

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL INTROVINI POVODENHAK

**ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E DO CONSUMO
DE ÁGUA E DE ENERGIA ELÉTRICA EM TRÊS OBRAS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL DE UMA CONSTRUTORA EM CAMPO
MOURÃO – PARANÁ**

CAMPO MOURÃO

2019

GABRIEL INTROVINI POVODENHAK

**ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E DO CONSUMO
DE ÁGUA E DE ENERGIA ELÉTRICA EM TRÊS OBRAS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL DE UMA CONSTRUTORA EM CAMPO
MOURÃO – PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Paula Cristina de Souza

CAMPO MOURÃO

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E DO CONSUMO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA EM TRÊS OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE UMA CONSTRUTORA EM CAMPO MOURÃO – PARANÁ

por

Gabriel Introvini Povodenhak

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 16 horas do dia 4 de dezembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta
(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Vanessa Medeiros Corneli
(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Paula Cristina de Souza
(UTFPR)
Orientadora

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenadora do Curso de Engenharia Civil: **Prof.^a Dra. Paula Cristina de Souza**

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me proporcionado uma família forte e sólida, que sempre prestou apoio incondicional aos meus estudos.

Agradeço também à minha família, cujos conselhos e apoio foram essenciais ao longo da minha trajetória acadêmica.

À professora Dra. Paula Cristina de Souza, por todo conhecimento compartilhado, por toda ajuda fornecida e por aceitar, de prontidão, orientar o presente trabalho.

Aos meus amigos, por todo apoio durante a fase acadêmica, pelo auxílio na resolução de problemas e solução de dúvidas.

RESUMO

A otimização de processos construtivos, que visa diminuir custos e majorar a eficiência das obras, está diretamente relacionada com a redução dos desperdícios de água, energia elétrica e de materiais de construção. Considerada a importância dessa sustentabilidade, a qual implicará em uma maior economia na obra, bem como na redução de impactos ambientais, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) estabelece alguns indicadores como ferramentas para auxiliar na medição e análise de alguns critérios nas obras. Dessa forma, esse trabalho tem por finalidade calcular esses indicadores para o consumo de água, energia elétrica e geração de resíduos sólidos em três diferentes obras com características semelhantes, na cidade de Campo Mourão – Paraná. Para reforçar as análises, foram também utilizadas outras ferramentas da qualidade, como as Cartas de Controle de Valores Individuais e Amplitudes Móveis, do Controle Estatístico do Processo (CEP), as quais permitem uma comparação entre as obras em questão. As comparações entre os indicadores das diferentes obras apresentaram resultados satisfatórios, com valores próximos, levando-se em conta o período de realização de suas medições, bem como a fase de cada obra. As comparações entre as três obras por meio das cartas de controle também foram satisfatórias, uma vez que a maioria das medições realizadas se encontra dentro dos limites pré-estabelecidos. Foram constatados, nas diferentes obras, alguns pontos de não conformidade tanto para o consumo de água e energia elétrica, quanto para geração de resíduos sólidos, sendo estes pontos provenientes de origens semelhantes. Os indicadores obtidos de m^3 por m^2 para o consumo de água para as três obras foram de 0,1845 (obra A), 0,3393 (obra B) e 0,2724 (obra C). Para o consumo de energia elétrica, em kWh/ m^2 , os indicadores calculados para as obras A, B e C foram de, respectivamente, 1,7006, 2,5936 e 2,5398. Para a geração de resíduos sólidos, as obras A, B e C apresentaram indicadores de 0,03886, 0,08893 e 0,07782 m^3/m^2 , respectivamente.

Palavras-chave: PBQP-H, Indicadores, CEP.

ABSTRACT

The optimization of construction processes, which aims to reduce costs and increase the efficiency of works, is directly related to the reduction of waste of water, electricity and building materials. Considering the importance of this sustainability, which will lead to greater savings on the works, as well as reducing environmental impacts, the Brazilian Habitat Quality and Productivity Program (PBQP-H) establishes some indicators as tools to assist in the measurement and analysis of some criteria of constructions. Therefore, this work aims to calculate these indicators for water and electricity consumption, and solid waste generation in three different constructions with similar characteristics, in the city of Campo Mourão - Paraná. To reinforce the analyzes, other quality tools were also used, such as the Statistical Process Control (SPC) Individual Value and Moving Range Control Charts, which allow a comparison between the works in question. The comparisons between the indicators of the different works presented satisfactory results, with similar values, considering the period of their measurements, as well as the construction phase of each work. The comparisons between the three works using the CEP were also satisfactory, since most of the measurements made are between the pre-established limits. In the different works, some non-compliance points were found for both water and electricity consumption, as well as for solid waste generation, and these points came from similar sources. For water consumption, the indicators (measured in m^3 per m^2) were 0,1835 (work A), 0,3393 (work B) and 0,2724 (work C). Concerning electricity consumption, in kWh/m^2 , the indicators for works A, B and C were, respectively, 1,7006, 2,5936 and 2,5398. For solid waste generation, works A, B and C showed indicators of 0,03886, 0,08893 and 0,07782 m^3/m^2 , respectively.

Keywords: PBQP-H, Indicators, SPC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classificação de Resíduos da Construção Civil.....	17
Figura 2 – Limites gráficos de controle.....	20
Figura 3 – Localização das obras estudadas.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cálculo dos indicadores do consumo de água	28
Tabela 2 – CEP – Análise de valores individuais do consumo de água	28
Tabela 3 – CEP – Análise de amplitudes móveis para o consumo de água.....	28
Tabela 4 – Cálculo dos indicadores do consumo de energia elétrica	33
Tabela 5 – CEP – Análise de valores individuais do consumo de energia.....	33
Tabela 6 – CEP – Análise de amplitudes móveis do consumo de energia.....	34
Tabela 7 – Cálculo dos indicadores da geração de resíduos sólidos	38
Tabela 8 – CEP – Análise de valores individuais para geração de resíduos	38
Tabela 9 – CEP – Análise de amplitudes móveis da geração de resíduos.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo de água na obra "A"	25
Gráfico 2 – Consumo de água na obra "B"	26
Gráfico 3 – Consumo de água na obra "C"	27
Gráfico 4 – Valores Individuais de consumo de água.....	29
Gráfico 5 – Amplitude Móvel para o consumo de água	29
Gráfico 6 – Consumo de energia elétrica na obra "A"	30
Gráfico 7 – Consumo de energia elétrica na obra "B"	31
Gráfico 8 – Consumo de energia elétrica na obra "C"	32
Gráfico 9 – Valores individuais de consumo de energia elétrica.....	34
Gráfico 10 – Amplitudes móveis para o consumo de energia elétrica	34
Gráfico 11 – Geração de resíduos sólidos na obra "A"	36
Gráfico 12 – Geração de resíduos sólidos na obra "B"	36
Gráfico 13 – Geração de resíduos sólidos na obra "C"	37
Gráfico 14 – Valores Individuais da geração de resíduos sólidos.....	39
Gráfico 15 – Amplitude Móvel para geração de resíduos sólidos	39

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEP	Controle Estatístico do Processo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEL	Companhia Paranaense de Energia Elétrica
CUB	Custo Unitário Básico
DACOC	Departamento Acadêmico de Construção Civil
LC	Limite Central
LIC	Limite Inferior de Controle
LSC	Limite Superior de Controle
NBR	Norma Brasileira
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
RCC	Resíduos de Construção Civil
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SiAC	Sistema de Avaliação de Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 JUSTIFICATIVA	13
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
4.1 Utilização de água na construção civil	14
4.2 Utilização de energia elétrica na construção civil	14
4.3 Resoluções e legislações vigentes na área da geração de Resíduos da Construção Civil	15
4.4 Classificação de resíduos sólidos da construção civil	16
4.5 Perdas dentro do canteiro de obras	17
4.6 Indicadores de Consumo previstos no PBQP-H	18
4.6.1 Indicador de consumo de água	18
4.6.2 Indicador de consumo de energia	19
4.6.3 Indicador de geração de resíduos	19
4.7 Controle Estatístico do Processo (CEP)	19
5 MATERIAL E MÉTODOS	22
5.1 Seleção das obras para estudo	22
5.2 Caracterização das obras	23
5.2.1 Obra “A”	23
5.2.2 Obra “B”	23
5.2.3 Obra “C”	23
5.3 Levantamento do quantitativo de recursos consumidos e de resíduos gerados	23
5.4 Utilização do software Action Stat para aplicação das cartas de controle	24
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
6.1 INDICADORES DO CONSUMO DE ÁGUA	25
6.2 INDICADORES DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	30
6.2 INDICADORES DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	35
7 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um grande gerador de resíduos sólidos. Devido a isso, os consumidores vêm, cada vez mais, exigindo otimização de processos. De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2019), a construção é executada desde os primórdios da humanidade, gerando como subproduto grande quantidade de entulho mineral. Com isso, torna-se necessário a utilização de métodos e tecnologias mais eficientes, visando a um maior aproveitamento nas obras.

Diante da necessidade de um desenvolvimento sustentável, surgiram leis e resoluções ambientais que visam estabelecer um certo padrão a ser seguido. Dentre elas, destacam-se a resolução 307 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR (Norma Brasileira) 10.004/04, além de programas que estabelecem parâmetros para uma construção produtiva, como o PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat).

O PBQP-H estabelece diversos indicadores de consumo, dentre os quais estão os de água, energia e indicadores de geração de resíduos. Segundo Milanez (2002), a adoção de indicadores para o gerenciamento das obras facilita a aproximação das mesmas com a tão almejada sustentabilidade. O autor ainda sugere que esses indicadores podem ser utilizados para melhorias no que se refere aos impactos ambientais, uma vez que possibilitam a elaboração de estudos e políticas que combatem o mau uso dos recursos (MILANEZ, 2002).

