



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**INDICADORES GERENCIAIS E DE INTERESSE AMBIENTAL NA
CONSTRUÇÃO CIVIL: O CASO DE EDÍFICIOS RESIDENCIAIS VERTICAIS**

LUAN FERREIRA DE SOUZA

João Pessoa, Paraíba

Dezembro de 2021

LUAN FERREIRA DE SOUZA

**INDICADORES GERENCIAIS E DE INTERESSE AMBIENTAL NA
CONSTRUÇÃO CIVIL: O CASO DE EDÍFÍCIOS RESIDENCIAIS VERTICIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Coordenação do Curso de
Graduação de Engenharia Civil da
Universidade Federal da Paraíba, como
requisito para obtenção de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa
Athayde Júnior.

João Pessoa, Paraíba

Dezembro de 2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S729i Souza, Luan Ferreira de.

INDICADORES GERENCIAIS E DE INTERESSE AMBIENTAL NA
CONSTRUÇÃO CIVIL: O CASO DE EDÍFÍCIOS RESIDENCIAIS
VERTICAIS / Luan Ferreira de Souza. - João Pessoa,
2021.

74 f.

Orientação: Gilson Barbosa Athayde Júnior.
Monografia (Graduação) - UFPB/TECNOLOGIA.

1. CONSTRUÇÃO; INDICADORES; ÁGUA; ENERGIA; RESÍDUO.

I.

Athayde Júnior, Gilson Barbosa. II. Título.

UFPB/BSCT

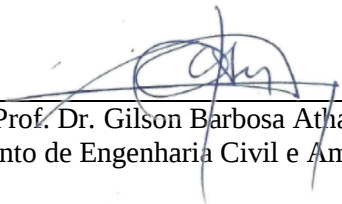
CDU 624 (043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUAN FERREIRA DE SOUZA

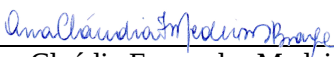
INDICADORES GERENCIAIS E DE INTERESSE AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O CASO DE EDÍFÍCIOS RESIDENCIAIS VERTICAIS

Trabalho de Conclusão de Curso em 06/12/2021 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aprovado



Profª. Drª. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aprovado



Prof. Dr. Leonardo Vieira Soares
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Profª. Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

*Aos meus pais,
Edivaldo, in memoriam, e Luciane, por todo
amor, valores e virtudes ensinados.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pelo dom da vida e por tudo que Ele fez e continua fazendo por mim, por me ajudar a ultrapassar todas os obstáculos ao longo da graduação, por todas as oportunidades que surgiram nessa trajetória, por ser meu refúgio, por ter me dado sabedoria e direcionamento nos momentos de incerteza.

Aos meus pais, Edivaldo (*in memoriam*) e Luciane, por toda educação, por todo auxílio e por todo incentivo a mim proporcionados. À minha mãe, agradeço por estar presente durante todo o curso, por todo amor, apoio e afago. Apesar de não estar presente, agradeço ao meu pai, pois tenho certeza da sua satisfação e felicidade, tendo em vista seu desejo e empenho para que isso fosse possível.

À minha irmã, Kris, e ao meu sobrinho, Antony, por todo carinho e cuidado. Agradeço, também, a todos os familiares, que estiveram presentes nessa caminhada.

Aos meus amigos de longa data, Paulo, Marielle e Marthon, por, mesmo distantes, estarem presentes nessa jornada.

Aos meus colegas de curso, em especial, a Laís, Alexandre e Nathália, pela parceria nos trabalhos em grupo. Agradeço, também, aos amigos que fiz nessa caminhada que, diante das aflições, fizeram os meus dias mais leves e tranquilos, em especial, a Eduarda, Cleisson, Ítalo, Mirela e Ingrid.

Aos professores da UFPB por transmitirem todo conhecimento necessário à minha formação.

Ao meu orientador, Gilson Athayde, por todas as orientações dada a este trabalho.

A gestora de obras, Elisangela, por ceder os dados e informações necessários para a realização deste trabalho.

*“[...]Seja forte e corajoso!
Não se apavore nem desamine,
pois o Senhor, o seu Deus, estrará com você
por onde você andar.”*

Josué 1:9

RESUMO

No cenário nacional, a indústria da construção possui grande relevância para a economia. Apesar desse benefício, as obras geram alguns impactos ambientais, provocando uma elevada pegada ecológica, a qual refere-se ao impacto daquela área em cima dos recursos utilizados. Uma maneira de gerenciar esses impactos é mensurar alguns parâmetros. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é determinar os indicadores de consumo de água, de consumo de energia elétrica e de geração de RCC, em uma obra de prédio residencial. O objeto de estudo fica localizado na cidade de João Pessoa – PB. A metodologia deste trabalho fixou-se em calcular dois indicadores, o primeiro levando em consideração a área construída, já o segundo baseado na quantidade de homens e horas trabalhadas na obra. Este trabalho encontrou $0,76\text{m}^3/\text{m}^2$ e $23,86\text{ l/Homem.hora}$ para o consumo de água. Para o consumo de energia elétrica, calculou-se $10,45\text{kWh}/\text{m}^2$ e $0,3289\text{kWh}/\text{Homem.hora}$. Já para o RCC, identificou-se uma geração de $155,08\text{kg}/\text{m}^2$ e $4,92\text{ kg}/\text{Homem.hora}$. Por fim, para o RCC – classe A verificou-se uma geração de $128,43\text{ kg}/\text{m}^2$ e $4,06\text{ kg}/\text{Homem.hora}$. Feito os cálculos necessários, nota-se que o consumo de água e de energia estão acima dos valores já encontrados na literatura. A geração de resíduos, por sua vez, encontra-se dentro do intervalo estabelecido em outro estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Civil; Indicadores; Consumo de água; Consumo de energia elétrica; Geração de RCC.

ABSTRACT

On the national scene, the construction industry has a great relevance in the economy. Despite this benefit, the constructions generate some environmental impacts, causing a high ecological footprint, which refers to the impact of that area on the resources that were used. One way to manage these impacts is to measure some parameters. So, the objective of this work is to determine the indicators of water consumption, electric power consumption and the generation of Construction and Demolition Waste (CDW), in a residential building project. The object of study is located in the city of João Pessoa – PB. The methodology of this work was based on the calculation of two indicators, the first one take into account the built area, the second one was based on the number of men and hours worked on the construction place. This work found $0.76\text{m}^3/\text{m}^2$ and 23.86 l/man.hour for water consumption. For the electricity consumption, were calculated $10.45\text{kWh}/\text{m}^2$ and $0,3289\text{kWh}/\text{man.hour}$. As for the CDW, a generation of $155.08\text{ kg}/\text{m}^2$ and 4.92 kg/man.hour was identified. Finally, for the CDW - class A, there was a generation of $128.43\text{ kg}/\text{m}^2$ and 4.06 kg/man.hour . After doing the necessary calculations, it was observed that water and energy consumption are above the values already found in the literature. For waste generation, it is within the range established in another study.

KEYWORDS: Civil Construction; Indicators; Water consumption; Electric power consumption; Generation of CDW.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2010/2019.....	17
Figura 2: Grau de oportunidade em função do tempo.....	19
Figura 3: Mapa global da pegada ecológica de consumo per capita em 2016.....	22
Figura 4: Planta do pavimento tipo.....	30
Figura 5: Pavimento do prédio.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Indicador de consumo de água (Marques, 2017).....	23
Tabela 2:	Características das obras analisadas por Marques et al. (2017).....	25
Tabela 3:	Indicador de consumo de energia (kWh/m ²).....	25
Tabela 4:	Relação das obras estudadas com a geração RCC (Costa et. al, 2014)..	28
Tabela 5:	Resumo dos indicadores.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Número de colaboradores ao longo da obra	31
Gráfico 2:	Consumo de água da obra ao longo dos meses (m ³).....	34
Gráfico 3:	Consumo de energia da obra ao longo dos meses (kWh).....	36
Gráfico 4:	Geração de resíduo - metralha (m ³).....	38
Gráfico 5:	Geração de resíduo - gesso (m ³).....	39
Gráfico 6:	Geração de resíduo de classe A (m ³).....	40
Gráfico 7:	Geração de resíduo - madeira (m ³).....	42
Gráfico 8:	Geração de resíduo - plástico (m ³).....	43
Gráfico 9:	Geração de resíduo - papelão (m ³).....	43
Gráfico 10:	Geração de resíduo - metais (m ³).....	44
Gráfico 11:	Geração de resíduo - classe B (m ³).....	45
Gráfico 12:	Geração de resíduo - classe C (m ³).....	46
Gráfico 13:	Soma da geração dos resíduos (m ³).....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Gha	Hectares Globais
H.h	Homem hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Kg	Quilograma
kWh	Quilowatt-hora
M ³	Metros cúbicos
M ²	Metros quadrados
NFP	Nova Filosofia de Produção
PAIC	Pesquisa Anual da Indústria da Construção
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
SCBI	<i>Sustainable Buildings and Climate Initiative</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
RCC	Resíduo da Construção Civil

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 <i>Objetivo Geral</i>	<i>16</i>
2.2 <i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>16</i>
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 <i>Construção Civil</i>	<i>17</i>
3.2 <i>Gestão de Projetos.....</i>	<i>18</i>
3.3 <i>Pegada Ecológica.....</i>	<i>20</i>
3.4 <i>Consumo de Água.....</i>	<i>22</i>
3.5 <i>Consumo de Energia</i>	<i>24</i>
3.6 <i>Geração de Resíduo</i>	<i>26</i>
3.7 <i>Desenvolvimento Sustentável</i>	<i>28</i>
4. METODOLOGIA.....	29
4.1 <i>Caracterização da obra</i>	<i>29</i>
4.2 <i>Indicadores analisados.....</i>	<i>31</i>
4.3 <i>Análise dos dados</i>	<i>33</i>
5. RESULTADOS	34
5.1 <i>Consumo de água.....</i>	<i>34</i>
5.2 <i>Consumo de energia</i>	<i>36</i>
5.3 <i>Geração de resíduos</i>	<i>37</i>
5.4 <i>Análise geral.....</i>	<i>47</i>
6. CONCLUSÕES.....	49
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

A construção civil contribui para o bem estar da sociedade em diversos âmbitos. Em um primeiro momento, o objetivo principal da construção de edifícios foi suprir as necessidades imediatas do ser humano sem uma análise crítica das técnicas empregadas. No entanto, com o passar dos anos, as construções criaram uma responsabilidade social e ambiental, visto que esse setor foi sendo cobrado por toda a sociedade.

Confiabilidade, durabilidade, qualidade das edificações e atendimento das necessidades dos clientes são alguns parâmetros que as construtoras procuram enraizar em sua cultura, para melhor atender aos clientes. Aliado a isso, elas buscam aprimorar seus serviços no dia a dia, a fim de reduzir os prazos e os custos das obras e, também, a melhoria do ambiente de trabalho.

Para isso, é preciso gerir os projetos. De acordo com Brandalise (2017), a gestão de projetos tornou-se imprescindível nas empresas de construção civil vindo a propiciar ferramentas para assegurar o sucesso de um projeto. Diante disso, observa-se a importância de um gestor a fim de analisar os indicadores e tomar as decisões acerca do projeto executado. Com isso, é possível reduzir custos, atingir o orçamento previsto e atender a legislação específica.

A construção de edifícios, em particular, possui um grande impacto social, uma vez que todos necessitam de um lar. Dessa forma, para os edifícios surgirem, muitos processos estão envolvidos como: fundações, superestrutura, instalações e acabamentos. Todas essas fases precisam de água e energia, de forma direta ou agregada, para a sua execução e diminuir tal consumo é um desafio. Paralelamente ao consumo de recursos naturais, ocorre a geração de resíduos.

O consumo de água e/ou energia ocorre em todos os processos da obra. Sendo assim, uma gestão desses insumos na construção civil é necessária, a fim de reduzir os eventuais desperdícios. Neste contexto, é possível estabelecer um cálculo para os indicadores de consumo de água e de consumo de energia elétrica na construção civil, possibilitando o seu gerenciamento. Da mesma forma, pode-se calcular um indicador para a geração de resíduos da construção civil (RCC).

Nas obras da construção civil, o consumo de água, o consumo de energia, a geração de RCC são intrínsecos ao processo, no entanto, quando aliado ao

desenvolvimento de uma boa gestão, é possível desenvolver a sustentabilidade. O desenvolvimento sustentável está fixado em desenvolver três vertentes: a economia, a sociedade e o meio ambiente.

Diante do exposto, este trabalho apresentará três indicadores de interesse ambiental associados à construção de edifícios: indicador de consumo de água, indicador de consumo de energia elétrica e o indicador da geração de RCC.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar os indicadores gerenciais e de interesse ambiental em uma obra de prédio residencial.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar e calcular os indicadores de água do empreendimento.
- b) Avaliar e calcular os indicadores de consumo de energia elétrica.
- c) Avaliar e calcular os indicadores de geração de RCC.
- d) Identificar características específicas da obra que influenciam nos indicadores propostos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

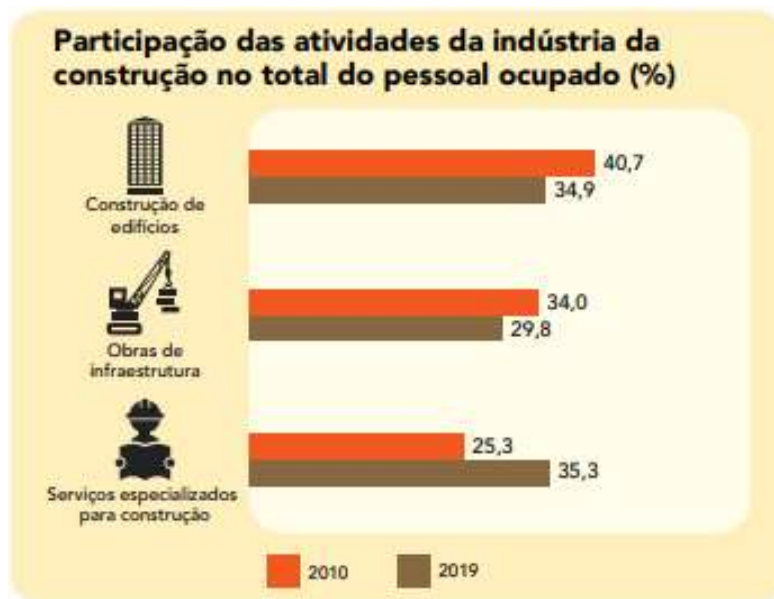
3.1 Construção Civil

A construção civil é um dos principais setores da economia brasileira, pois, contribui de forma expressiva para o desenvolvimento do país. Sua relevância decorre de sua capacidade de geração de renda e empregos (Fernandes et. al, 2020). Sendo assim, é indiscutível a importância desse setor no cenário nacional.

