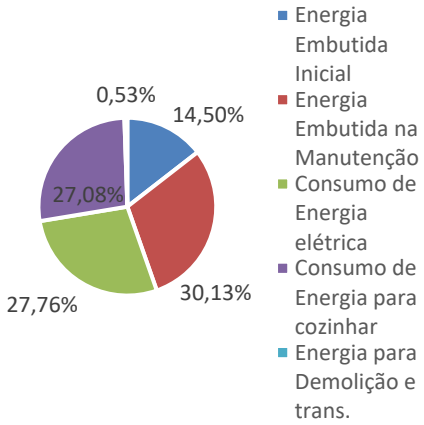
Fonte: Autores

Gráfico 3 – Energia Consumida no Ciclo de Vida da Habitação



Fonte: Autores

Gráfico 4 – Energia Consumida no Ciclo de Vida da Edificação



Fonte: Autores

Fazendo a ACVE para todo o EHIS, obtiveram-se os seguintes resultados: 7,7 TJ na utilização de materiais para a construção do empreendimento, já para reposição e manutenção de materiais foram estimados 16 TJ. O consumo de energia utilizado por aparelhos eletrônicos considerando todos os habitantes do residencial foi de 14,7 GJ. O gasto de 14,37 GJ é referente à energia usada para cozinhar. Por fim, tem-se o consumo de 283 GJ relacionado à energia gasta durante a etapa de demolição e transporte de seus resíduos.

5 CONCLUSÕES

A ACVE possibilitou a análise tanto do CE por apartamento (1.174,76 GJ), como o CE (53.068,57 GJ) do projeto de HIS. Ao observar a EC do ciclo de vida por apartamento e do empreendimento, percebeu-se que a EC de manutenção é a que apresenta maior percentual de consumo: 31,24% e 30,13%, respectivamente. Os percentuais de

76,8% da EE de manutenção e de 19% de EE de materiais, todos dentro do ciclo de vida por apartamento, justificam o maior o consumo para a EC de manutenção. Tais argumentos corroboram a afirmação de cumprimento do objetivo do artigo.

A diferença entre EE inicial e EE de manutenção observadas nos materiais gesso e tintas levanta a necessidade de reflexão sobre a relação da frequência de manutenção e consumo energético e os materiais aplicados na edificação. Um encaminhamento para pesquisa futura é o estudo do ACVE, considerando a relação supracitada e com aplicação de materiais alternativos.

Este artigo contribui para reforçar a aplicação de um modelo formulado pelos autores citados na metodologia. Os resultados podem servir de indícios em discussões de trabalhos envolvendo HIS e ACVE. Dada a limitação do estudo de caso único, sugere-se a aplicação da metodologia em uma maior amostragem.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15573**: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14040:** Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.

ALVES, L. A. et al. O século das cidades também pode ser o século da cidade sustentável? **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 9, p. 29-41, 2015.

CABRAL, R.; BRASIL, J. G. Princípios da cultura de paz e estratégias de sensibilização em relações públicas no programa cidades sustentáveis. **Razón y Palabra**, v. 18, n. 88, p. 1- 22, 2014.

DIAS, G. F. **Atividades Interdiciplinares de Educação Ambiental.** 2ª ed. São Paulo: Global Editora e Distribuidora Ltda, 2015.

GAVIÃO, L. O.; LIMA, G. B. A. Diagnóstico multidisciplinar da educação ambiental no ensino médio brasileiro: aplicação de indicadores de desempenho em uma escola de Niterói (RJ). **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 7, n. 2, p. 46-63, 2014.

GÁMEZ-GARCÍA, D. C. Environmental Challenges in the Residential Sector: Life Cycle Assessment of Mexican Social Housing. Energies, n.12, 2837, 2019.

GOOGLE EARTH. **Mapa de localização da cidade de Belém.** Disponível em: https://www.google.com.br/earth/ . Acessado em Outubro de 2019.

OMRANY, H. et al. Application of Life Cycle Energy Assessment in Residential Buildings: A Critical Review of Recent Trends. **Sustainability**, v. 12, n. 1, p. 351, 2020.

OSTERREICHER; SATTLER. Assessment of Sustainable Construction Measures in Building Refurbishment – Life Cycle Comparasion of Conventional and Multi-Active Façade Systems in a Social Housing Complex. **Sustainability**, v. 4487, n. 11, p. 1-22, 2019.

PAULSEN, J. S.; SPOSTO, R. M. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program "MY HOUSE MY LIFE". **Energy and Buildings**, v. 57, n. 2013, p. 95–102, 2013.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SARTORI, I; HESTNES, A. G. Energy use in the life cycle of conventional and lowenergy buildings: a review article, **Energy and Buildings,** v. 39, n. 3, p. 249–257, 2007.

SOUSA, U.E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil** / Ubiraci Espinelli Lemes de Souza. — São Paulo: Pini, 2005.

SKOYLES, E.R. Site accouting for waste of materials. Building Research Establishment, July/Aug. 1976.

Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO). – 13ª . ed. - São Paulo: Pini, 2008.

TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006. 225f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.