Dessa forma, o presente trabalho visa realizar um estudo estatístico dos indicadores de consumo de água, energia elétrica e de geração de resíduos previstos no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat em três diferentes obras na cidade de Campo Mourão-Paraná.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar, utilizando o Controle Estatístico do Processo (CEP), o consumo de água e energia elétrica, bem como a quantidade de resíduos sólidos gerados na construção de três diferentes edifícios com as mesmas características.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar o consumo de água, energia elétrica e a geração de resíduos sólidos de três diferentes obras;
- Aplicar o Controle Estatístico do Processo para verificar a uniformidade do consumo de água, energia elétrica e da geração de resíduos sólidos nas três diferentes obras;
- Analisar os resultados e gráficos do CEP.

3 JUSTIFICATIVA

O gerenciamento dos materiais nos canteiros de obra tem impacto direto no que se diz respeito ao custo da obra. De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), que realiza estudos referentes aos Custos Unitários Básicos (CUB) da Construção Civil, o CUB/m² vem crescendo cada vez mais no Brasil. Quando comparados de janeiro a maio de 2016, por exemplo, o CUB/m² aumentou 2,18%. Do valor total dos custos das obras realizadas nesse mesmo período, cerca de 40,29% correspondem aos custos com materiais de construção (CBIC, 2016).

Além dos aspectos econômicos, citados anteriormente, os consumidores buscam cada vez mais por alternativas sustentáveis, e que sejam menos agressivas ao meio ambiente. De acordo com Lordêlo et al. (2007), estimativas indicam a geração mundial de resíduos em torno de 2 a 3 bilhões de toneladas por ano. Tendo em vista a necessidade de estimular a sustentabilidade, foram criados alguns programas estabelecendo parâmetros de qualidade e produtividade a serem seguidos, como, por exemplo, o PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat) (PBQP-H, 2012).

O PBQP-H estabelece alguns indicadores de consumo, os quais serão utilizados no presente trabalho para quantificar e parametrizar a utilização de água, energia e a geração de resíduos na construção.

De acordo com informações no site da empresa SOFTPLAN, responsável pelo software orçamentário SIENGE, o setor da construção civil apropria-se de 75% de tudo que é extraído do meio ambiente, desde a produção de insumos até a execução da obra. Por esse motivo, o setor da construção civil é o que mais consome recursos naturais. Diana Scillag, diretora do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, levantou que de tudo que é extraído da natureza, apenas quantidades entre 20 e 50% dos recursos são realmente consumidos na construção, sendo que os demais são resíduos gerados (SOFTPLAN, 2019). Esses índices indicam o grande impacto ambiental que a construção civil gera.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Utilização de água na construção civil

A construção civil é uma indústria cujas atividades dependem da utilização de recursos naturais, como, por exemplo, a água. Conforme campanhas de conscientização são criadas, as exigências do mercado por parâmetros de sustentabilidade têm se tornado cada vez maiores. Assim, a minimização de impactos devido ao consumo de água na construção civil torna-se relevante (DANTAS, 2008).

A NBR 15900/2009, por exemplo, estabelece parâmetros mínimos de qualidade da água para a sua utilização em concreto. Dentre esses parâmetros estão os teores máximos de cloreto, sulfatos, fosfatos, álcalis, entre outros. Com isso, a sustentabilidade ganha mais força com relação ao uso da água, uma vez que a água tratada gera custos maiores.

Existem estudos visando quantificar a água utilizada na fase de construção das edificações, como o de Bardhan (2011), que apresenta valores entre 1 a 2 m³/m² de área construída. As variações se devem aos tipos de construção, processo construtivo e contexto das obras analisadas. Estruturas em concreto pré-moldado, por exemplo, tendem a consumir menos água. Outro fator impactante no consumo é o número de funcionários trabalhando na obra (MARQUES et al., 2017).

4.2 Utilização de energia elétrica na construção civil

Com relação ao uso da energia elétrica, Marques et al. (2017) afirmam que há pouca eficiência nos aparelhos utilizados no setor da construção civil, podendo, portanto, ter seu consumo potencialmente reduzido. Os autores afirmam ainda que o setor enfrenta grande dificuldade na gestão desse recurso, que é objeto de pesquisa nos usos para aquecimento, resfriamento, ventilação, transporte vertical e outros.

De acordo com Abreu (2012), o setor da construção civil gera, no planeta, 25% de todos os resíduos sólidos, além de ocupar 12% das terras. Entretanto, o consumo de energia é ainda superior.

Priori (2011) afirma que o consumo de energia pode ser reduzido adotando-se algumas medidas, tais como:

- Elaboração de projeto elétrico para o canteiro de obras;

- Utilização de lâmpadas econômicas;
- Capacitação da equipe para apagar as luzes e desligar instrumentos quando estes não estiverem em uso;
- Uso adequado das ferramentas que consomem energia;
- Entre outros.

4.3 Resoluções e legislações vigentes na área da geração de Resíduos da Construção Civil

Quando se trata de sustentabilidade e eficiência, são necessários parâmetros e classificações para as gestões. Baseado nisso, o CONAMA estabeleceu, em 2002, a resolução 307, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Essa resolução foi alterada posteriormente pelas resoluções 348, 431, 448 e 469, de 2004, 2011, 2012 e 2015, respectivamente.

Em 02 de agosto de 2010, foi sancionada a Lei F n° 12.305, que institui a Política Nacional De Resíduos Sólidos, a qual estabelece, segundo seu artigo 4°, princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações para a gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Há também a norma técnica ABNT NBR 10.004/04, que estabelece a classificação de resíduos sólidos com base nos processos que deram origem, bem como nas propriedades químicas e físicas dos mesmos, considerando a inflamabilidade, toxicidade, entre outros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Em Campo Mourão, a Lei Municipal n° 3898, de 08 de fevereiro de 2018, trata dos resíduos da construção civil em seu Capítulo X, dispondo, em seu artigo 97, que estes deverão ser separados em caçambas metálicas de acordo com a classificação do CONAMA, as quais estão descritas no próximo item deste trabalho. Além disso, a lei também determina que os resíduos sejam reutilizados, reciclados ou destinados de acordo com as normas técnicas específicas.

4.4 Classificação de resíduos sólidos da construção civil

Resíduos de Construção Civil (RCC) são aqueles oriundos de construções, reformas e demolições de obras da construção civil, provenientes dos materiais e processos utilizados na mesma, conforme a resolução 307 de julho de 2002 do CONAMA. CONAMA (2002), no artigo 3º de sua resolução 307, estabelece quatro classes e suas respectivas destinações adequadas para cada diferente tipo de resíduo:

- Classe A: resíduos que são reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como da construção, demolição e reforma de pavimentações, edificações ou da fabricação e demolição de peças pré-moldadas em concreto;
 - Destinação correta: reutilização ou reciclagem na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reserva de material para usos futuros;
- Classe B: resíduos que podem ser reciclados ou reutilizados em outras áreas, tais como papéis, plásticos, metais, embalagens e similares.
 - Destinação correta: reutilização, reciclagem ou encaminhamento a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- Classe C: resíduos para os quais não existem técnicas eficientes ou viáveis para sua reciclagem ou utilização;
 - Destinação correta: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;
- Classe D: resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos, e outros perigosos e/ou prejudiciais à saúde.
 - Destinação correta: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

A figura 1 traz ilustrações dos materiais e suas respectivas classificações conforme a resolução em questão.

Figura 1 – Classificação de Resíduos da Construção Civil



Fonte: Disponível em <<http://www.sjp.pr.gov.br/secretarias/secretaria-meio-ambiente/empresas-transportadoras-de-residuos-de-construcao-civil/>>.

4.5 Perdas dentro do canteiro de obras

Na busca pela sustentabilidade em um canteiro de obras, destaca-se a necessidade da redução de perdas. De acordo com Pinto (2000), materiais como areia, argamassa, cimento, cal, componentes de vedação e madeira apresentam números consideráveis de desperdício, estimando-se em aproximadamente 150kg por m² construído. Dessa forma, Pinto (2000) sugere que o alto índice de perdas é a principal causa de entulho gerado, ainda que estas não se convertam integralmente em entulho, podendo ficar uma parte na obra. Karpinski et al. (2009) utiliza classificações para perdas baseadas nos conceitos de Shingo, adaptadas para a construção civil, sendo elas:

- Perdas por superprodução: perdas oriundas de produções superiores às quantidades necessárias, como, por exemplo, produção de argamassa superior ao que será utilizado no dia de trabalho.
- Perdas por espera: perdas relacionadas com a logística da obra, podendo ser relacionadas tanto à mão de obra quanto à indisponibilidade de materiais ou equipamentos.
- Perdas por transporte: perdas associadas ao manuseio excessivo de materiais, bem como má organização do layout da obra, incluindo o tempo excessivo utilizado na movimentação e até mesmo utilização de meio de transporte inadequado.
- Perdas no processamento em si: decorrem em razão da natureza das atividades e na execução inadequada dos processos, sendo estas em virtude da falta de mão-de-obra qualificada. Como exemplo desse tipo de perdas, cita-

se a quebra de paredes para viabilizar instalações, bem como a quebra manual de blocos devida à ausência de meio-blocos.