A indústria da construção, em particular o setor de edificações, está sofrendo mudanças substanciais nos últimos anos. Tais mudanças são justificadas devido ao processo de reestruturação competitiva, com a modificação do perfil das empresas atuantes no mercado e mudanças nas relações entre os vários intervenientes do processo da construção e destes com seus clientes (Tzortzopoulos, 1999).

De acordo com dados da Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC), do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – o setor da construção de edifícios reduziu o quadro de pessoas em 2019, em termos percentuais, quando comparado ao ano de 2010, como pode ser visto na imagem abaixo, assim como as outras áreas da construção. Apesar dessa redução, esse segmento continua expressivo quando se fala na geração de empregos.

Figura 1 – Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2010/2019



Fonte: PAIC, 2019.

Segundo Abiko (2005), a construção civil tem importante participação no PIB – Produto Interno Bruto, respondendo por cerca de 5% do emprego formal e 6,5% do total de ocupados no País (formal ou informalmente). No entanto, para continuar lucrando e obtendo relevância no segmento a construção precisou se reinventar.

Para ganhar vantagem competitiva e se adequar ao novo cenário, a construção civil buscou inovações. Essa busca pode ser visualizada na aplicação da Nova Filosofia de Produção (NFP) ou Produção Enxuta por algumas construtoras.

A Produção Enxuta firmou-se no ambiente construtivo após a evolução de algumas filosofias dos sistemas industriais, as quais passaram por Taylor, Ford, Sistema Toyota de Produção (STP) e, finalmente, a Nova Filosofia de Produção. Os principais objetivos dessa filosofia são: reduzir os desperdícios de produção, manter o fluxo contínuo e aumentar a qualidade (Valente, 2018).

Segundo Peretti et. al (2013), a Produção Enxuta para a construção civil foi sintetizada por Lauri Koskela, 1992, ao publicar o trabalho intitulado *Application of the new production philosophy in the construction industry* do Technical Research Center, da Finlândia.

De acordo com Koskela (1992), a partir do século XIX, o conceito de produção era apenas um processo de conversão de uma entrada (recursos) em uma saída (produtos). No entanto, com o advento do Sistema Toyota de Produção, verificou-se falhas nessa filosofia, como, por exemplo, a desconsideração das atividades de fluxo inerentes ao processo e ausência de uma correta especificação do produto de acordo com as necessidades dos clientes.

Diante disso, o processo da Construção Enxuta afirma que o processo representa um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, sendo o mesmo constituído por atividades de transporte, espera e inspeção, as quais não agregam valor, denominadas atividades de fluxo. Sendo assim, essas atividades devem ser eliminadas.

3.2 Gestão de Projetos

Projeto pode ser definido como um conjunto de ações, executado de maneira coordenada por uma organização transitória, em que são alocados os insumos necessários, para em um dado prazo, alcançar o objetivo determinado (Vargas, 2009).

Algo que pode ser constatado no mundo da construção civil é a ausência ou a inadequação do planejamento das obras. Esse fenômeno é sentido muito mais nas obras de pequeno e médio portes, em sua maioria efetuadas por empresas pequenas, por profissionais autônomos, ou mesmo pelos seus proprietários (Mattos, 2010).

Figura 2 – Grau de oportunidade em função do tempo



Fonte: Mattos, 2010

Com Figura 2, é possível inferir que a oportunidade construtiva se caracteriza em ser o período o qual se pode alterar o rumo de um serviço ou do planejamento a um custo baixo. Caso essa intervenção não ocorra, temos a oportunidade destrutiva, a qual caracteriza-se por uma solução menos eficiente e sua implantação fica mais cara. Dessa forma, podemos concluir que quanto mais cedo o gestor puder agir, melhor.

De acordo com Kern (2005), na construção civil, o planejamento e controle dos custos deve ser realizado de maneira sistemática e formal, envolvendo informações quanto ao orçamento, produção e recuso de materiais. Diante disso, é preciso planejar o consumo de água, o consumo de energia elétrica, dentre outros insumos e a geração de resíduos, de acordo com cada atividade, definindo metas de redução.

Uma das formas de medir a qualidade e produtividade de uma corporação é o uso de indicadores que permitam avaliar o desempenho. Com essa informação, é possível parametrizar esse indicador para servir como base de avaliação para outras

empresas. Dessa maneira, portanto, tem-se dado para verificar o nível de competitividade e aproveitamento das empresas perante essa informação.

Segundo Costa et. al (2005 apud WAGGONER et al., 1999):

O projeto de um sistema de indicadores de desempenho envolve a definição dos seguintes elementos: (a) procedimentos para coleta e processamento de dados; (b) formatos e periodicidade para a distribuição da informação; (c) um processo de avaliação que permita a identificação de ações para melhoria do desempenho; e (d) um processo de revisão e atualização do sistema.

As medidas de desempenho podem ser classificadas de diferentes maneiras, conforme a necessidades de informações da empresa e a sua estrutura de organização e decisão. Sendo assim, os indicadores são classificados de quatro maneiras: Indicadores de qualidade e produtividade; indicadores gerenciais (ou estratégicos) e operacionais; indicadores de resultado e processo; indicadores financeiros e não-financeiros.

O consumo de água, o consumo de energia e a geração de resíduos se enquadram em indicadores gerenciais e operacionais. Tendo em vista que o indicador gerencial possui o objetivo de acompanhar e impulsionar a implantação de estratégias; já o indicador operacional se estabelece em função dos objetivos e tarefas desenvolvidas dentro de cada processo, buscando coerência com as estratégias gerenciais desenvolvidas na organização.

Dessa forma, podemos destacar que com um gestor a frente da construção de edifício é possível antecipar eventuais problemas. Vale salientar que, ele é responsável por planejar a obra, executar o que foi planejado e corrigir o que não está dando certo.

Tais correções são feitas a partir dos acompanhamentos de serviços ou atividades, dos quais são possíveis extrair parâmetros, que chamamos de indicadores, para auxiliar em uma tomada de decisão.

3.3 *Pegada Ecológica*

De acordo com a World Wildlife Fund Brasil (2021), pegada ecológica é um método de contabilidade ambiental que avalia o consumo das populações humanas sobre os recursos naturais. Com isso, os padrões de consumo são avaliados, a fim de verificar se está dentro da capacidade ecológica do planeta, a pegada ecológica apresenta-se em hectares globais (gha).

Para Pereira (2008), o conceito de pegada ecológica é:

A ideia básica é de que cada indivíduo, processo, atividade e região têm um impacto na Terra, através de usos de recursos, geração de resíduo e uso de serviços fornecidos pela natureza. Esses impactos podem ser convertidos em áreas biologicamente produtivas. Assim, a pegada mostra a extensão que a humanidade se apropria da produtividade da natureza. Em outras palavras, a pegada ecológica é uma medida do impacto da população expressa em termos de área apropriada.

A indústria da construção civil, por sua vez, possui de grande impacto na pegada ecológica do nosso planeta. Segundo Trevisan (2012 apud Sustainable Buildings and Climate Initiative – SCBI), a construção consome 40% de toda energia, extrai 30% dos materiais do meio natural, gera cerca de 40% dos resíduos sólidos dos centros urbanos, consome 25% da água e ocupa 12% das terras. Diante disso, verifica-se os impactos desse setor, com isso, faz-se necessário um estudo a fim de reduzir tais danos.

A World Wildlife Fund (2020) traz um mapa que apresenta a pegada ecológica per capita, em 2016. De acordo com a figura 3, quanto mais rico um país, maior a pegada ecológica global per capita. O Brasil possui uma média de 2 – 3,5 hectares globais per capita de consumo global.

Figura 3 – Mapa global da pegada ecológica de consumo per capita em 2016



Fonte: Relatório Planeta Vivo 2020 – WWF, 2020.

A seguir, discorre-se sobre três indicadores da construção civil relacionados à pegada ecológica: consumo de água, consumo de energia elétrica e geração de RCC.

3.4 Consumo de água

Durante muitos anos difundiu-se um pensamento que a água seria um bem infinito. No entanto, com alguns estudos foi comprovado que a água é um recurso natural limitado. Validando esse pensamento, foi instituída a lei nº 9.433/97, a qual considera a água como um *bem de domínio público, recurso natural limitado e dotado de valor econômico*.

A construção civil, apesar de não ser grande responsável pelo consumo mundial de água, configura-se como um setor bastante representativo, com grande potencial de contribuição na sua preservação (Pereira, 2018). Esse consumo é significativo na indústria da construção, o qual precisa desse recurso em boa parte dos seus processos.

O consumo de água na construção civil é bem considerável, pois além do consumo no ambiente de trabalho, tem-se o consumo agregado na fabricação de seus materiais. Segundo Silva e Violin (2013, apud. Fachin et. al, 2011), o alto consumo é devido a água possuir as principais funções de dissolução e de transporte de vários tipos de materiais.

Ainda na fase de execução da obra é possível adotar medidas no dia-a-dia para a conservação da água, como monitoramento do consumo, escolha do sistema construtivo, conscientização e reúso (Moura, 2015).

De acordo com Gosch (2012), os indicadores ambientais, como o consumo de água, são pouco monitorados no setor da construção civil. Alguns estudos já realizados demonstraram uma estimativa de consumo entre 0,20 a 0,25 metros cúbicos de água por metro quadrado de área construída em obras de edificações (Silva *et. al*, 2013).

Além desse estudo, tem-se o estudo realizado por Marques (2017), o qual ele avaliou o consumo de água em seis obras. Tais consumos podem ser vistos na tabela abaixo.

Tabela 1 - Indicador de consumo de água (Marques, 2017)

Obra	Área construída (m ²)	Indicador (m ³ /m ²)
1	6.223,66	0,28
2	15.969,04	0,01
3	13.704,93	0,17
4	5.567,81	0,18
5	5.046,30	0,13
6	48.870,81	0,02

Fonte: adaptado Marques et. al (2017)

Pessarelo (2008), por sua vez, defende que o indicador de consumo de água nas construtoras mais estável é o indicador de consumo de água por Homem-hora, visto que outros indicadores, como m³/m², algumas variáveis influenciam de acordo com o tipo de construção: a tipologia e a característica construtiva, por exemplo. Essa mesma análise foi confirmada no estudo de Novis (2014).

No estudo de Pessarelo (2008), ainda, encontra-se o valor de 11,6 a 14,4 l/Homem.hora nas obras por ele analisadas.

Com o indicador do consumo de água, a empresa pode estabelecer sucessivas novas metas com o objetivo de reduzir esse consumo e de tornar os produtos e processos mais eficientes (Pinheiro, 2011).

Produzir um novo edifício ou reformar um existente, com foco no uso eficiente da água significa interferir, tecnicamente, em todos os aspectos que geram desperdício. Nos processos produtivos inseridos na construção da edificação (concretagem, cura, entre outra) acredita-se que sejam possíveis soluções que otimizem o consumo de água (Sautchuk et. al, 2005).

3.5 Consumo de energia

A construção civil possui um alto consumo de energia elétrica. Esse consumo tem início na construção da edificação e segue até todo o ciclo de vida do edifício.

Segundo Araújo (2010, apud Lamberts e Triana, 2007), o consumo de energia tem aumentado em todo o planeta. Dessa forma, o modo de vida das populações e a busca por conforto demandam energia elétrica que, muitas vezes, vem de fontes não renováveis.

Marques et. al (2017) reporta um consumo que variou entre 0,27 kWh/m² e 9,93 kWh/m², nas seis obras analisadas. Essa grande variação foi devido a características construtivas e de acabamento de cada obra. A tabela abaixo exhibe as características das obras analisadas e o seu consumo de energia.

Tabela 2 – Características das obras analisadas por Marques et al. (2017)

OBRA	TO	SC	FORMAS	ESCORA MENTOS	Nº PAV.	Nº UND.	TIPO (1d, 2d, kit, etc.)	ALT (m²)	P (m)	ARG (m²)	IC
1	R	CA	CB	ME	15	84	7xKIT	283	91	6.224	0,66
2	R	CA	MA	MA	20	102	2x1D; 4xKIT	275	95	15.969	0,76
	C	CA	CB	ME	16	104	8 salas	420	95		0,84
3	R	CA	MA	MA	14	52	3x2D; 1x3D	315	75	13.705	0,8
	R	CA			12	44	3x2D; 1x3D	315	75	8.190	0,8
4	R	CA	MA	MA/ME	12	40	3x2D; 1x3D	380	105	5.568	0,66
5	R	CA	MA	MA	12	27	3xKIT	120	50	5.046	0,78
	R	CA			13	30	1x1D; 2x2D	200	65		0,77
6	C	CA	MA	MA	21	169	9 salas	450	90	48.870,8	0,84

Nota: Legenda:

TO: Tipo de obra; SC: Sistema construtivo; Nº Pav. Número de pavimentos; Nº Und.: Número de unidades; ALT: Área laje tipo; P: perímetro; ARG: Área real global; IC: Índice de compacidade.

Tipo de obra: R = Residencial; C = Comercial;

Sistema Construtivo: CA = Concreto Armado;

Formas: CB = Cubetas; MA = Madeira;

Escoramentos: ME = Metálico; MA = Madeira;

Tipo: 1D = 1 Dormitório; 2D = 2 Dormitórios; 3D = 3 Dormitórios; KIT = quitinete.