- Perdas nos estoques: essas perdas estão associadas à existência de estoque excessivo, podendo ser geradas pela falta de programação de recebimento de materiais, que podem não ter um local adequado para armazenamento. Esse tipo de perda envolve também o custo do capital parado em estoque, bem como seu desgaste com o passar do tempo.
- Perdas no movimento: perdas decorrentes da realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores. A falta de equipamentos adequados, tempo excessivo de locomoção entre postos de trabalho e esforço excessivo do trabalhador em condições ergonômicas desconfortáveis estão entre as causas desse tipo de perda.
- Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: oriundas da ausência de integração entre o projeto e sua execução, bem como da deficiência do planejamento e falta de controle do processo produtivo. Essas perdas ocorrem quando os produtos fabricados não atingem os requisitos de qualidade especificados.

4.6 Indicadores de Consumo previstos no PBQP-H

O SiAC (Sistema de Avaliação de Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil), instituído pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), em sua versão de 14 de junho de 2018, define indicadores de qualidade voltados à sustentabilidade dos canteiros de obras, dentre eles: indicador de consumo de água, indicador de consumo de energia, indicador de geração de resíduos.

4.6.1 Indicador de consumo de água

O indicador de consumo de água é determinado pela quantidade de água consumida (m^3) por metro quadrado construído (m^2), conforme a equação 1.

$$\text{Indicador do consumo de água} = \frac{\text{Quantidade de água consumida (m}^3\text{)}}{\text{Área construída (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Fonte: PBQP-H, SIAC, 2018.

4.6.2 Indicador de consumo de energia

O indicador de consumo de energia é determinado pela quantidade de kWh consumidos por metro quadrado de área construída, de acordo com a equação 2.

$$\text{Indicador do consumo de energia} = \frac{\text{Energia consumida (em kWh)}}{\text{Área construída (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

Fonte: PBQP-H, SIAC, 2018.

4.6.3 Indicador de geração de resíduos

O indicador de geração de resíduos é calculado com base no volume total de resíduos descartados (excluído solo e demolição de edificações pré-existentes) e na área construída, como pode ser observado na equação 3.

$$\text{Indicador da geração de resíduos} = \frac{\text{Volume de resíduos sólidos (m}^3\text{)}}{\text{Área construída (m}^2\text{)}} \quad (3)$$

Fonte: PBQP-H, SIAC, 2018.

4.7 Controle Estatístico do Processo (CEP)

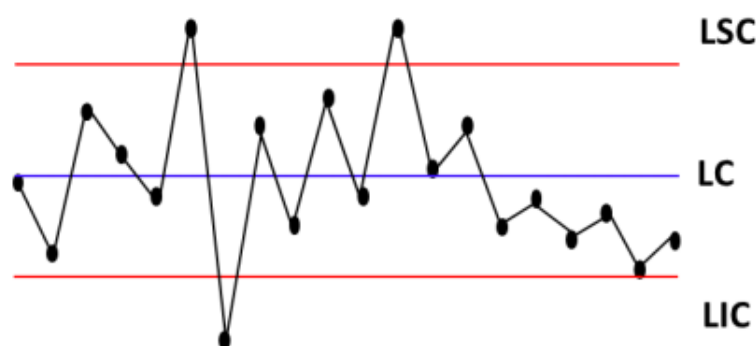
O controle estatístico do processo é um sistema de inspeção por amostragem, operando ao longo de um processo, com o objetivo de verificar a presença de causas especiais, ou seja, causas que não são naturais ao processo e que podem prejudicar a qualidade do produto manufaturado (RIBEIRO; CATEN, 2012).

Os autores Ribeiro e Caten, ainda, separam as Cartas de Controle em duas categorias: as Cartas de Controle para Atributos, que são características que são comparadas com um certo padrão (existindo, normalmente, na maioria dos processos

técnicos ou administrativos), e as Cartas de Controle para Variáveis, que são características de qualidade que são mensuráveis como, por exemplo, o diâmetro de um rolamento, o tempo de atendimento de um pedido, etc. (RIBEIRO; CATEN, 2012).

O sistema consiste na criação, por métodos estatísticos, de gráficos (ou cartas) de controle, estabelecendo-se um limite superior (LSC), inferior (LIC) e uma média (LC), para as causas dentro de uma amostragem coletada, os quais são ilustrados na figura 5. As causas ditas especiais são aquelas que se encontram fora dos limites superior e inferior, pré-estabelecidos (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

Figura 2 – Limites gráficos de controle



Fonte: Disponível em <http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/manual-carta-control_ial_2013.pdf>

Dentre as Cartas de Controle para Variáveis, tem-se as Cartas de Controle para Valores Individuais e as de Amplitude Móvel. Em casos em que as taxas de medições são muito baixas, os testes são muito caros e/ou possuam características muito homogêneas, que variam lentamente ao longo do tempo, é preciso utilizar o controle do processo por meio de valores individuais. Como as Cartas para Valores Individuais não permitem avaliar diretamente a dispersão dos processos, utiliza-se, como complemento, as Amplitudes Móveis, que são a diferença entre cada par de medições sucessivas (RIBEIRO; CATEN, 2012).

Conforme Montgomery e Runger (2009, p. 398), utilizando-se as Cartas de Controle para Variáveis, os Limites de Controle para a Média serão determinados obedecendo às seguintes equações:

$$LSC = \mu w + k\sigma w \quad (4)$$

$$LC = \mu w \quad (5)$$

$$LIC = \mu w - k\sigma w \quad (6)$$

Em que μ_w e σ_w são, respectivamente, uma média e desvio padrão calculados, enquanto que k é a quantidade de vezes que o desvio padrão é multiplicado, ou seja, a distância da linha central até os limites. Montgomery e Runger (2009) sugerem, ainda, que a utilização de $k=3$ é algo comum.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foram selecionadas três obras localizadas na cidade de Campo Mourão - Paraná. As três obras em questão são executadas pela mesma construtora, cuja sede é na mesma cidade.

5.1 Seleção das obras para estudo

Foram selecionados três diferentes edifícios de múltiplos pavimentos. Todas as obras selecionadas utilizam-se da mesma tecnologia construtiva, ou seja, estruturas moldadas e concretadas *in loco* (o que implica na geração de resíduos oriundos do concreto, argamassa, fôrmas de madeira, isopor, além de um maior consumo de água e energia elétrica quando comparados às estruturas pré-moldadas).

Para melhor entendimento, as obras serão denominadas em A, B e C, as quais estão localizadas conforme a figura 3.

Figura 3 – Localização das obras estudadas



Fonte: Adaptado, Google Maps, 2019.

5.2 Caracterização das obras

5.2.1 Obra “A”

A obra “A” é localizada na rua Panambi, 1420. Trata-se de um prédio de 7 pavimentos, incluindo garagem, térreo e pavimentos tipo. Haverá um total de 20 apartamentos, cuja área total construída será de 2.855,97m². O empreendimento iniciou em 2016, e estende-se até o momento, contando com uma equipe composta por 9 trabalhadores.

5.2.2 Obra “B”

A obra “B” é localizada na avenida Guilherme de Paula Xavier, 734. Trata-se de um prédio de 4 andares, incluindo garagem, térreo e pavimentos tipo. A edificação possui um total de 30 apartamentos, cuja área total construída é de 2.012,62m². O empreendimento iniciou em 2014, contando com uma equipe composta por 7 trabalhadores, e foi encerrado em 2018.

5.2.3 Obra “C”

A obra “C” é localizada na rua São Josafat, 1278. Trata-se de um prédio de 7 andares, incluindo garagem, térreo e pavimentos tipo, tendo um total de 20 apartamentos, cuja área total construída é de 4.240,46m². O empreendimento iniciou em 2016, e foi finalizado em setembro de 2018, contando com uma equipe composta por 11 trabalhadores.

5.3 Levantamento do quantitativo de recursos consumidos e de resíduos gerados

Para levantamento dos quantitativos de energia e água, foram utilizadas as medições mensais realizadas pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), respectivamente, as quais são exibidas nas faturas impressas pelas companhias. Todos os resíduos

sólidos foram quantificados por meio do volume de caçambas metálicas contratadas pela construtora. Esse volume de caçambas foi levantado com base nas notas fiscais emitidas pela empresa responsável pelas mesmas.

Registra-se que os materiais recicláveis recebem outra destinação, não sendo estes inclusos na contabilização das caçambas.

5.4 Utilização do software Action Stat para aplicação das cartas de controle

Para a aplicação das cartas de controle, utilizou-se o software ACTION STAT, em sua versão gratuita de 30 dias, o qual trabalha como suplemento para planilhas do Microsoft Office Excel. As cartas de controle foram geradas com base nas medições realizadas. Como neste trabalho são abordados aspectos mensuráveis, como o consumo de água, de energia elétrica e geração de resíduos sólidos, foram utilizadas as Cartas de Controle para Variáveis, em suas subcategorias de Valores Individuais e Amplitudes Móveis.

Para o cálculo dos limites de controle, utilizou-se o valor “k” (multiplicador do desvio padrão) igual a 3.