Fonte: adaptado Marques et. al (2017)

Agora, na tabela 2 encontra-se o valor do indicador do consumo de energia (kWh/m²) de cada obra analisada por Marques et al. (2017).

Tabela 3 – Indicador de consumo de energia (kWh/m²)

OBRA	ÁREA CONSTRUÍDA (m²)	ÍNDICE DE COMPACIDADE (IC)	CONSUMO TOTAL DE ENERGIA (kWh)	INDICADOR (kWh/m²)
1	6.223,66	0,66	60.907,00	9,79
2	15.969,04	0,76 / 0,84	4.302,51	0,27
3	13.704,93	0,8 / 0,8	97.500,00	7,11
4	5.567,81	0,66	55.266,00	9,93
5	5.046,30	0,78 / 0,77	11.382,36	2,26
6	48.870,81	0,84	39.679,22	0,81

Fonte: adaptado Marques et. al (2017)

Diante desses dados, percebemos que a obra de maior consumo de energia é a obra 4, que é uma obra residencial com estrutura de concreto armado. Já a obra de menor consumo de energia é a obra 2, que também é uma obra de residencial de

concreto armado. Logo, essa variância deve-se a outros fatores, como o tempo de obra e a quantidade de funcionários atuando no ambiente.

A energia é fundamental para as atividades e processos presentes na construção civil. No entanto, é preciso gerenciar esse consumo, a fim de amenizar os custos da obra e viabilizar uma obra sustentável.

3.6 Geração de resíduo

A construção civil, por utilizar vários recursos a fim de atender as demandas inerentes aos processos, acaba gerando muitos resíduos. A Resolução N° 348/2004, do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, define resíduo da construção civil:

Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultados da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Essa mesma resolução, divide os resíduos da construção civil em quatro classes, sendo elas:

- Classe A - resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, relacionados a demolição/reformas das obras;
- Classe B – são resíduos recicláveis para outras destinações, são aqueles resíduos mais conhecidos, como papel, plástico, vidro, madeira, etc.
- Classe C – são resíduos que não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
- Classe D – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos, etc.

Além disso, o Ministério do Meio Ambiente desenvolveu um Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2010, que abrange a construção civil. Esse plano estabelece regras para os Resíduos da Construção Civil (RCC).

Sendo assim, Paulo (2016) alerta para deposição incorreta dos resíduos sólidos gerados pela construção civil é ameaçadora ao ecossistema e a sociedade,

comprometendo a qualidade de vida das pessoas e causando um desequilíbrio e destruição do ecossistema.

Em um estudo realizado por Costa et al. (2014), o qual considerou 35 obras, encontrou-se uma taxa de geração de RCC, em João Pessoa, que varia de 75,17 a 169,99 kg/m². Já no que se refere ao RCC de classe A, essa taxa varia de 69,91 a 158,09 kg/m². Além disso, obteve-se uma média de 87,27 kg/m² de geração d RCC classe A. As obras analisadas podem ser vistas na tabela abaixo.

Dessa forma, faz-se necessário destacar que das 35 obras estudadas, apenas 22 obras foram utilizadas para o cálculo da geração de RCC. Esse recorte foi realizado, pois considerou-se as obras finalizadas até 23 de março de 2012 para tal estudo.

Tabela 4 – Relação das obras estudadas com a geração RCC (Costa et. al, 2014)

OBRA	NATUREZA	ÁREA CONSTRUÍDA (m ²)	TAXA DE GERAÇÃO DE RCC (kg.m ⁻²)	TAXA DE GERAÇÃO DE RCC CLASSE A (kg.m ⁻²)
1	Residencial	985,5	100,89	93,83
3	Residencial	43858,8	90,08	83,78
4	Residencial	16976,51	91,5	85,1
5	Residencial	1250	98,4	91,51
6	Residencial	950	107,89	100,34
7	Residencial	1780	80,62	74,98
8	Residencial	1949	94,66	88,03
9	Residencial	1194,5	123,57	114,92
10	Residencial	998	107,87	100,29
12	Residencial	70	146,43	136,18
13	Residencial	95	113,29	105,36
14	Residencial	150	75,17	69,91
16	Edifício Público	2299,02	90,55	84,21
17	Edifício Público	997,64	169,99	158,09
19	Edifício Público	840	87,86	81,71
20	Edifício Público	445,56	111,57	103,76
21	Edifício Público	232,45	158,74	147,63
22	Edifício Público	394,3	100,08	93,08
24	Edifício Público	754,93	87,57	81,44
29	Edifício Público	4997	104,26	96,96
34	Edifício Público	455,4	88,91	82,69
35	Edifício Público	1031,8	99,74	92,76

Fonte: adaptado Costa et. al (2014)

É válido ressaltar, ainda, que a massa unitária encontrada no estudo de Costa et al. (2014) foi de 1.025 kg/m³, para os resíduos da construção civil.

3.7 Desenvolvimento Sustentável

A preocupação com a sustentabilidade tem levado a Indústria da Construção Civil, mesmo que com certo atraso em relação aos outros setores produtivos, a grandes transformações e à absorção de novos conceitos gerenciais (Cortes et. al, 2011).

A incorporação da sustentabilidade na gestão ainda é um desafio que as empresas enfrentam, pois, muitos gestores têm claro como operacionaliza-la internamente, mas pressupõem altos custos para a sua implantação (Marques; Kurek, 2014).

4. METODOLOGIA

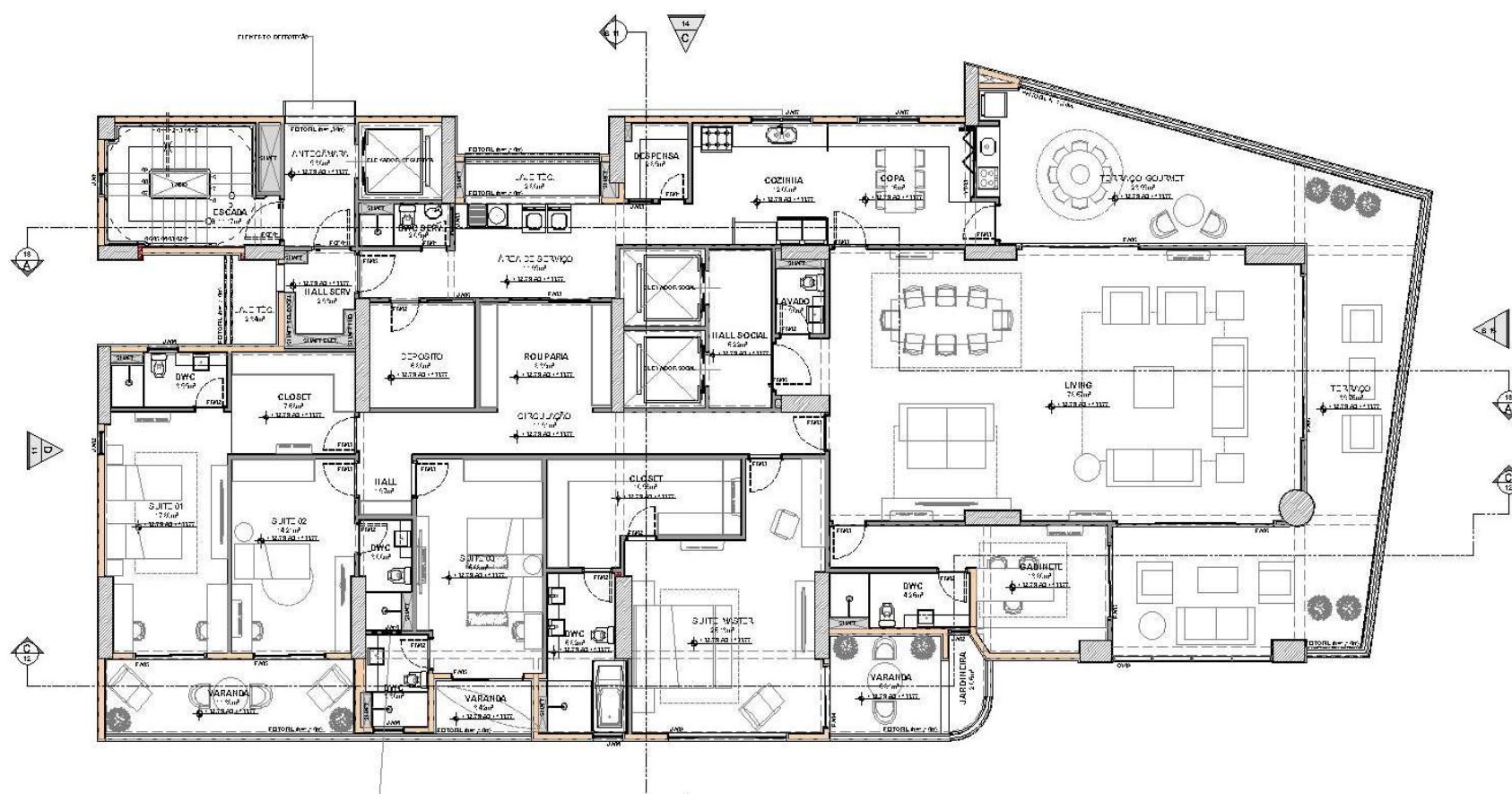
Para o presente estudo, serão utilizadas informações cedidas por uma construtora da Paraíba, a qual possui obras nas cidades de João Pessoa – PB e Cabedelo – PB. Essas informações são referentes ao consumo de água e de energia e a geração de resíduos durante o período de obra.

Tais informações eram coletadas mensalmente. O consumo de água era verificado nos hidrômetros instalados no poço e na ligação da concessionária de água. Em relação à energia, era verificado o consumo mensal registrado na conta de energia. Já o volume de resíduo gerado era fornecido pela empresa terceirizada contratada para coletar os resíduos da obra.

4.1 *Caracterização da obra*

Essa obra é um empreendimento residencial, localizada na cidade de João Pessoa – PB, a qual possui uma área construída de 23.908 m², correspondendo ao somatório dos pavimentos tipo e das áreas comuns. Para a estrutura da obra, utilizou-se concreto armado. Tal obra conta com 34 apartamentos de 414m² e um duplex com 694,46m². Além disso, é importante citar que os acabamentos utilizados são de alto padrão. Na figura 3, pode-se visualizar a planta de um pavimento tipo. Além dos pavimentos tipo, a obra possui um subsolo, um térreo, um mezanino e um pavimento coberto. Totalizando, assim, 40 pavimentos.

Figura 4 – Planta do pavimento tipo

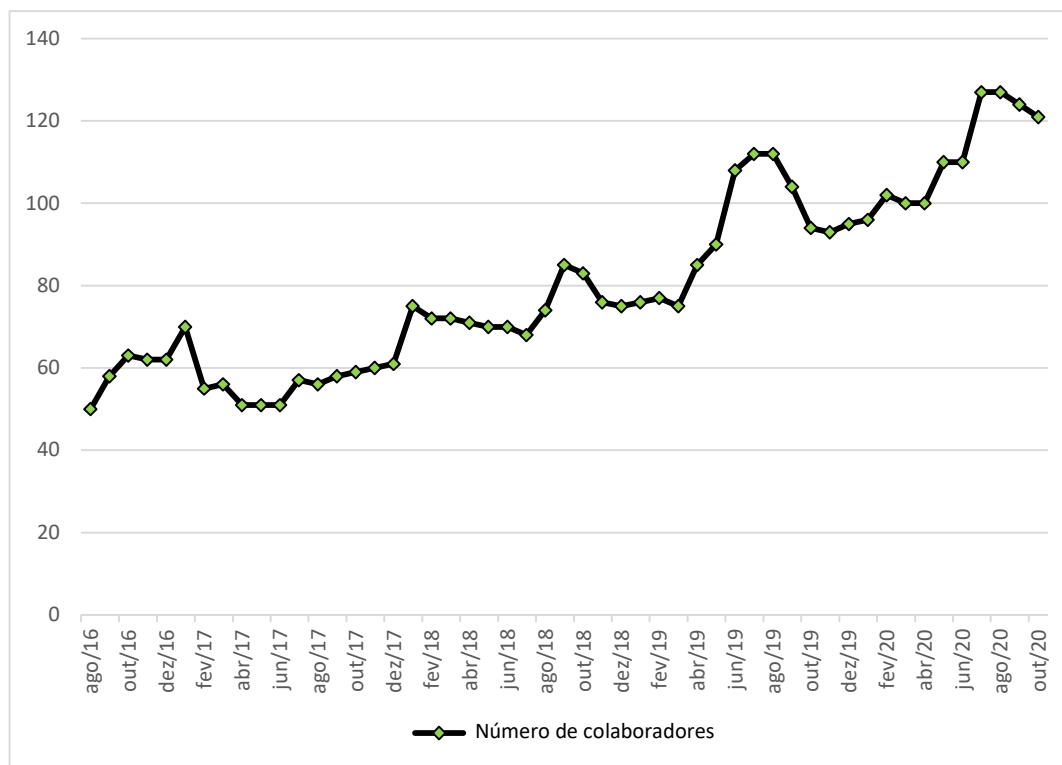


Fonte: Banco de dados da construtora, 2021

A obra em questão foi entregue no ano de 2020. Dessa forma, os dados para tal estudo estão completos e vão desde o início da obra, em 2016, até a sua conclusão.

O número de funcionários, ao longo da obra, pode ser visto no gráfico 1. É importante salientar, que estão sendo considerados os funcionários contratados pela construtora. Desse modo, os funcionários de empresas terceirizadas atuantes na obra não estão sendo contabilizados.

Gráfico 1 – Número de colaboradores ao longo da obra



Fonte: Autoria Própria, 2021.

4.2 Indicadores analisados

O consumo de água, consumo de energia e a geração de energia foram os indicadores estabelecidos para o presente trabalho. Dessa forma, a construtora disponibilizou planilhas em Excel com as informações de consumo, no caso da água e da energia, e de geração dos resíduos, as quais encontram-se nos apêndices desse trabalho.

Para cada indicador, foram obtidos 51 dados de consumo de água, consumo de energia e de geração de resíduos, os quais correspondem a medidas mensais entre

agosto/2016 e outubro/2020. Dessa forma, serão calculados dois indicadores para cada item, um baseado no somatório de cada conjunto de dados e dividindo pela área construída e outro, o qual será baseado na quantidade de funcionários dentro da obra.

Diante disso, o primeiro indicador será obtido através da seguinte fórmula:

$$Indicador_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\text{área construída}} \text{ (Eq.1)}$$

sendo, x_i : consumo mensal e/ou geração mensal

Para o indicador de consumo de água, o valor será obtido corresponde a m^3/m^2 . Já o de consumo de energia será obtido em kWh/m^2 . Por fim, o indicador de geração de resíduos será obtido em m^3/m^2 .

Já o segundo indicador será expresso em $\text{m}^3/\text{Homem.hora}$ e $\text{kWh}/\text{Homem.hora}$. Alguns autores, como Pesssarelo (2008) e Novis (2014), defendem que essa maneira melhor representa o consumo de água, por exemplo, dentro dos canteiros de obra. Dessa maneira, o indicador será calculado da seguinte forma.

$$Indicador_2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{4,2 \times 44 \times \sum_{i=1}^n y_i} \text{ (Eq. 2)}$$

Sendo, x_i : valores da amostra do consumo de água (m^3);

4,2: número de semanas médias em um mês;

44: número de horas trabalhadas em uma semana;

y_i : números de funcionários.

É válido ressaltar, ainda, que para este cálculo, não serão consideradas as horas extras trabalhadas.

Para a geração de resíduos, será necessário converter os dados para kg (quilograma), tendo em vista que os dados fornecidos pela construtora estão em m^3 . Dessa forma, utiliza-se a fórmula a seguir.

$$M = M_u \times V \text{ (Eq. 3)}$$

Sendo, M: massa de RCC (kg);

M_u : massa unitária do RCC (kg/m^3), sendo adotado o valor estudado por Costa et al. (2013), $1.025 \text{ kg}/\text{m}^3$;

V: volume de RCC (m^3).

Ou seja, para a geração resíduos, basta multiplicar os valores por 1.025 kg/m^3 , para, assim, obter-se o numerador em kg.

4.3 *Análise dos dados*

De posse desses dados, foi realizada uma análise das etapas da obra frente aos valores máximos e mínimos dos indicadores. Buscando, assim, justificar a demanda de tal serviço para obra. Além disso, tais valores serão comparados com os valores citados acima encontrados na literatura.

Para finalizar, todas as informações ficarão dispostas em gráficos, a fim de facilitar a visualização dos dados e o comportamento do consumo de água, energia a da geração de resíduos.

5. RESULTADOS

5.1 Consumo de água

De acordo com os dados disponibilizados pela construtora, a obra em questão utilizou apenas água de poço do mês de agosto/2016 até janeiro/2018. Após esse período, passou-se a utilizar também a água fornecida pela concessionária dos serviços de abastecimento público, sendo utilizada essas duas fontes de água até outubro/2020.

A seguir, pode-se visualizar o gráfico de consumo de água (m³) ao longo da obra. Os valores expostos no gráfico são as somas da água do poço com a água do serviço do abastecimento público, nos meses em que foi necessária tal combinação.

Gráfico 2 – Consumo de água da obra ao longo dos meses (m³)



Fonte: Autoria Própria, 2021.

De posse desses dados de consumo de água ao longo dos meses da obra, observa-se um consumo maior no final da obra.

O consumo menor até o mês de novembro/2018 deve-se a fase da obra, a qual encontrava-se em superestrutura. Essa fase que inclui a execução da estrutura da obra, predominando a concretagem dos pilares, vigas e lajes. Para isso, é imprescindível a utilização do concreto. Nessa obra, porém, todo o concreto dessa fase foi usinado, o qual não demandava água da obra para a fabricação.

A partir de janeiro/2019 tem-se uma demanda crescente do consumo de água chegando a 946 m³. Dessa forma, é possível afirmar que a fase de acabamento demanda um maior volume de água para a sua execução. Nessa fase, encontram-se serviços como alvenaria, contrapiso e revestimento.

Calculou-se, então, o indicador de consumo de água, o qual é o quociente entre somatório do consumo de água com área construída da obra (Eq. 02), como pode-se ver a seguir.

$$\text{Indicador}_{1-\text{ consumo de água } (\frac{m^3}{m^2})} = \frac{\sum_{i=1}^n 57,5+205,81+ \dots ,69+\dots +918+946}{23.908} =$$

$$\frac{18.143}{23.908} = 0,76 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Como já citado acima, Silva et. al (2013) estimou um valor de consumo de água entre 0,20 e 0,25 m³/m². O valor encontrado na obra objeto deste trabalho, 0,76 m³/m², está bem acima do valor estimado pelos autores supracitados.

O valor calculado do indicador 1 também está acima do estimado por Marques (2017), que considerou seis obras, com diferentes características, as quais resultaram em um valor máximo de consumo de 0,28m³/m², ou seja, quase três vezes menor que o indicador calculado no presente estudo.

Além do indicador m³/m², tem-se o indicador m³/homem.hora. Para alguns autores, como dito anteriormente, esse indicador é a melhor maneira de mensurar o consumo de água dentro de um canteiro de obras.

Calculou-se o indicador de consumo de água (m³/Hh), referente a 51 meses de obra (agosto/2016 a outubro/2021). Esse cálculo está exposto a seguir.

$$\text{Indicador}_{2-\text{ consumo de água } (\frac{m^3}{Hh})} = \frac{18.143}{4,2 \times 44 \times 4109}$$

$$= 0,02389 \frac{m^3}{\text{Homem.hora}} \text{ ou } 23,89 \frac{l}{\text{Homem.hora}}$$

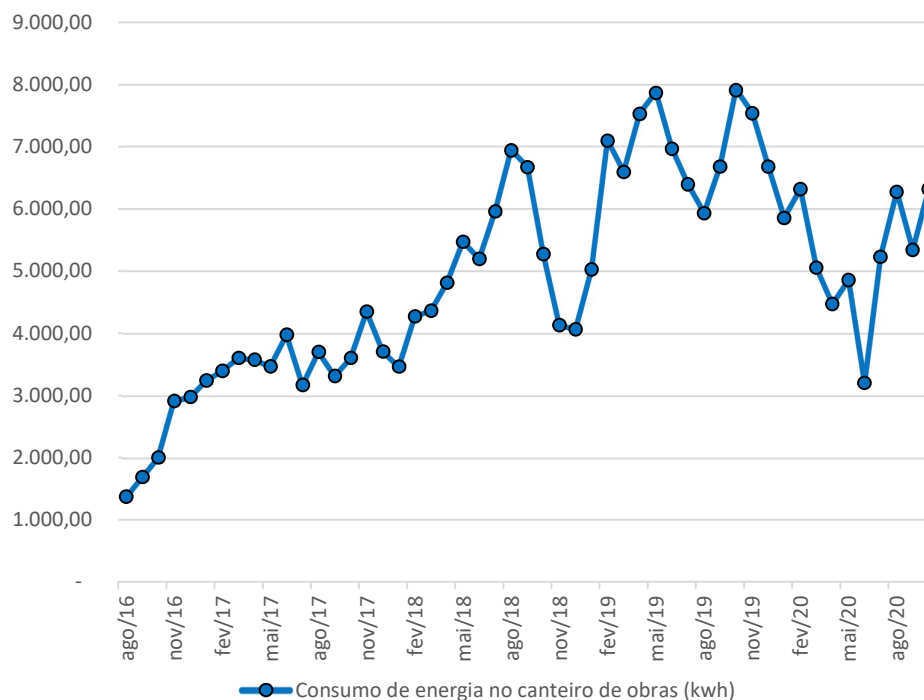
Diante desse valor, observa-se que, para o indicador 2, a obra está acima dos valores encontrados por Pessarelo (2008), que indica uma variação de 11,6 a 14,4 l/Hh. Esse valor calculado, 23,89 l/Hh, é referente aos 51 meses de obra, tempo consideravelmente longo.

Sendo assim, tem-se que nos indicadores 1 e 2 a obra está com um consumo acima dos valores encontrados na literatura. Alguns pontos dessa obra justificam tal consumo, sendo eles: com o passar do tempo os serviços só aumentaram, pois, apesar de entregar a área comum, os serviços de reforma permaneceram. Além disso, esse empreendimento apresenta uma área de jardim significativa, a qual era irrigada duas vezes ao dia até a entrega do prédio. Outro ponto a ser citado, os testes constantes de estanqueidade feitos na piscina.

5.2 Consumo de energia

A energia utilizada na obra era da empresa concessionária de energia local, do começo ao fim. Os dados obtidos são de agosto /2016 até o mês de outubro/2020. O gráfico abaixo (gráfico 3) exhibe o consumo de energia da obra em quilowatts-hora (kWh) ao longo dos meses.

Gráfico 3 – Consumo de energia da obra ao longo dos meses (kWh)



Fonte: Autoria Própria, 2021.

O menor consumo de energia da obra aconteceu no primeiro mês, agosto/2016, que registrou 1.370 kWh. Já o mês de maior consumo foi outubro/2019, que corresponde a 7.912 kWh. É possível afirmar, ainda, que o consumo de energia foi bastante variável.

De posse dos dados já expostos, calculou-se o Indicador 1, o qual soma todos os consumos de energia em quilowatts-hora e divide pela área total construída, como pode ser visto abaixo.

$$\begin{aligned} \text{Indicador}_{1-\text{consumo de energia}} &= \frac{\sum_{i=1}^n 1.370 + 1.687 + \dots + 6.318}{23.908} \\ &= \frac{249.780}{23.908} = 10,45 \text{ kWh/m}^2 \end{aligned}$$

No estudo feito por Marques (2016), o consumo de energia variou de 0,28 a 9,93 kWh/m². Esse estudo mapeou o consumo de energia de seis obras com diferentes características, tanto da tipologia da obra como do sistema construtivo, como pode ser visto na tabela 2.

Dessa forma, comparando os indicadores de Marques (2017) e o indicador obtido com esse estudo, observa-se um consumo de energia superior ao já obtido na literatura.

Além do indicador 1, calcula-se o indicador 2, o qual divide o consumo de energia total pela quantidade de colaboradores e as horas trabalhadas por eles, expresso em kWh/Homem.hora, como pode ser visto no cálculo a seguir:

$$\text{Indicador}_{2-\text{consumo de energia } \left(\frac{kWh}{Hh}\right)} = \frac{249.780}{4,2 \times 44 \times 4109} = 0,3289 \frac{kWh}{Homem.hora}$$

Feito isso, obtém-se um valor de 0,3289 kWh/Homem.hora. Não foi encontrado esse indicador na literatura para efeito de comparação.

5.3 Geração de resíduos

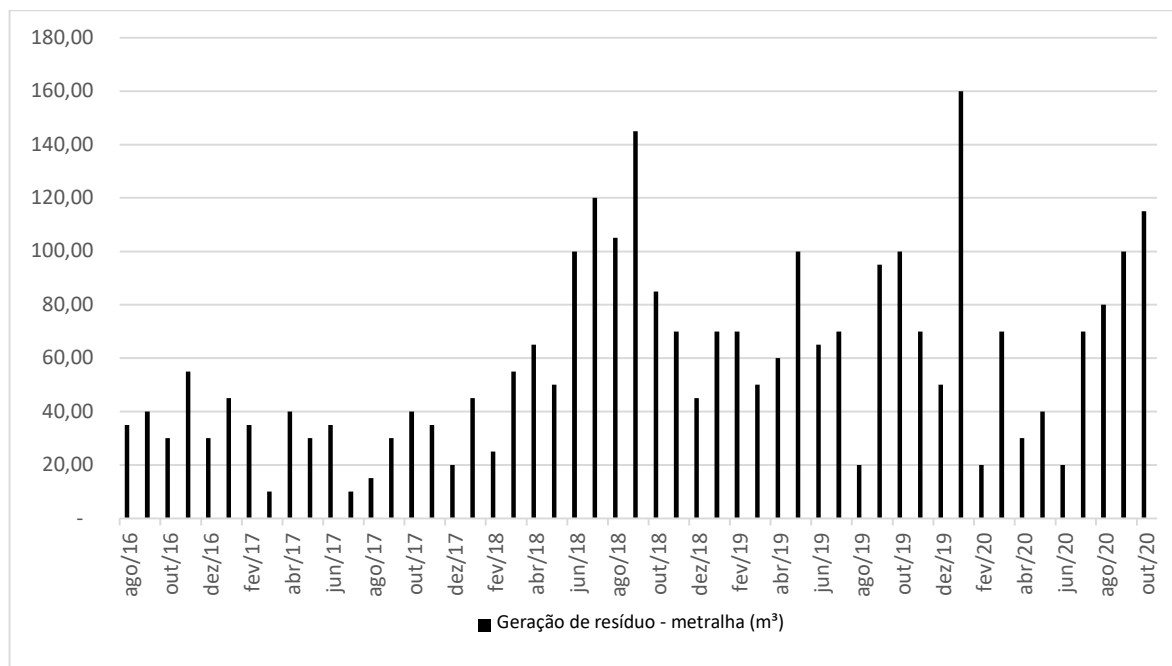
De acordo com a Resolução do Conama nº 384/2004, os resíduos da construção civil são divididos em quatro classes, como já visto acima. O presente estudo, porém, possui dados para resíduos que estão inseridos em três classes: classe A; B e C.

A classe A trata dos resíduos recicláveis, relacionados à construção. Já os resíduos da classe B são recicláveis de outros fins, como metais e vidros. A classe C, por sua vez, refere-se aos resíduos que não permitem a reciclagem ou recuperação. A obra possui dados de geração de RCC de agosto/2016 até outubro/2020.

Para essa obra, se enquadram nos resíduos de classe A, a geração de resíduos de metralhas e de gesso, como podem ser vistos nos gráficos 4 (geração de resíduo – metralha) e 5 (geração de resíduo – gesso).