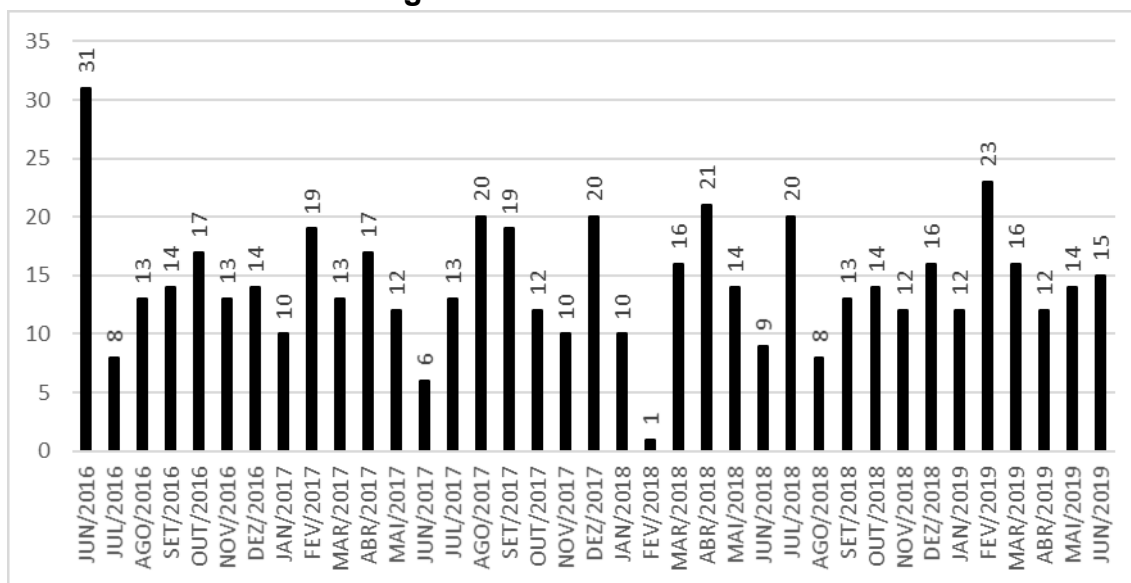
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Indicadores do consumo de água

Para a quantificação do consumo de água em cada um dos edifícios, foram utilizados os históricos provenientes das medições mensais realizadas pela SANEPAR. As medições realizadas compreendem um período de 28 a 31 dias.

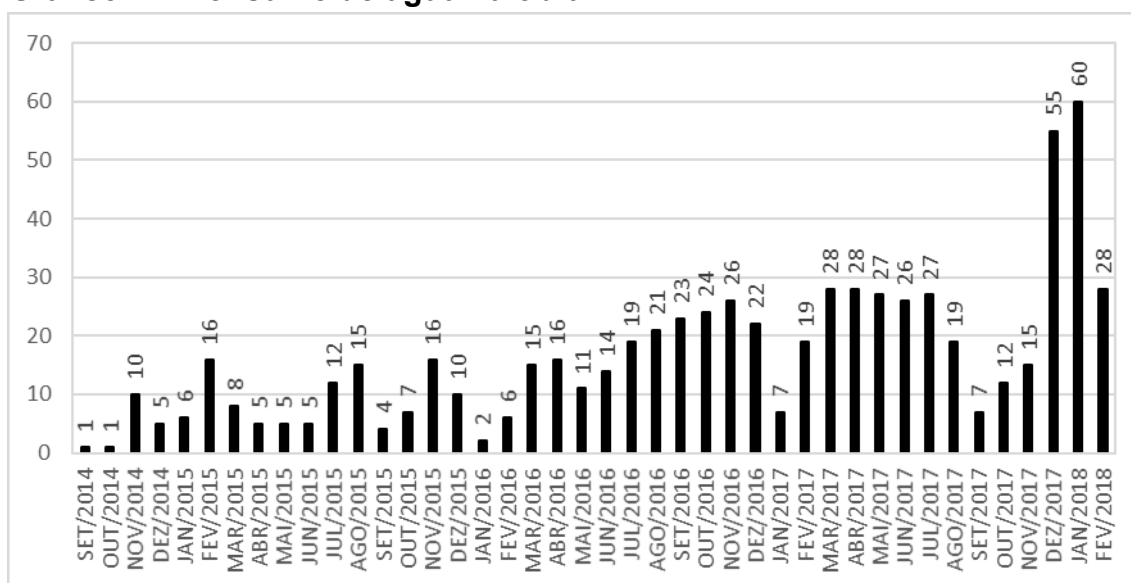
O gráfico 1 representa o consumo de água na obra “A”, num período de junho de 2016 até junho de 2019 (37 meses), cuja média simples resulta em um consumo de aproximadamente 14,243m³ por mês. Nota-se, no primeiro mês, um consumo superior aos demais. Isso se deve ao fato de a medição realizada, excepcionalmente para esse caso da obra A, ser referente a um período de 45 dias.

Gráfico 1 – Consumo de água na obra "A"



Fonte: Autor, 2019.

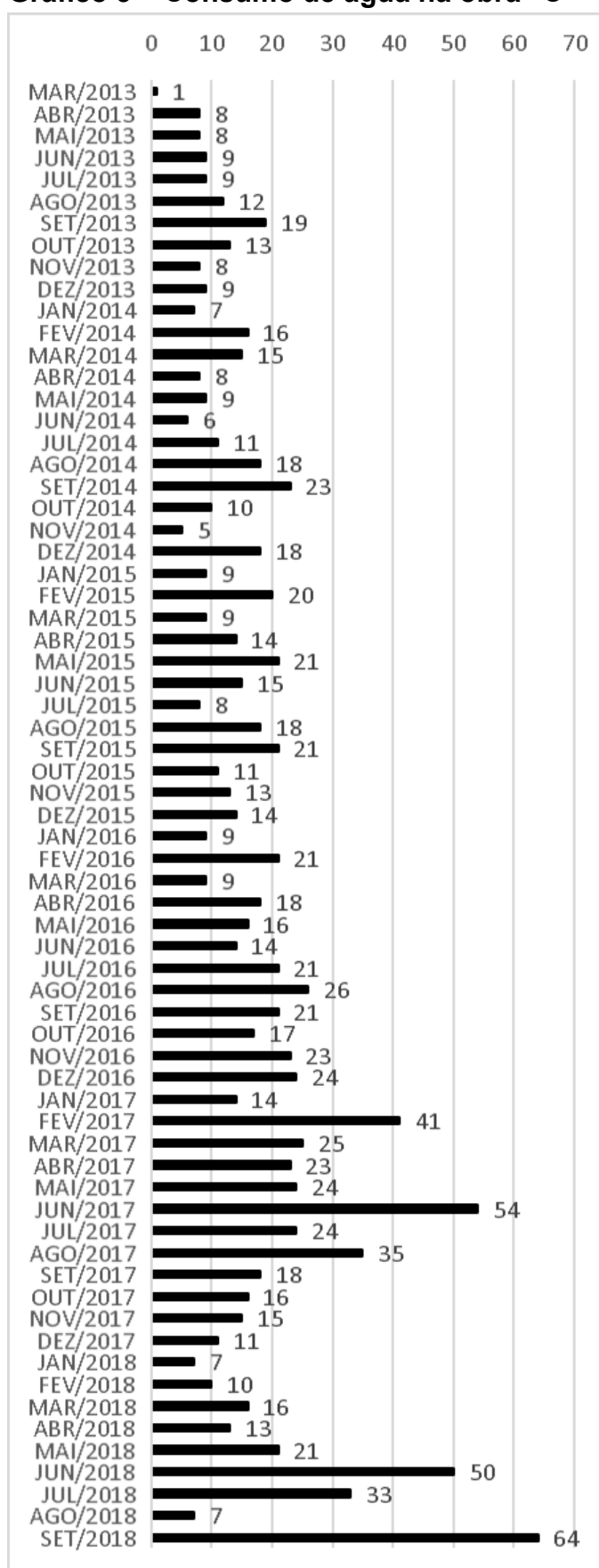
O gráfico 2 representa o consumo da obra “B” no período de setembro de 2014 a fevereiro de 2018, quando a obra foi entregue aos proprietários. O período é composto por 42 meses e tem uma média de consumo de 16,261 m³/mês. Nota-se que em dezembro/2017 e janeiro/2018, o consumo teve picos acima do normal. Essas alterações devem-se à fase de limpeza final da obra.

Gráfico 2 – Consumo de água na obra "B"

Fonte: Autor, 2019.

O gráfico 3 exibe o consumo da obra "C" ao longo de 67 meses, compreendidos entre março/2013 e setembro/2018. O período teve uma média de consumo de aproximadamente 17,24m³/mês. Nota-se que, no primeiro mês, o consumo de água é de 1m³. Sugere-se que esse valor seja devido apenas ao consumo humano na fase inicial da obra, para realização de limpeza de terreno e outros serviços que não utilizam água.

Gráfico 3 – Consumo de água na obra "C"



Fonte: Autor, 2019.

Com o levantamento do quantitativo em questão, é possível aplicar o indicador de consumo de água previsto no PBQP-H. Dessa forma, a tabela 1 traz, de maneira resumida, os dados referentes ao consumo de água nas três diferentes obras.

Tabela 1 – Cálculo dos indicadores do consumo de água

Descrição	OBRA		
	A	B	C
Consumo total de água (m ³)	527	683	1.155
Área construída (m ²)	2.855,97	2.012,62	4.240,46
Indicadores ao final da obra (m ³ consumido por m ² construído, de acordo com a equação 1)	0,1845	0,3393	0,2724

Fonte: Autor, 2019.

Na tabela 1, verifica-se que o índice de consumo de água na obra “A” foi inferior às demais obras. Isso ocorreu porque embora toda a área projetada já tenha sido construída, a obra está em fase de acabamento, na qual ainda serão feitas outras atividades que consomem água, como, por exemplo, os emboços, rebocos, revestimentos e limpezas.

Com o auxílio do software Action Stat, foi realizada análise estatística dos dados obtidos para o consumo de água nas 03 obras, cujos resultados estão nas tabelas 2 e 3:

Tabela 2 – CEP – Análise de valores individuais do consumo de água

Parâmetro	Valor calculado
Limite Superior de Controle (LSC)	36,4612
Limite Central (LC)	16,0965
Limite Inferior de Controle (LIC)	-4,2681

Fonte: Autor, 2019.

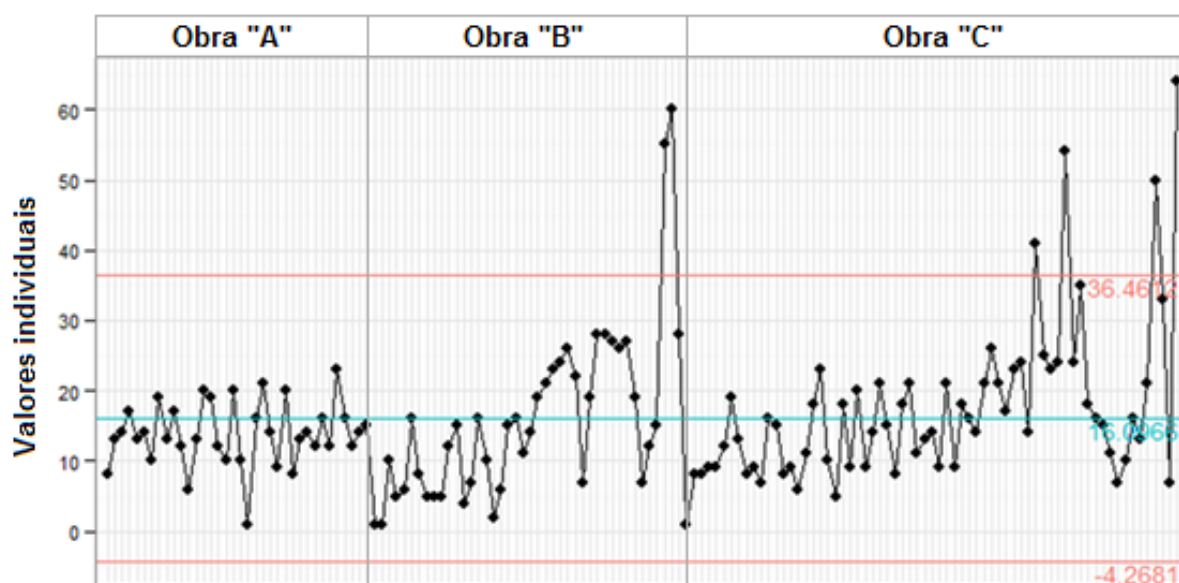
Tabela 3 – CEP – Análise de amplitudes móveis para o consumo de água

Parâmetro	Valor calculado
Limite Superior de Controle (LSC)	29,5740
Limite Central (LC)	11,4895
Limite Inferior de Controle (LIC)	0
Desvio padrão	6,7882

Fonte: Autor, 2019.

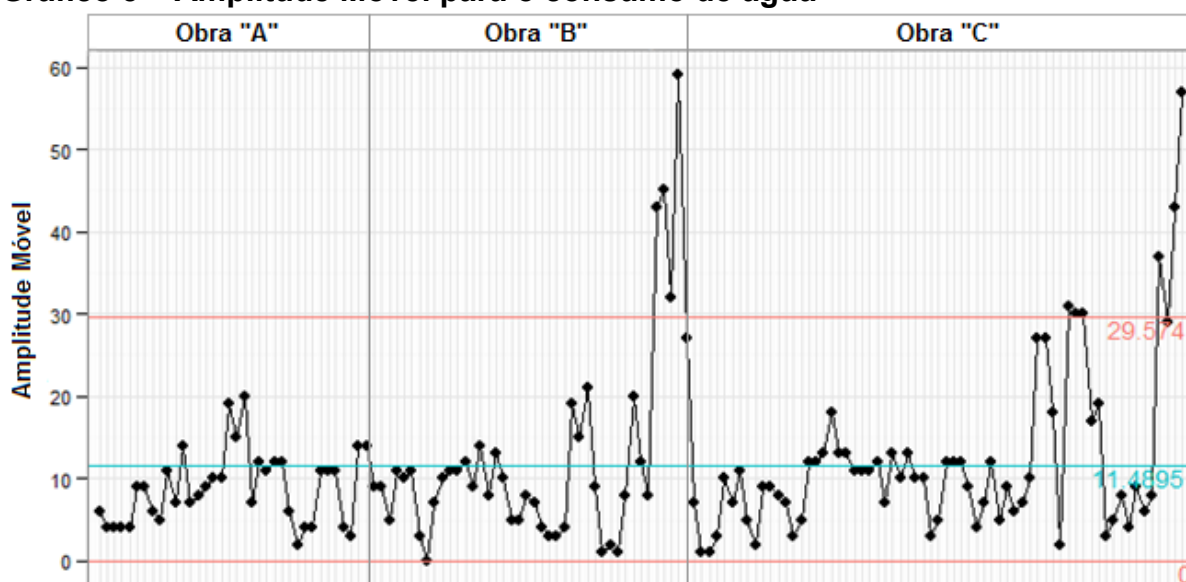
Com os valores obtidos, é possível gerar gráficos para melhor visibilidade dos cenários, com a aplicação de seus respectivos limites. Os gráficos 4 e 5, que foram gerados com auxílio do software Action Stat, representam as medições com os limites para valores individuais e para amplitude móvel, respectivamente.

Gráfico 4 – Valores Individuais de consumo de água



Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 5 – Amplitude Móvel para o consumo de água



Fonte: Autor, 2019.

Observa-se que nenhuma das obras ficou abaixo do limite inferior de controle, sugerindo um bom controle do processo. Entretanto, as obras “B” e “C” apresentaram pontos de não conformidade acima do LSC (Limite Superior de Controle) em algumas das medições. Sugere-se que esses pontos ocorreram devido à fase de finalização

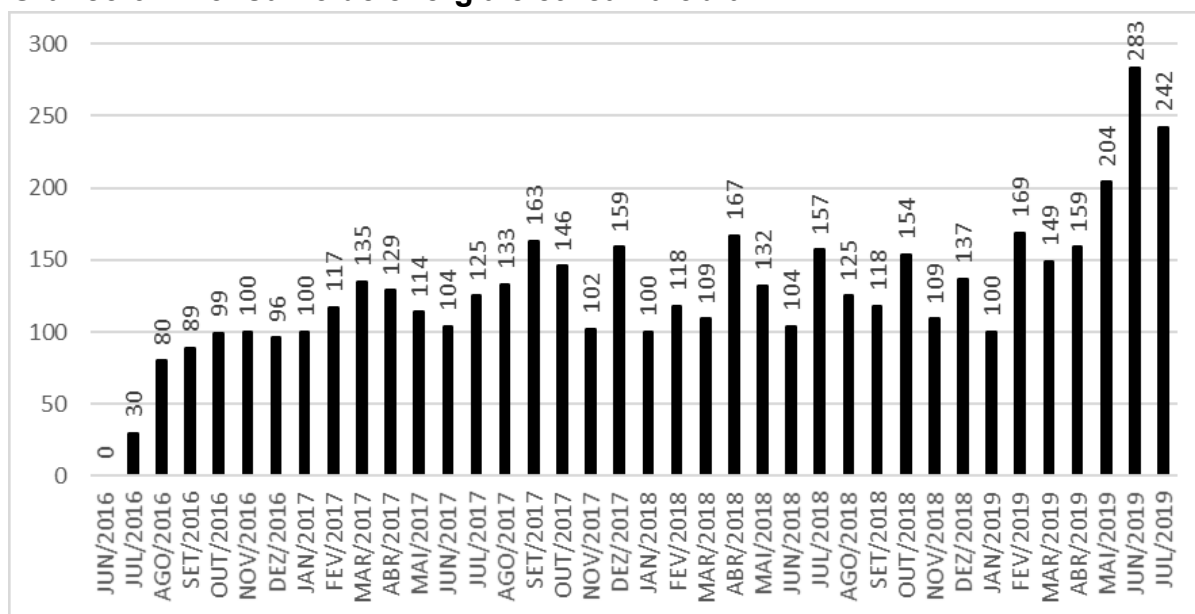
das obras, visto que os moradores iniciaram as mudanças aos edifícios, causando um aumento no consumo de água. De maneira geral, as medições ficaram muito próximas à linha central, sugerindo que houve um bom desempenho e equilíbrio ao decorrer das obras.

6.2 Indicadores do consumo de energia elétrica

Para a quantificação do consumo de energia elétrica, foram utilizados os históricos provenientes das medições mensais realizadas pela COPEL. As medições realizadas compreendem um período de 28 a 31 dias.