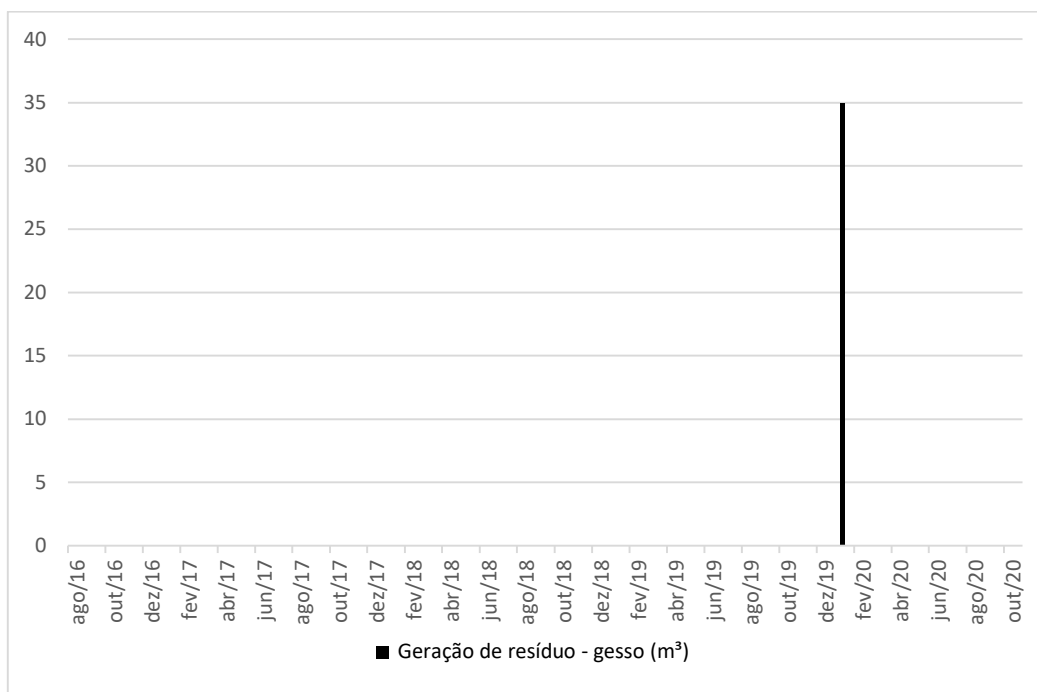
A geração de resíduo de metralha teve seu pico no mês de janeiro/2020, chegando a 160m³. O mínimo de metralha gerada, por sua vez, foi de 10m³, registrado nos meses de março e julho/2017.

Gráfico 4 – Geração de resíduo – metralha (m³)



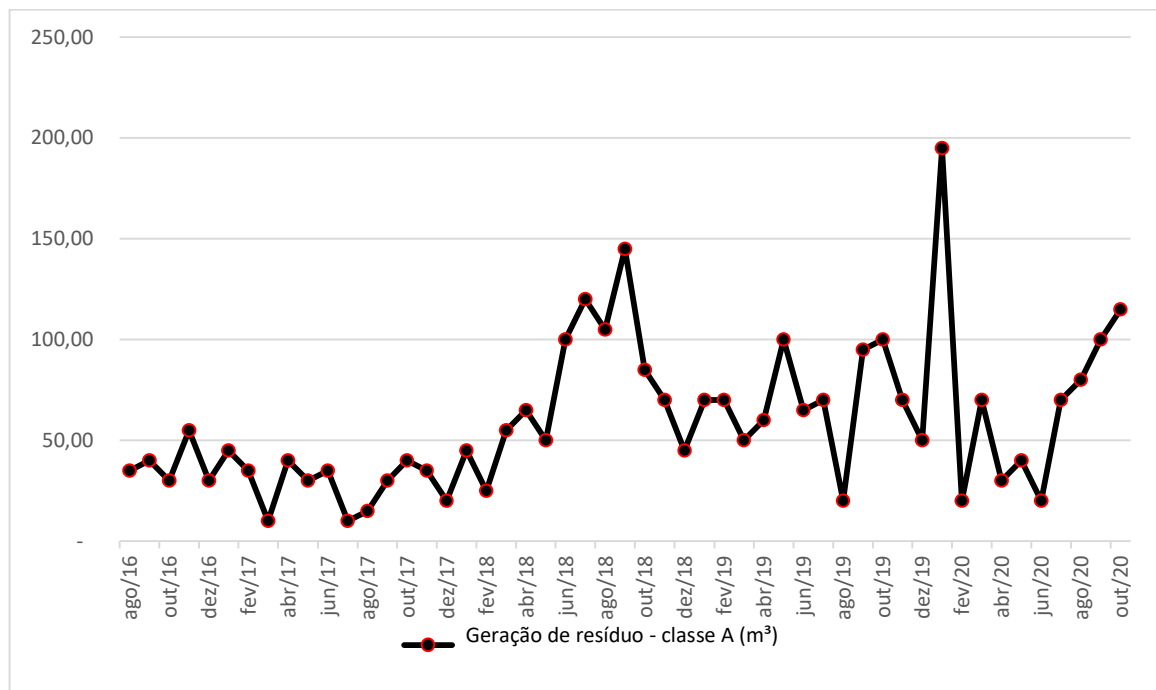
Fonte: Autoria Própria, 2021.

Já o resíduo de gesso não foi expressivo, visto que apenas no mês de janeiro/2020, a obra em questão gerou esse tipo de resíduo.

Gráfico 5 – Geração de resíduo – gesso (m³)

Fonte: Autoria Própria, 2021.

Diante do exposto, obtém-se os resíduos da classe A (gráfico 6), somando o resíduo gerado por metralha e gesso. Nos meses de março e julho/2017, a geração de resíduo de classe A foi o menos, 10m³. Já no mês de janeiro/2020, tem-se a maior geração de resíduo de classe A, 195 m³.

Gráfico 6 – Geração de resíduo de classe A (m³)

Fonte: Autoria Própria, 2021.

$$Indicador_{1-geração\ de\ resíduo\ classe\ A} = \frac{\sum_{i=1}^n 35 + 40 + \dots + 115}{23.908} = \frac{3005}{23.908}$$

$$= 0,1253\ m^3/m^2$$

Para efeitos comparativos, converte-se esse valor de m³ (metros cúbicos) para kg (quilograma), utilizando a equação 3, já citada.

$$M = 1.025 \times 0,1253 = 128,43\ kg/m^2$$

Diante disso, este valor encontra-se abaixo da taxa superior estudada por Costa et al. (2014), que é de 158,08 kg/m².

Esse indicador dentro limites de geração de resíduo deve-se a metodologia de venda diferente das encontradas no mercado, visto que tal obra só executa o apartamento após a venda ser concretizada e o recebimento dos projetos. Isso é justificado com as experiências anteriores da construtora com esse tipo de projeto, que foi observado o alto índice de reforma, o que gera, consequentemente, resíduos e demolições.

A imagem a seguir exibe as condições de um apartamento antes da sua venda, apenas com as paredes de periferia executadas, paredes que pertencem a fachada. Além disso, tem-se os halls social e de serviço; escada e áreas técnicas, ou seja, as “áreas comuns” do pavimento.

Figura 5 – Pavimento do prédio



Fonte: Autoria própria, 2021.

Calculou-se a seguir, o indicador 2, para a geração de resíduos da classe A.

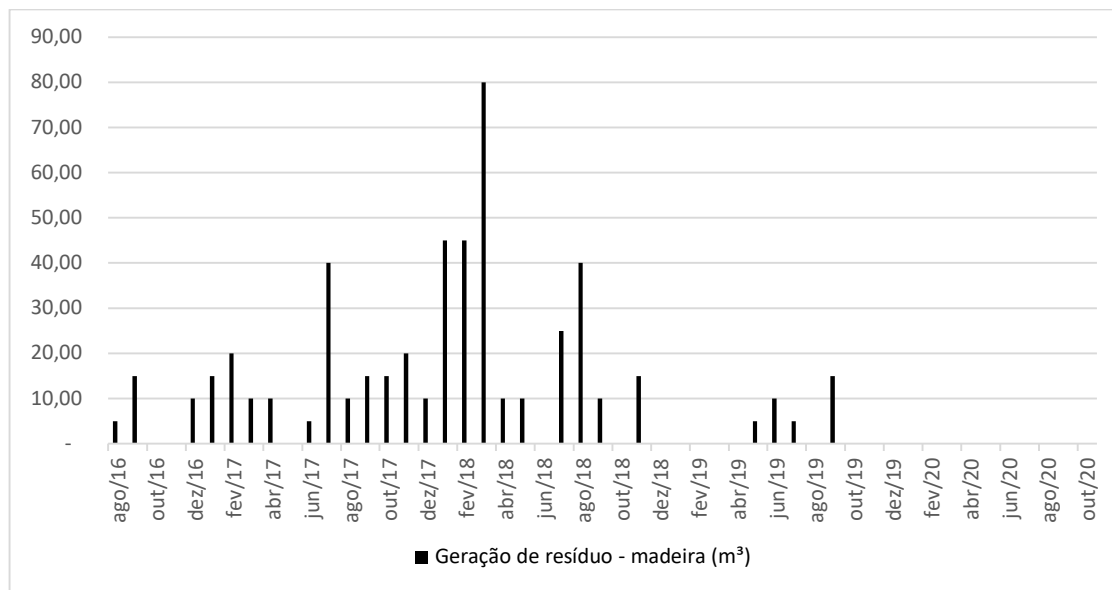
$$\begin{aligned} \text{Indicador}_{2- \text{geração de resíduo classe A (kg}^3/\text{Hh)}} &= \frac{3.005 \times 1.025}{4,2 \times 44 \times 4109} \\ &= 4,06 \frac{\text{kg}}{\text{Homem.hora}} \end{aligned}$$

Dessa forma, tem-se que essa obra possui 4,06 kg/Homem.hora, para o a geração de resíduos da classe A, ou seja, aqueles que podem ser reaproveitados como agregados.

Para os resíduos da classe B, a obra em questão produziu resíduos de madeira, plástico, papelão e metais. É importante frisar, ainda, que não possui dados sobre a geração de resíduo do tipo vidro, que também é reciclável.

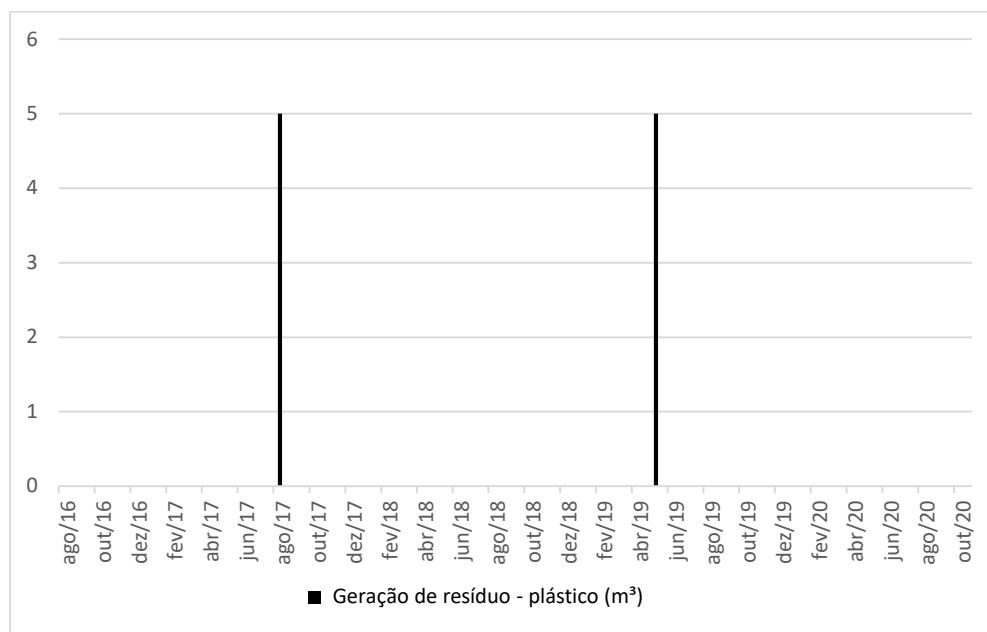
A geração de resíduo de madeira foi significativa, resultando em 515 m³ de resíduo. Tendo o seu maior valor no mês de março/2018. O menor valor ficou nos meses de agosto/2016; junho/2017; maio e julho/2019, o qual gerou 5 m³ em cada mês. Esse tipo de resíduo ficou presente por um bom tempo na obra, visto sua usualidade nas fôrmas para a concretagem dos pilares, vigas e lajes. Tal geração pode ser visualizada no gráfico 7.

Gráfico 7 – Geração de resíduo – madeira (m³)



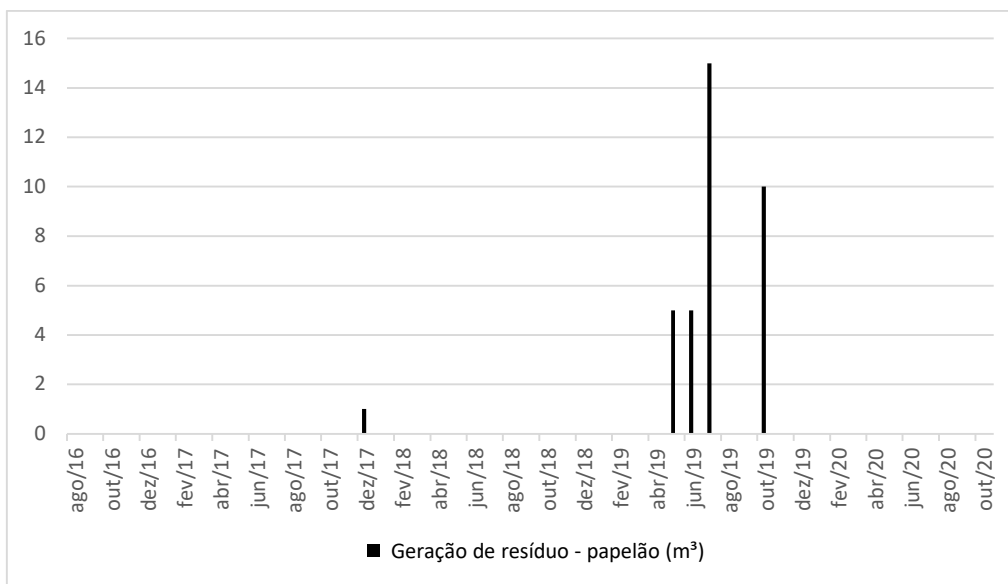
Fonte: Autoria Própria, 2021.