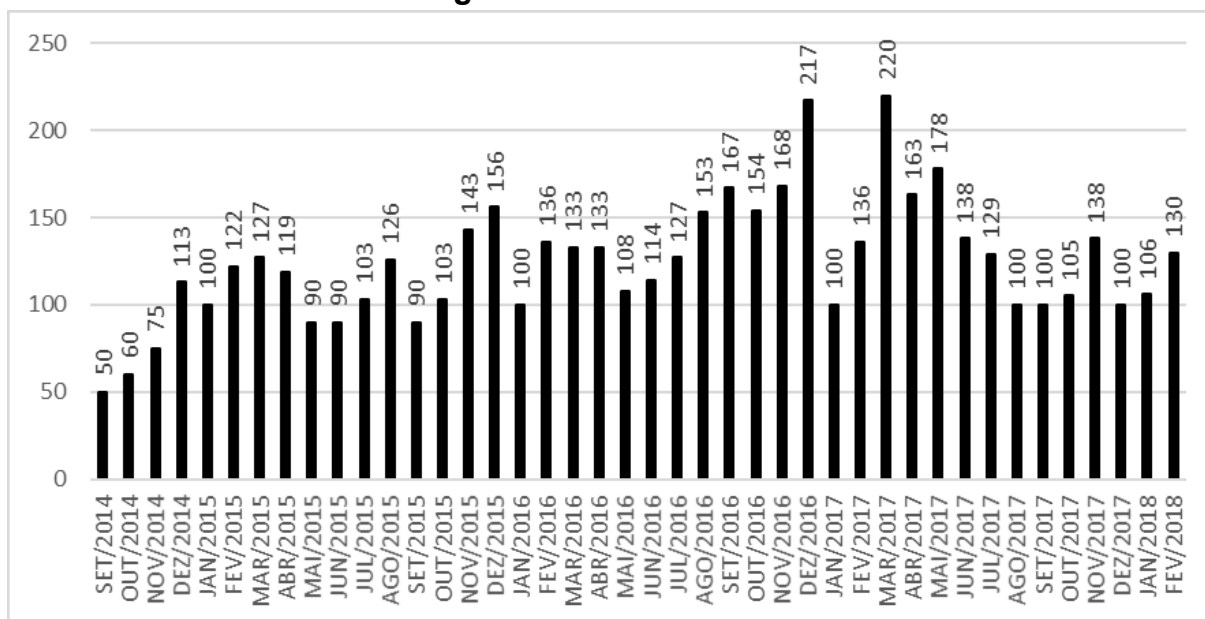
O gráfico 6 representa o consumo de energia na obra “A”, medido em kWh. O período de referência é julho/2016 a julho/2019, totalizando 37 meses. A média do período foi de 131,27 kWh/mês.

Gráfico 6 – Consumo de energia elétrica na obra "A"



Fonte: Autor, 2019.

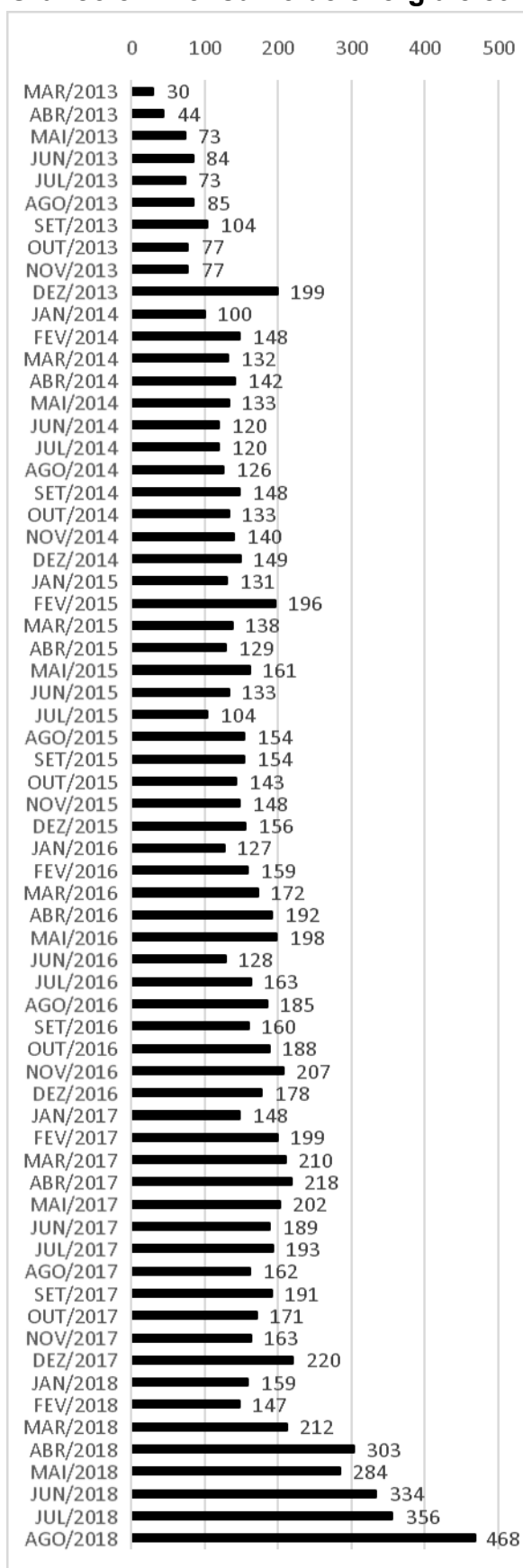
O gráfico 7 remete ao consumo de energia na obra “B”. O período de análise é compreendido entre setembro/2014 e fevereiro/2018, contemplando um total de 42 meses, com uma média de aproximadamente 124,29 kWh/mês. Em novembro/2016 e março/2017, o consumo de energia apresenta picos. Isso se deve ao período de medição que, excepcionalmente nesses casos, foram de 40 dias cada.

Gráfico 7 – Consumo de energia elétrica na obra "B"

Fonte: Autor, 2019.

O gráfico 8 refere-se ao consumo de energia na obra "C". A análise foi feita ao longo de toda a obra até a sua entrega. O período em questão possui 66 meses, compreendidos entre março/2013 e agosto/2018. A média de consumo nesses meses foi de aproximadamente 163,18 kWh/mês. Nota-se que ao final da obra, o consumo tem um acréscimo considerável. Isso se deve à conclusão das instalações elétricas prediais, bem como constante utilização dos elevadores do edifício.

Gráfico 8 – Consumo de energia elétrica na obra "C"



Fonte: Autor, 2019.

Com o levantamento do quantitativo em questão, é possível aplicar o indicador de consumo de energia elétrica previsto no PBQP-H. Dessa forma, a tabela 4 traz, de maneira resumida, os dados referentes ao consumo de energia elétrica nas três diferentes obras:

Tabela 4 – Cálculo dos indicadores do consumo de energia elétrica

Descrição	OBRA		
	A	B	C
Consumo total de energia elétrica (kWh)	4.857	5.220	10.770
Área construída (m ²)	2.855,97	2.012,62	4.240,46
Indicadores ao final da obra (kWh consumido por m ² construído, de acordo com equação 2)	1,7006	2,5936	2,5398

Fonte: Autor, 2019.

Na tabela 4, verifica-se que o indicador de consumo de energia na obra “A” foi inferior às demais obras. Isso ocorre devido à fase da obra que, similar ao consumo de água, ainda serão realizadas atividades que utilizam maquinário e consumo de energia elétrica. As atividades envolvem, por exemplo, execução de emboço (utiliza betoneira), revestimentos (utilização de serras e outros equipamentos cortantes), além da constante utilização de elevadores e iluminação dos ambientes.

Com o auxílio do software Action Stat, foi realizada análise estatística dos dados obtidos para o consumo de energia elétrica nas 03 obras, cujos resultados estão nas tabelas 5 e 6:

Tabela 5 – CEP – Análise de valores individuais do consumo de energia

Parâmetro	Valor calculado
Limite Superior de Controle (LSC)	225,4787
Limite Central (LC)	143,7724
Limite Inferior de Controle (LIC)	62,06607

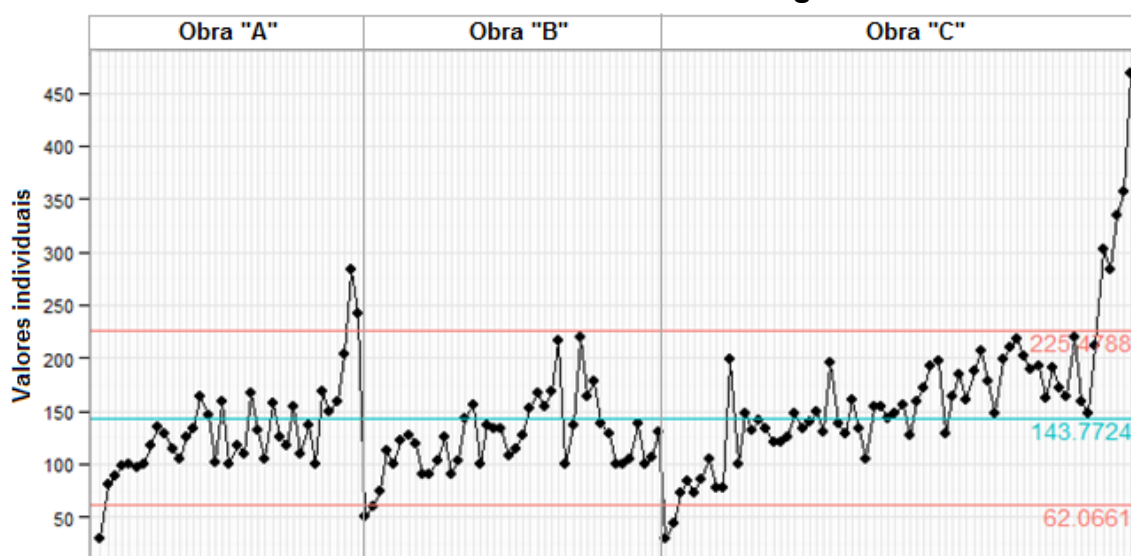
Fonte: Autor, 2019.