A geração de resíduo plástico ocorreu em meses isolados, sendo gerados nos meses de agosto/2017 e maio/2019, com um valor pouco significativo, 5m³ em cada mês. A distribuição da geração de resíduo plástico, ao longo dos meses, pode ser vista no gráfico 8.

Gráfico 8 – Geração de resíduo – plástico (m³)

Fonte: Autoria Própria, 2021.

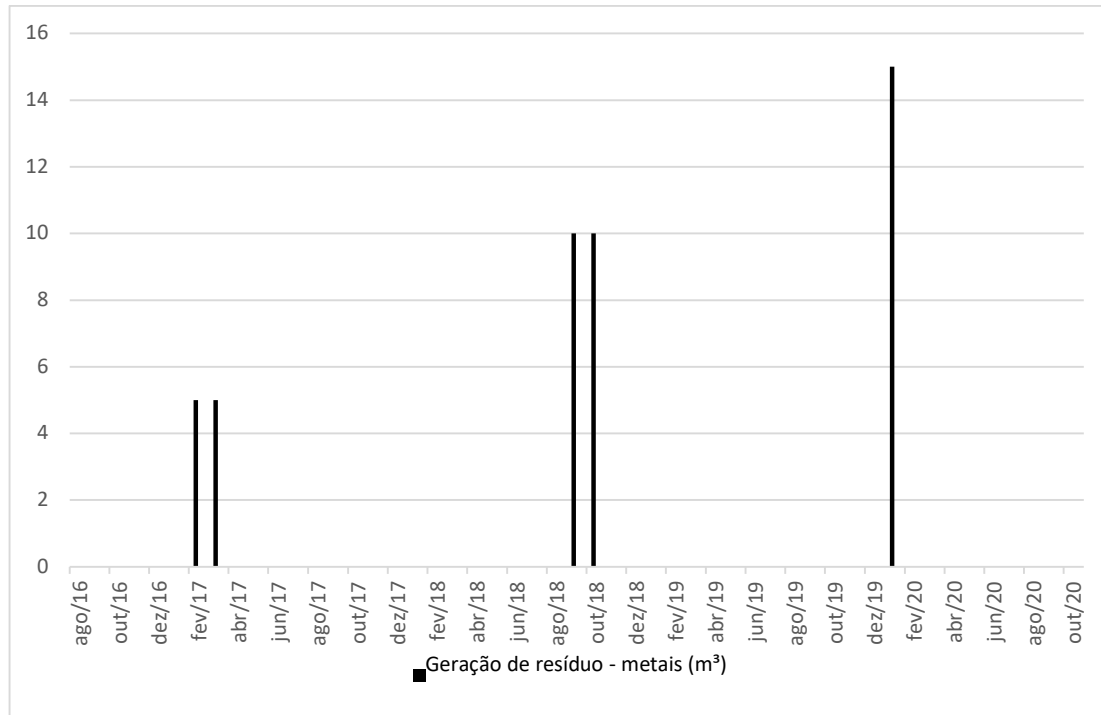
A geração de resíduo de papelão, por sua vez, ocorreu em poucos meses. A soma de todos os resíduos desse tipo foi de 36 m³, o qual teve o mês de julho/2019 como o maior gerador e o mês de dezembro/2017 como o menor. A geração do resíduo de papelão pode ser vista no gráfico 9.

Gráfico 9 – Geração de resíduo – papelão (m³)

Fonte: Autoria Própria, 2021.

Por fim, para os resíduos recicláveis, tem-se os resíduos de metais, os quais forma gerados em meses isolados na obra, com um valor total de 45m³ gerados na obra. A distribuição desse resíduo pode ser observada no gráfico 10.

Gráfico 10 – Geração de resíduo – metais (m³)

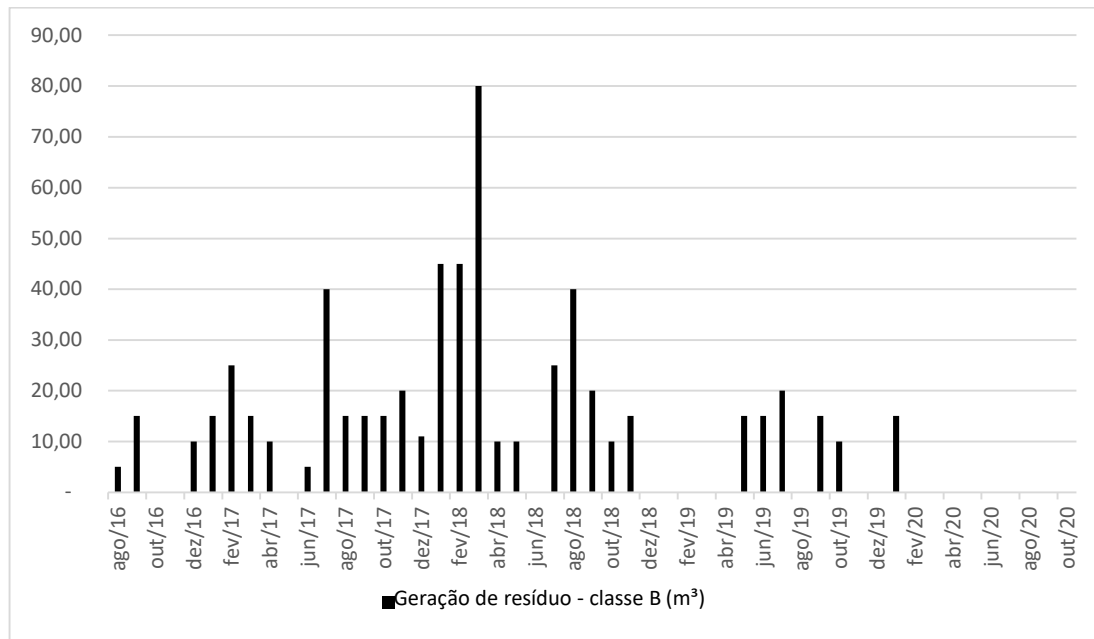


Fonte: Autoria Própria, 2021.

Dessa forma, para obter os resíduos da classe B, soma-se os resíduos de madeira, plásticos, papelão e metais, como apresentado na fórmula:

$$\begin{aligned}
 &Resíduos_{classe\ B} \\
 &= \sum Resíduos\ de\ madeira + \sum Resíduos\ de\ plástico \\
 &+ \sum Resíduos\ de\ papelão + \sum Resíduos\ de\ metais
 \end{aligned}$$

É importante ressaltar que isso foi feito para cada mês de obra. A soma de resíduos a cada mês pode ser vista no gráfico 11.

Gráfico 11 – Geração de resíduo – classe B (m³)

Fonte: Autoria Própria, 2021.

De posse da soma dos resíduos, de cada mês, foi possível calcular o indicador 1, o qual indica o volume de resíduo produzido da classe B dividido pela área total do empreendimento, como pode ser visto a seguir.

$$\begin{aligned}
 \text{Indicador}_{1- \text{ geração de resíduo classe B}} &= \frac{\sum_{i=1}^n 35 + 40 + \dots + 115}{23.908} = \frac{606}{23.908} \\
 &= 0,0253 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times 1.025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 25,931.025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}
 \end{aligned}$$

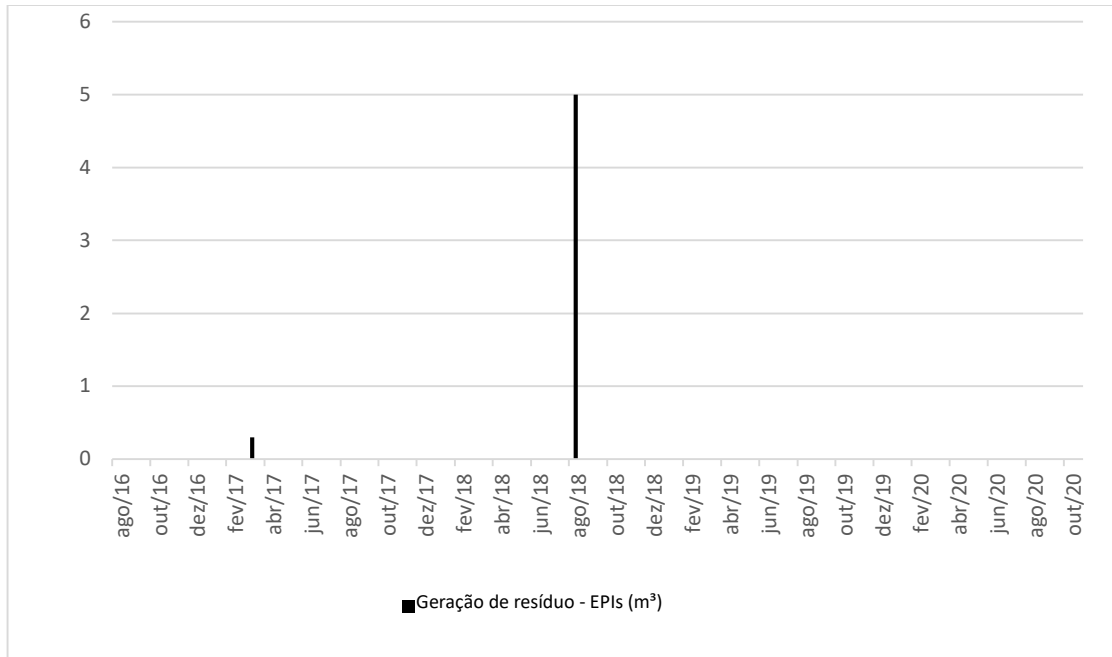
Além desse indicador, calculou-se o indicador 2.

$$\begin{aligned}
 \text{Indicador}_{2- \text{ geração de resíduo classe B (m}^3/\text{Hh)}} &= \frac{606}{4,2 \times 44 \times 4109} \\
 &= 0,0008 \frac{\text{m}^3}{\text{Homem.hora}} \times 1.025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,82 \frac{\text{kg}}{\text{Homem.hora}}
 \end{aligned}$$

Para os resíduos da classe C, toma-se os resíduos dos EPIs – Equipamentos de Proteção Individual, o qual define-se por um equipamento/acessório desenvolvidos para proteger todo o indivíduo ou uma parte do corpo desse indivíduo contra riscos específicos. Sendo assim, os EPIs descartados, por estar inadequado para os fins que foi proposto, não podem ser reaproveitados. Esses resíduos na obra podem ser vistos no gráfico 12. É válido ressaltar, ainda, que o gráfico da geração de resíduo da classe C e

da geração de resíduos de EPIs são iguais, visto que, nessa obra, apenas os EPIs estão inclusos nessa categoria.

Gráfico 12 – Geração de resíduo – classe C (m³)



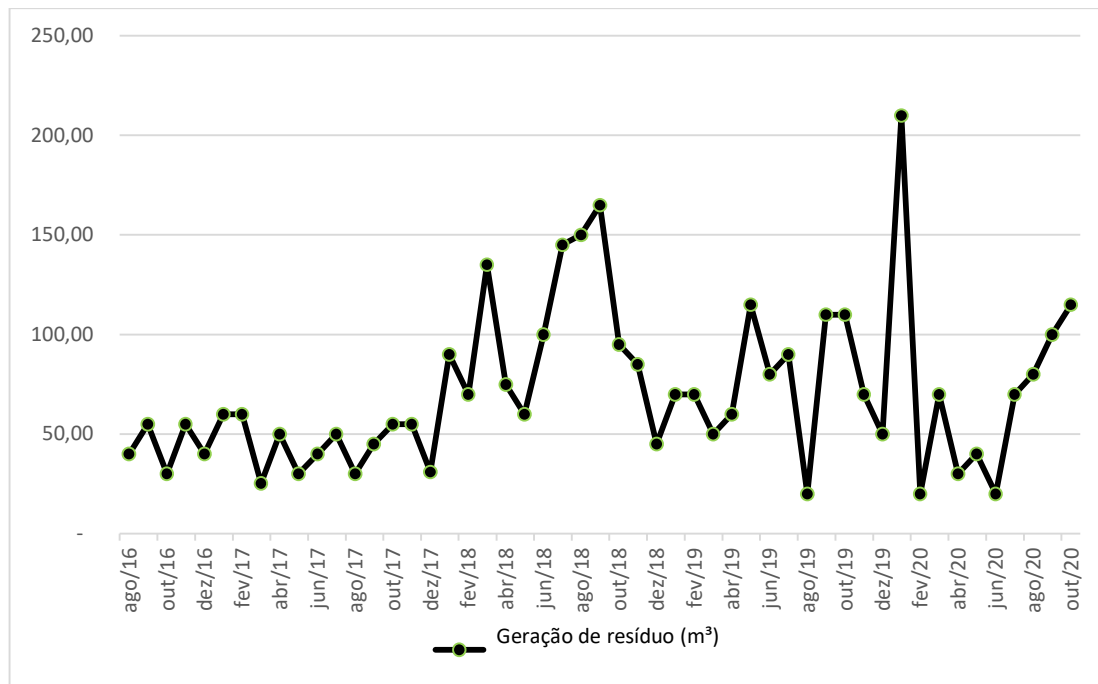
Fonte: Autoria Própria, 2021.

Para os resíduos da classe C, ou seja, resíduos de EPIs, calcula-se os indicadores 1 e 2.

$$\begin{aligned} \text{Indicador}_{1- \text{ geração de resíduo classe C}} &= \frac{\sum_{i=1}^n 5 + 0,3}{23.908} = \frac{5,3}{23.908} \\ &= 0,00022 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times 1.025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,226 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Indicador}_{2- \text{ geração de resíduo classe C (m}^3/\text{Hh)}} &= \frac{5,3}{4,2 \times 44 \times 4109} \\ &= 0,00000697 \frac{\text{m}^3}{\text{Homem.hora}} \times 1.025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,07144 \frac{\text{kg}}{\text{Homem.hora}} \end{aligned}$$

Para concluir, sintetiza-se todos os resíduos gerados ao longo da obra, sendo a soma dos resíduos da classe A, B e C. O gráfico 13 exhibe o comportamento da geração de resíduo dessa obra.