Tabela 6 – CEP – Análise de amplitudes móveis do consumo de energia

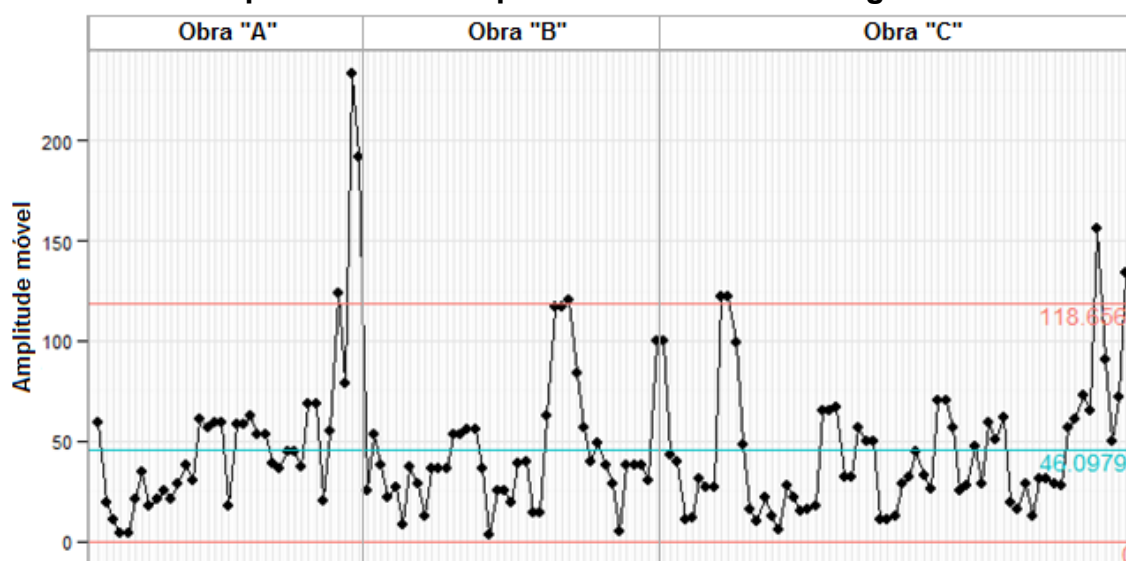
Parâmetro	Valor calculado
Limite Superior de Controle (LSC)	118,6560
Limite Central (LC)	46,09790
Limite Inferior de Controle (LIC)	0
Desvio padrão	27,23544

Fonte: Autor, 2019.

Com o auxílio do software Action Stat, foram gerados os gráficos 9 e 10, que representam o controle para valores individuais e amplitude móvel, respectivamente.

Gráfico 9 – Valores individuais de consumo de energia elétrica

Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 10 – Amplitudes móveis para o consumo de energia elétrica

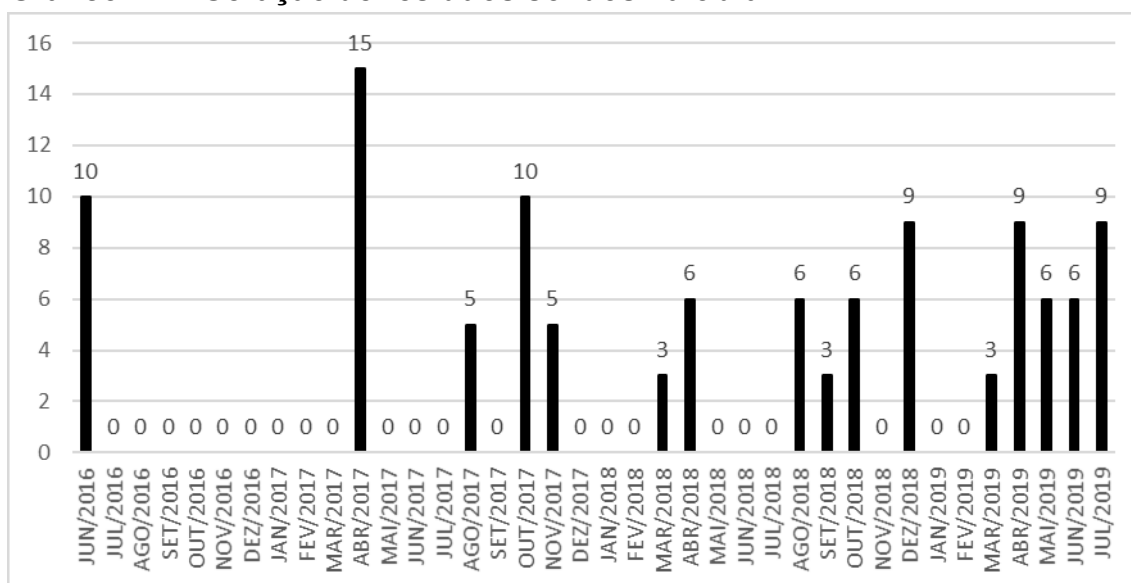
Fonte: Autor, 2019.

Analisando o gráfico 9, constata-se que as três obras apresentaram pontos de não conformidade abaixo do Limite Inferior de Controle. Todos esses pontos ocorreram no início da obra, sugerindo-se que eram realizadas atividades de limpeza de terreno e outras que não exigem elevado consumo de água. No que se refere ao Limite Superior de Controle, apenas as obras “A” e “C” apresentaram pontos de não conformidade, enquanto que a obra “B” manteve as demais medições muito próximas, mas não superiores. Os pontos que ultrapassaram esse limite ocorreram no final da obra, em momento de mudança dos moradores, sugerindo constante utilização de elevadores e equipamentos que consomem energia elétrica, inclusive para iluminação. Já no gráfico 10, as oportunidades são as mesmas já identificadas e discutidas no gráfico 9.

6.2 Indicadores da geração de resíduos sólidos

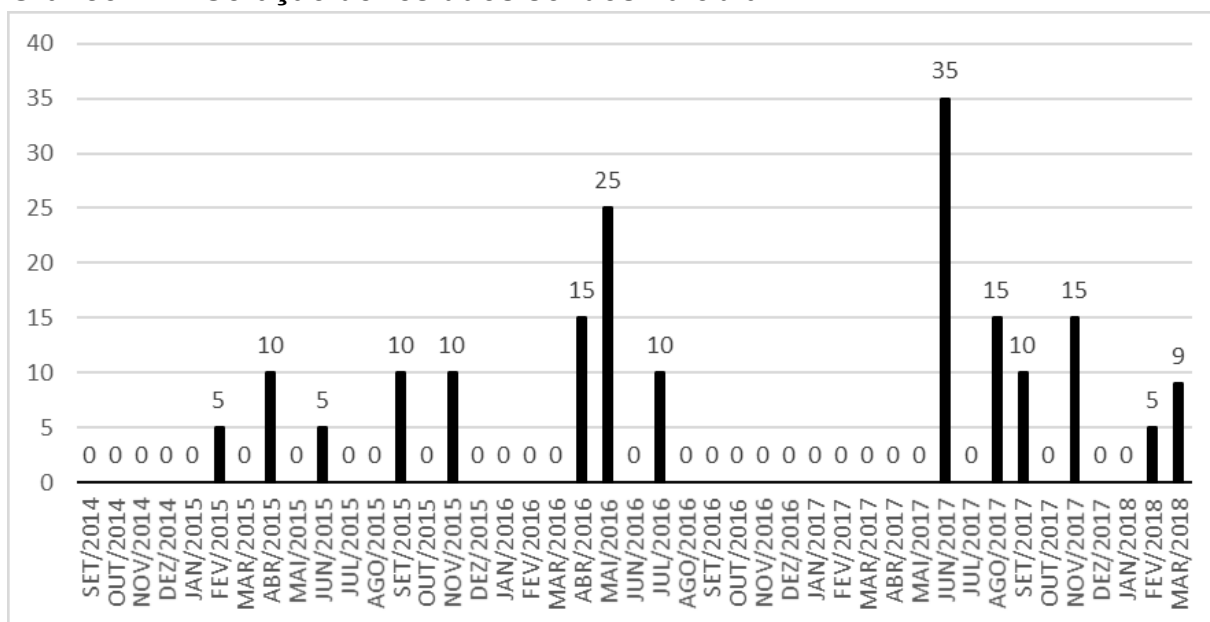
Para a quantificação da geração de resíduos sólidos, foi realizado um levantamento com base no volume de caçambas locadas para execução da obra. Esse levantamento foi feito com base no arquivo de movimentos da obra, o qual está em posse da construtora. Como a medição foi feita pelo volume de caçambas locadas, a mesma foi registrada apenas no momento do pagamento. Dessa forma, alguns meses aparecerão com o valor “0” nos gráficos. Isso não significa que não houve geração naquele mês, mas sim que não houve faturamento da caçamba no mesmo.

O gráfico 11 representa a geração de resíduos sólidos na obra “A”, num período de junho de 2016 até julho de 2019 (38 meses), cuja média simples resulta em uma geração de aproximadamente $2,921\text{m}^3$ por mês. A quantidade gerada até o momento da última medição foi de 111m^3 .