Gráfico 13 – Soma da geração dos resíduos (m³)

Fonte: Autoria Própria, 2021.

Dessa forma, os indicadores 1 e 2 são calculados.

$$\begin{aligned}
 \text{Indicador}_{1-\text{soma de todos os resíduos}} &= \frac{\sum_{i=1}^n 40 + 55 + 30 \dots + 100 + 115}{23.908} = \frac{3.616,3}{23.908} \\
 &= 0,1513 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times 1.025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 155,08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Indicador}_{2-\text{soma de todos os resíduos (m}^3/\text{Hh)}} &= \frac{3.616,3}{4,2 \times 44 \times 4109} \\
 &= 0,0048 \frac{\text{m}^3}{\text{Homem.hora}} \times 1.025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 4,92 \frac{\text{kg}}{\text{Homem.hora}}
 \end{aligned}$$

Dessa forma, o Indicador 1 encontra-se abaixo do valor encontrado por Costa et al (2014), que foi de 169,99 kg/m² para RCC.

5.4 Análise geral

Em suma, a tabela 5 apresenta um resumo dos indicadores com os valores encontrados neste trabalho e os valores encontrados na literatura. É importante frisar

que o numeral 1 refere-se ao indicador por unidade de área construída, enquanto que o numeral 2 se refere ao indicador por Homem-hora.

Tabela 5 – Resumo dos indicadores

Indicador	Valor da literatura	Valor encontrado
Água 1	0,02 – 0,28 m ³ /m ²	0,76 m ³ /m ²
Água 2	11,6 – 14,4 l/Hh	23,89 l/Homem.hora
Energia Elétrica 1	0,27 – 9,93 kWh/m ²	10,45 kWh/m ²
Energia Elétrica 2	Não encontrado	0,3289 kWh/Homem.hora
RCC – Classe A 1	69,91 – 158,09 kg/m ²	128,43 kg/m ²
RCC – Classe A 2	Não encontrado	4,06 kg/Homem.hora
RCC 1	75,17 – 169,99 kg/m ²	155,08 kg/m ²
RCC 2	Não encontrado	4,92 kg/Homem.hora

Fonte: Autoria Própria, 2021

Dessa forma, é possível observar que apenas os indicadores de RCC – classe A e RCC encontram-se abaixo dos valores encontrados na literatura. Já os indicadores calculados para o consumo de água e de energia estão acima dos valores disponíveis na literatura.

6. CONCLUSÕES

Fica evidente, portanto, a importância das construtoras incorporarem a sustentabilidade em suas obras. Visto que é possível desenvolver a sociedade com os edifícios, viabilizando, assim, a economia, contribuindo para o meio ambiente, definindo metas de redução para os indicadores estudados.

Sendo assim, neste trabalho, foram determinados os indicadores gerenciais de interesse ambiental relacionados ao consumo de água, consumo de energia elétrica e a geração de RCC. Estes valores podem servir de parâmetro de comparação com outras obras de construção civil para avaliação de desempenho, além de servir de parâmetro que podem servir de dado de entrada para o cálculo da pegada ecológica da construção civil.

Para os indicadores de consumo de água e de energia elétrica foi observado que os valores encontrados neste trabalho estão acima dos valores encontrados na literatura. Uma possível explicação para o elevado consumo de água é a área de jardim significativa do empreendimento, a qual era irrigada duas vezes ao dia até a conclusão da obra. Para o consumo de energia elétrica, não foi possível pontuar os motivos do alto consumo.

Em relação à geração de resíduo da construção civil, tanto no aspecto geral como no que diz respeito a classe A, verifica-se que os valores encontrados estão abaixo do limite superior determinado por Costa et al. (2014).

É válido salientar que, para o indicador 2 não foi considerado os funcionários terceirizados, os quais trabalhavam em serviços de pintura, gesso e instalação de esquadrias, em que representa um número significativo de colaboradores. Além disso, não foi considerado o número de horas extras trabalhadas durante a obra, visto que a construtora não possui esse dado.

Em relação aos objetivos específicos, o presente trabalho conseguiu atingir a análise e o cálculos dos indicadores de consumo de água, consumo de energia e da geração de resíduo. No entanto, identificou características específicas que justificam o indicador apenas para o consumo de água.

Por fim, recomenda-se, para os próximos trabalhos, uma comparação da linha de balanço da obra, que contempla todas as fases da obra e o período de execução, com os indicadores explorados neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, A. K.; MARQUES, F. S.; CARDOSO, F. F.; TIGRE, P. B. **Setor da construção civil: segmento de edificações**, p. 15. Brasília, SENAI/DN, 2005.

ARAÚJO, V. M.; CARDOSO, F. F. **Análise dos aspectos e impactos ambientais dos canteiros de obras e suas correlações**. p. 8. Universidade de São Paulo, 2010.

BRANDALISE, D. **A importância do gerenciamento do tempo em projetos de construção civil**, p.49, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso - Fundação Getúlio Varga, Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 307/2002.

CBIC. Gestão de recursos hídricos na indústria da construção – conservação de água e gestão da demanda. SENAI, 2017.

CORTES, R. G.; FRANÇA, S. L. B.; MOREIRA, M. M.; MEIRINO, M. J. **Contribuições para a sustentabilidade na construção civil**. Sistema&Gestão – Revista Eletrônica, v. 6, n. 3, p. 394. Rio de Janeiro. 2011.

COSTA, R. V. G.; ATHAYDE, G. B. J.; OLIVEIRA, M. M. **Taxa de geração de resíduos da construção civil na cidade de João Pessoa**. Ambiente Construído, v.14, n. 1, p. 127. Porto Alegre, 2014.

COSTA, D. B; FORMOSO, C. T.; LIMA, H. M. R.; BARTH, K. B.; BORTOLOZZA, R. C.; HOMRICH, A. B. A. L. R.; BERR, L. R.; BRYKALSKI, O. P. **Sistema de indicadores para benchmarking na construção civil – manual de utilização**. p.9. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

FERNANDES, R. A. S.; PINTO, V. H. L.; ALVES, R. L.; GALDINO, T.; RIBEIRO, G. G. **Mudanças na estrutura do mercado brasileiro da construção civil de 2004 a 2017**. p. 14, 2020. Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (ENABER), 2020.

GOSCH, S. S. **Indicadores de desempenho da produção de edifícios residenciais associados a uma nota final**. p. 79. Universidade de São Paulo. 2012.

KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção.** p.119. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de PósGraduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

KOSKELA, L. *Application of the new production philosophy to construction.* Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering, p.5. 1992.

MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L.L. **Consumo de água e energia e canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade.** Ambiente Construído, v.17, n. 4, p. 84. Porto Alegre – RS. 2017.

MARQUES C. T.; JUREK, J. **Sistemática para determinação de indicadores de sustentabilidade para construção de obras de edificações.** p. 9. 3º SNCS. Rio Grande do Sul. 2014.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras.** São Paulo: Pini, 2010.

MOURA, A. **Economia da água na construção civil.** REVISTA ANICER, 2015.

NOVIS, L. E. M. **Estudos dos indicadores ambientais na construção civil: estudo de caso em 4 construtoras.** p. 78. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

PAIC – PESQUISA ANUAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO 2019. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, p. 2, 2019.

PAULO, E. E. O.; COELHO, J. M. **Gestão de resíduos sólidos na construção civil.** Revista Espacios, v. 38, n.18,, p. 31. 2016.

PEREIRA, E. C. **Avaliação do uso e consumo de água na construção civil.** p. 59, Trabalho de Conclusão de Curso, UTFPR. 2018.

PEREIRA, L. G. **Síntese dos métodos de pegada ecológica e análise emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países – O Brasil como estudo de caso.** Universidade Estadual de Campinas. p. 35. Campinas – São Paulo, 2008.

PERETTI, L. C.; FARIA, A. C.; SANTOS, I. C. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em construtoras verticais: estudo de caso múltiplos na região metropolitana de São Paulo,** p.2. Revista EnPAD. Rio de Janeiro, 2013.

PESSARELO, R. G. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores.** Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios). p.100. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

PINHEIRO, J. P. C. **Indicadores-chave de Desempenho (Key Performance Indicators) aplicados à construção.** Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil., p. 108, Lisboa. Universidade Técnica de Lisboa, 2011.

SAUTCHUK, C.; FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H.; COSTI, L. O.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, S. M.; MAY, S.; BONI, S. S. N.; SCHMIDT, W. **Conservação e reúso da água em edificações.** p.16. SENAI. 2005.

SILVA, R. R. DA; VIOLIN, R. Y. T. **Gestão Da Água Em Canteiros De Obras De Construção Civil.** VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, p. 8, 2013, Maringá. Anais eletrônicos. Maringá: Editora CESUMAR, 2013.

TREVISAN, R. B. **A importância de construções sustentáveis para o meio ambiente e para o homem.** Trabalho de especialização em Projetos Sustentáveis, p. 5. Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR. 2012.

TZORTZPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte,** p.40, 1999. Tese - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

VALENTE, A. C. C.; AIRES, V. M. **Gestão de Projetos e Lean Construction: Uma Abordagem Prática e Integrada.** Curitiba – PR. 2017.

VARGAS, R.V. **Gerenciamento de Projetos: Estabelecendo Diferenciais Competitivos.** Rio de Janeiro. 6ª Edição. 2009.

WWAP. Relatório Planeta Vivo 2020 – Reversão da curva da biodiversidade - Sumário executivo, 2020. Disponível em: <<https://f.hubspotusercontent20.net/hubfs/4783129/LPR/PDFs/Brazil%20FINAL%20summary.pdf>>. Acessado em: 23 nov. 2021.

APÊNDICE A – Consumo de água ao longo da obra (m³)

INDICADOR					
Consumo de água ao longo da obra					
MÊS	Consumo de água no canteiro de obras (m³)			Nº de colaboradores	Resultado mensal (m³/homem)
	CAGEPA	POÇO	TOTAL		
ago/16		57,50	57,50	50	1,150
set/16		205,81	205,81	58	3,548
out/16		321,69	321,69	63	5,106
nov/16		111,00	111,00	62	1,790
dez/16		74,00	74,00	62	1,194
jan/17		245,00	245,00	70	3,500
fev/17		310,00	310,00	55	5,636
mar/17		145,00	145,00	56	2,589
abr/17		174,00	174,00	51	3,412
mai/17		109,00	109,00	51	2,137
jun/17		104,00	104,00	51	2,039
jul/17		146,00	146,00	57	2,561
ago/17		124,00	124,00	56	2,214
set/17		166,00	166,00	58	2,862
out/17		136,00	136,00	59	2,305
nov/17		147,00	147,00	60	2,450
dez/17		256,00	256,00	61	4,197
jan/18		191,00	191,00	75	2,547
fev/18	10,00	201,00	211,00	72	2,931
mar/18	10,00	201,00	211,00	72	2,931
abr/18	10,00	211,00	221,00	71	3,113

mai/18	10,00	197,00	207,00	70	2,957
jun/18	10,00	210,00	220,00	70	3,143
jul/18	10,00	187,00	197,00	68	2,897
ago/18	10,00	232,00	242,00	74	3,270
set/18	10,00	247,00	257,00	85	3,024
out/18	10,00	258,00	268,00	83	3,229
nov/18	10,00	264,00	274,00	76	3,605
dez/18	10,00	186,00	196,00	75	2,613
jan/19	10,00	172,00	182,00	76	2,395
fev/19	10,00	196,00	206,00	77	2,675
mar/19	10,00	201,00	211,00	75	2,813
abr/19	10,00	226,00	236,00	85	2,776
mai/19	10,00	284,00	294,00	90	3,267
jun/19	10,00	325,00	335,00	108	3,102
jul/19	10,00	386,00	396,00	112	3,536
ago/19	10,00	412,00	422,00	112	3,768
set/19	10,00	493,00	503,00	104	4,837
out/19	10,00	546,00	556,00	94	5,915
nov/19	10,00	589,00	599,00	93	6,441
dez/19	10,00	623,00	633,00	95	6,663
jan/20	10,00	654,00	664,00	96	6,917
fev/20	10,00	692,00	702,00	102	6,882
mar/20	10,00	723,00	733,00	100	7,330
abr/20	10,00	769,00	779,00	100	7,790
mai/20	10,00	784,00	794,00	110	7,218
jun/20	10,00	792,00	802,00	110	7,291
jul/20	10,00	823,00	833,00	127	6,559

ago/20	10,00	862,00	872,00	127	6,866
set/20	10,00	908,00	918,00	124	7,403
out/20	10,00	936,00	946,00	121	7,818
SOMA	270,00	12.768,50	13.038,50	3.208,00 H	3,2044
MÉDIA	214,16 m³/mês			66,83 H/mês	

Apêndice B – Consumo de energia ao longo da obra (kWh)

INDICADOR				
Consumo de energia ao longo da obra				
MÊS	Consumo de energia no canteiro de obras (kwh)		Nº de colaboradores	Resultado mensal (kwh/homem)
ago/16	1.370,00	kwh	50	27,400
set/16	1.687,00	kwh	58	29,086
out/16	2.002,00	kwh	63	31,778
nov/16	2.909,00	kwh	62	46,919
dez/16	2.974,00	kwh	62	47,968
jan/17	3.241,00	kwh	70	46,300
fev/17	3.395,00	kwh	55	61,727
mar/17	3.603,00	kwh	56	64,339
abr/17	3.574,00	kwh	51	70,078
mai/17	3.465,00	kwh	51	67,941
jun/17	3.976,00	kwh	51	77,961
jul/17	3.167,00	kwh	57	55,561
ago/17	3.699,00	kwh	56	66,054
set/17	3.313,00	kwh	58	57,121
out/17	3.603,00	kwh	59	61,068
nov/17	4.348,00	kwh	60	72,467
dez/17	3.703,00	kwh	61	60,705
jan/18	3.463,00	kwh	75	46,173
fev/18	4.270,00	kwh	72	59,306
mar/18	4.365,00	kwh	72	60,625
abr/18	4.812,00	kwh	71	67,775
mai/18	5.472,00	kwh	70	78,171

jun/18	5.195,00	kwh	70	74,214
jul/18	5.960,00	kwh	68	87,647
ago/18	6.942,00	kwh	74	93,811
set/18	6.670,00	kwh	85	78,471
out/18	5.275,00	kwh	83	63,554
nov/18	4.131,00	kwh	76	54,355
dez/18	4.064,00	kwh	75	54,187
jan/19	5.025,00	kwh	76	66,118
fev/19	7.097,00	kwh	77	92,169
mar/19	6.597,00	kwh	75	87,960
abr/19	7.527,00	kwh	85	88,553
mai/19	7.867,00	kwh	90	87,411
jun/19	6.967,00	kwh	108	64,509
jul/19	6.397,00	kwh	112	57,116
ago/19	5.930,00	kwh	112	52,946
set/19	6.684,00	kwh	104	64,269
out/19	7.912,00	kwh	94	84,170
nov/19	7.537,00	kwh	93	81,043
dez/19	6.680,00	kwh	95	70,316
jan/20	5.853,00	kwh	96	60,969
fev/20	6.320,00	kwh	102	61,961
mar/20	5.054,00	kwh	100	50,540
abr/20	4.467,00	kwh	100	44,670
mai/20	4.857,00	kwh	110	44,155
jun/20	3.202,00	kwh	110	29,109
jul/20	5.228,00	kwh	127	41,165
ago/20	6.274,00	kwh	127	49,402

set/20	5.339,00	kwh	124	43,056
out/20	6.318,00	kwh	121	52,215
SOMA	249.780,00	kwh	4.443,00	H
MÉDIA	4.897,65	kwh/mês	75,31	H/mês
				65,0374

Apêndice C – Geração de resíduo (metralha)

INDICADOR			
Resíduo / Colaborador (METRALHA)			
CTR METRALHA			
MÊS	Consumo de resíduos sólidos no canteiro de obras (m3)	Nº de colaborador	Quantidade de resíduo (m3 / colaborador)
ago/16	35,00 m3	50	0,700
set/16	40,00 m3	58	0,690
out/16	30,00 m3	63	0,476
nov/16	55,00 m3	62	0,887
dez/16	30,00 m3	62	0,484
jan/17	45,00 m3	70	0,643
fev/17	35,00 m3	55	0,636
mar/17	10,00 m3	56	0,179
abr/17	40,00 m3	51	0,784
mai/17	30,00 m3	51	0,588
jun/17	35,00 m3	51	0,686
jul/17	10,00 m3	57	0,175
ago/17	15,00 m3	56	0,268
set/17	30,00 m3	58	0,517
out/17	40,00 m3	59	0,678
nov/17	35,00 m3	60	0,583
dez/17	20,00 m3	61	0,328
jan/18	45,00 m3	75	0,600
fev/18	25,00 m3	72	0,347
mar/18	55,00 m3	72	0,764
abr/18	65,00 m3	71	0,915

mai/18	50,00	m3	70	0,714
jun/18	100,00	m3	70	1,429
jul/18	120,00	m3	68	1,765
ago/18	105,00	m3	74	1,419
set/18	145,00	m3	85	1,706
out/18	85,00	m3	83	1,024
nov/18	70,00	m3	76	0,921
dez/18	45,00	m3	75	0,600
jan/19	70,00	m3	76	0,921
fev/19	70,00	m3	77	0,909
mar/19	50,00	m3	75	0,667
abr/19	60,00	m3	85	0,706
mai/19	100,00	m3	90	1,111
jun/19	65,00	m3	108	0,602
jul/19	70,00	m3	112	0,625
ago/19	20,00	m3	112	0,179
set/19	95,00	m3	104	0,913
out/19	100,00	m3	94	1,064
nov/19	70,00	m3	93	0,753
dez/19	50,00	m3	95	0,526
jan/20	160,00	m3	96	1,667
fev/20	20,00	m3	102	0,196
mar/20	70,00	m3	100	0,700
abr/20	30,00	m3	100	0,300
mai/20	40,00	m3	110	0,364
jun/20	20,00	m3	110	0,182
jul/20	70,00	m3	127	0,551

ago/20	80,00	m ³	127	0,630
set/20	100,00	m ³	124	0,806
out/20	115,00	m ³	121	0,950
SOMA	2.475,00	m³	3.208,00	H
MÉDIA	53,84	m³/mês	66,83	H/mês

Apêndice D – Geração de resíduo (gesso)

INDICADOR			
Resíduo / Colaborador (GESSO)			
CTR GESSO			
MÊS	Consumo de resíduos sólidos no canteiro de obras (m3)	Nº de colaboradores	Quantidade de resíduo (m3 / colaborador)
ago/16		50	
set/16		58	
out/16		63	
nov/16		62	
dez/16		62	
jan/17		70	
fev/17		55	
mar/17		56	
abr/17		51	
mai/17		51	
jun/17		51	
jul/17		57	
ago/17		56	
set/17		58	
out/17		59	
nov/17		60	
dez/17		61	
jan/18		75	
fev/18		72	
mar/18		72	
abr/18		71	
mai/18		70	
jun/18		70	
jul/18		68	
ago/18		74	
set/18		85	
out/18		83	
nov/18		76	
dez/18		75	
jan/19		76	
fev/19		77	

mar/19			75	
abr/19			85	
mai/19			90	
jun/19			108	
jul/19			112	
ago/19			112	
set/19			104	
out/19			94	
nov/19			93	
dez/19			95	
jan/20	35,00	m ³	96	0,365
fev/20			102	
mar/20			100	
abr/20			100	
mai/20			110	
jun/20			110	
jul/20			127	
ago/20			127	
set/20			124	
out/20			121	
SOMA	35,00	m³	3.208,00	H
MÉDIA	35,00	m³/mês	66,83	H/mês
				0,5237

Apêndice E – Geração de resíduo (madeira)

INDICADOR				
Resíduo / Colaborador (MADEIRA)				
CTR MADEIRA				
MÊS	Consumo de resíduos sólidos no canteiro de obras (m3)		Nº de colaborador	Quantidade de resíduo (m3 / colaborador)
ago/16	5,00	m3	50	0,100
set/16	15,00	m3	58	0,259
out/16			63	
nov/16			62	
dez/16	10,00	m3	62	0,161
jan/17	15,00	m3	70	0,214
fev/17	20,00	m3	55	0,364
mar/17	10,00	m3	56	0,179
abr/17	10,00	m3	51	0,196
mai/17			51	
jun/17	5,00	m3	51	0,098
jul/17	40,00	m3	57	0,702
ago/17	10,00	m3	56	0,179
set/17	15,00	m3	58	0,259
out/17	15,00	m3	59	0,254
nov/17	20,00	m3	60	0,333
dez/17	10,00	m3	61	0,164
jan/18	45,00	m3	75	0,600
fev/18	45,00	m3	72	0,625
mar/18	80,00	m3	72	1,111
abr/18	10,00	m3	71	0,141
mai/18	10,00	m3	70	0,143

jun/18			70	
jul/18	25,00	m3	68	0,368
ago/18	40,00	m3	74	0,541
set/18	10,00	m3	85	0,118
out/18			83	
nov/18	15,00	m3	76	0,197
dez/18			75	
jan/19			76	
fev/19			77	
mar/19			75	
abr/19			85	
mai/19	5,00	m3	90	0,056
jun/19	10,00	m3	108	0,093
jul/19	5,00	m3	112	0,045
ago/19			112	
set/19	15,00	m3	104	0,144
out/19			94	
nov/19			93	
dez/19			95	
jan/20			96	
fev/20			102	
mar/20			100	
abr/20			100	
mai/20			110	
jun/20			110	
jul/20			127	
ago/20			127	
set/20			124	
out/20			121	
SOMA	520,00	m³	3.208,00	H
MÉDIA	18,57	m³/mês	66,83	H/mês
				0,2779

Apêndice F – Geração de resíduo (plástico)

INDICADOR				
Resíduo / Colaborador (PLÁSTICO)				
CTR PLÁSTICO				
MÊS	Consumo de resíduos sólidos no canteiro de obras (m3)		Nº de colaborador	Quantidade de resíduo (m3 / colaborador)
ago/16			50	
set/16			58	
out/16			63	
nov/16			62	
dez/16			62	
jan/17			70	
fev/17			55	
mar/17			56	
abr/17			51	
mai/17			51	
jun/17			51	
jul/17			57	
ago/17	5,00	m3	56	0,089
set/17			58	
out/17			59	
nov/17			60	
dez/17			61	
jan/18			75	
fev/18			72	
mar/18			72	
abr/18			71	
mai/18			70	
jun/18			70	
jul/18			68	
ago/18			74	
set/18			85	
out/18			83	
nov/18			76	
dez/18			75	
jan/19			76	
fev/19			77	
mar/19			75	

abr/19			85	
mai/19	5,00	m3	90	0,056
jun/19			108	
jul/19			112	
ago/19			112	
set/19			104	
out/19			94	
nov/19			93	
dez/19			95	
jan/20			96	
fev/20			102	
mar/20			100	
abr/20			100	
mai/20			110	
jun/20			110	
jul/20			127	
ago/20			127	
set/20			124	
out/20			121	
SOMA	10,00	m³	3.208,00	H
MÉDIA	5,00	m³/mês	66,83	H/mês
				0,0748

Apêndice G – Geração de resíduo (papelão)

INDICADOR				
Resíduo / Colaborador (PAPELÃO)				
CTR PAPELÃO				
MÊS	Consumo de resíduos sólidos no canteiro de obras (m3)		Nº de colaborador	Quantidade de resíduo (m3 / colaborador)
ago/16			50	
set/16			58	
out/16			63	
nov/16			62	
dez/16			62	
jan/17			70	
fev/17			55	
mar/17			56	
abr/17			51	
mai/17			51	
jun/17			51	
jul/17			57	
ago/17			56	
set/17			58	
out/17			59	
nov/17			60	
dez/17	1,00	m3	61	0,016
jan/18			75	
fev/18			72	
mar/18			72	
abr/18			71	
mai/18			70	
jun/18			70	
jul/18			68	
ago/18			74	
set/18			85	
out/18			83	
nov/18			76	
dez/18			75	
jan/19			76	

fev/19			77	
mar/19			75	
abr/19			85	
mai/19	5,00	m3	90	0,056
jun/19	5,00	m3	108	0,046
jul/19	15,00	m3	112	0,134
ago/19			112	
set/19			104	
out/19	10,00	m3	94	0,106
nov/19			93	
dez/19			95	
jan/20			96	
fev/20			102	
mar/20			100	
abr/20			100	
mai/20			110	
jun/20			110	
jul/20			127	
ago/20			127	
set/20			124	
out/20			121	
SOMA	36,00	m³	3.208,00	H
MÉDIA	7,20	m³/mês	66,83	H/mês
				0,1077

Apêndice H – Geração de resíduo (metais)

INDICADOR				
Resíduo / Colaborador (METAIS)				
CTR METAIS				
MÊS	Consumo de resíduos sólidos no canteiro de obras (m3)		Nº de colaborador	Quantidade de resíduo (m3 / colaborador)
ago/16			50	
set/16			58	
out/16			63	
nov/16			62	
dez/16			62	
jan/17			70	
fev/17	5,00	m3	55	0,091
mar/17	5,00	m3	56	0,089
abr/17			51	
mai/17			51	
jun/17			51	
jul/17			57	
ago/17			56	
set/17			58	
out/17			59	
nov/17			60	
dez/17			61	
jan/18			75	
fev/18			72	
mar/18			72	
abr/18			71	
mai/18			70	
jun/18			70	
jul/18			68	
ago/18			74	
set/18	10,00	m3	85	0,118
out/18	10,00	m3	83	0,120
nov/18			76	
dez/18			75	

jan/19			76	
fev/19			77	
mar/19			75	
abr/19			85	
mai/19			90	
jun/19			108	
jul/19			112	
ago/19			112	
set/19			104	
out/19			94	
nov/19			93	
dez/19			95	
jan/20	15,00	m3	96	0,156
fev/20			102	
mar/20			100	
abr/20			100	
mai/20			110	
jun/20			110	
jul/20			127	
ago/20			127	
set/20			124	
out/20			121	
SOMA	30,00	m³	3.208,00	H
MÉDIA	7,50	m³/mês	66,83	H/mês
				0,1122

Apêndice I – Geração de resíduo (EPIs)

INDICADOR				
Resíduo / Colaborador (EPI'S)				
CTR EPI				
MÊS	Consumo de resíduos sólidos no canteiro de obras (m3)		Nº de colaboradores	Quantidade de resíduo (m3 / colaborador)
ago/16			50	
set/16			58	
out/16			63	
nov/16			62	
dez/16			62	
jan/17			70	
fev/17			55	
mar/17	0,30	m3	56	0,005
abr/17			51	
mai/17			51	
jun/17			51	
jul/17			57	
ago/17			56	
set/17			58	
out/17			59	
nov/17			60	
dez/17			61	
jan/18			75	
fev/18			72	
mar/18			72	
abr/18			71	
mai/18			70	
jun/18			70	
jul/18			68	
ago/18	5,00	m3	74	0,068
set/18			85	
out/18			83	
nov/18			76	
dez/18			75	
jan/19			76	

fev/19		77	
mar/19		75	
abr/19		85	
mai/19		90	
jun/19		108	
jul/19		112	
ago/19		112	
set/19		104	
out/19		94	
nov/19		93	
dez/19		95	
jan/20		96	
fev/20		102	
mar/20		100	
abr/20		100	
mai/20		110	
jun/20		110	
jul/20		127	
ago/20		127	
set/20		124	
out/20		121	
SOMA	5,30 m³	3.208,00 H	0,0397
MÉDIA	2,65 m³/mês	66,83 H/mês	