Gráfico 11 – Geração de resíduos sólidos na obra “A”

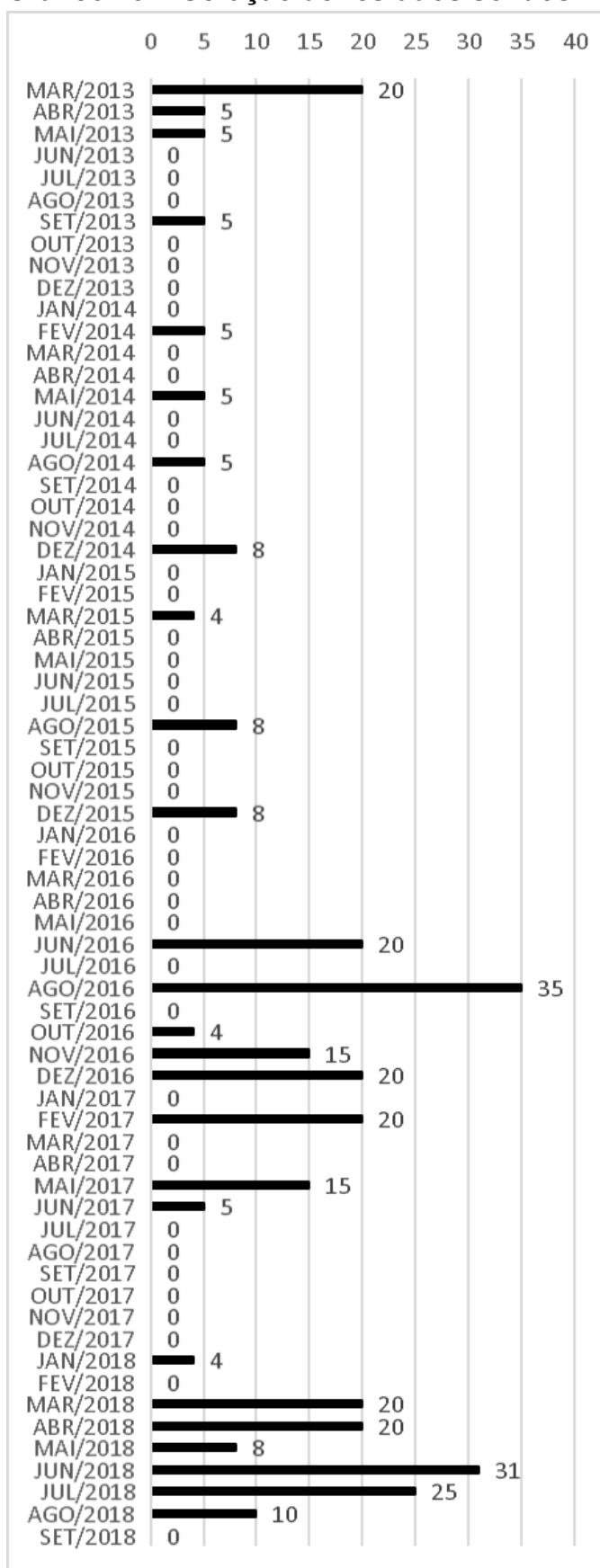
Fonte: Autor, 2019.

O gráfico 12 representa a geração de resíduos sólidos na obra “B”, no período de setembro de 2014 até março de 2018 (43 meses), cuja média simples resulta em uma geração de aproximadamente 4,163m³ por mês. O total gerado foi de 179m³.

Gráfico 12 – Geração de resíduos sólidos na obra “B”

Fonte: Autor, 2019.

O gráfico 13 representa a geração de resíduos sólidos na obra “C”, no período de março de 2013 até setembro de 2018 (67 meses), cuja média simples resulta em uma geração de aproximadamente 4,925m³ por mês. O total gerado foi de 330m³.

Gráfico 13 – Geração de resíduos sólidos na obra “C”

Fonte: Autor, 2019.

Com o levantamento do quantitativo em questão, é possível aplicar o indicador de geração de resíduos previsto no PBQP-H. Dessa forma, a tabela 7 traz, de maneira resumida, os dados referentes à geração nas três diferentes obras.

Tabela 7 – Cálculo dos indicadores da geração de resíduos sólidos

Descrição	OBRA		
	A	B	C
Volume total de resíduos sólidos gerados (m ³)	111	179	330
Área construída (m ²)	2.855,97	2.012,62	4.240,46
Indicadores ao final da obra (m ³ de resíduos por m ² construído, de acordo com a equação 3)	0,03886	0,08893	0,07782

Fonte: Autor, 2019.

Na tabela 7, verifica-se que o índice de resíduos sólidos por m² da obra “A” é inferior ao das demais obras. Isso se deve ao fato de a obra estar em fase de acabamento, enquanto que as outras já estão acabadas. Isso implicará na geração de mais resíduos provenientes de argamassas e revestimentos, bem como suas embalagens.

Com o auxílio do software Action Stat, foi realizada análise estatística dos dados obtidos da geração de resíduos sólidos nas 03 obras, cujos resultados estão nas tabelas 8 e 9:

Tabela 8 – CEP – Análise de valores individuais para geração de resíduos

Parâmetro	Valor calculado
Limite Superior de Controle (LSC)	19,6313
Limite Central (LC)	4,18918
Limite Inferior de Controle (LIC)	-11,2530

Fonte: Autor, 2019.

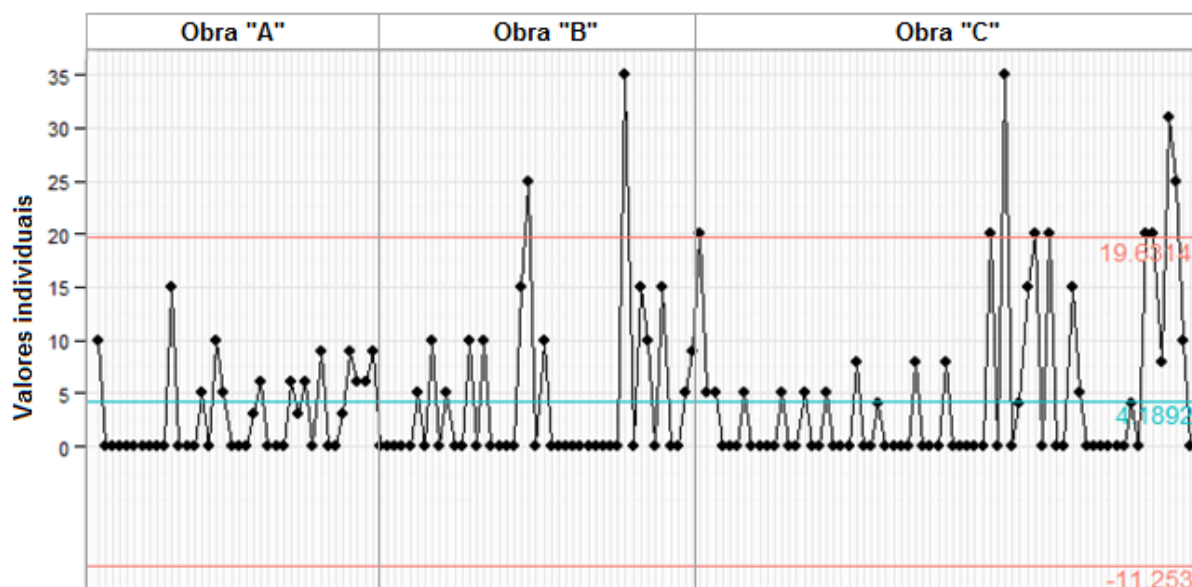
Tabela 9 – CEP – Análise de amplitudes móveis da geração de resíduos

Parâmetro	Valor calculado
Limite Superior de Controle (LSC)	22,4255
Limite Central (LC)	8,71232
Limite Inferior de Controle (LIC)	0
Desvio padrão	5,14739

Fonte: Autor, 2019.

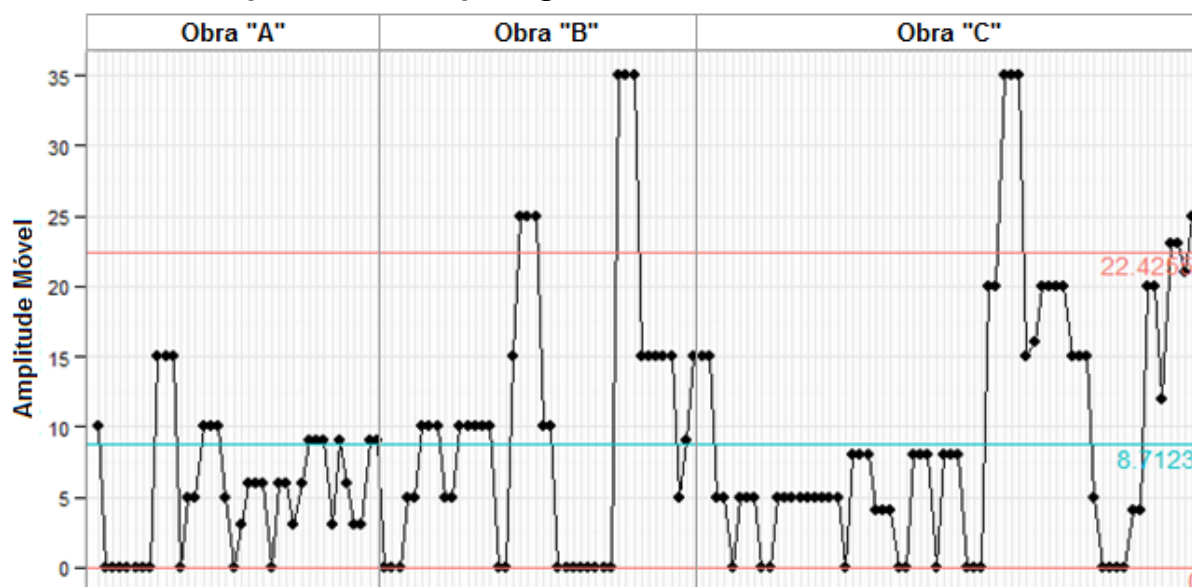
Com os limites exibidos nas tabelas 8 e 9, e com as medições mensais, foram gerados com o auxílio do software Action Stat os gráficos 14 e 15, que representam o controle para valores individuais e para amplitude móvel, respectivamente.

Gráfico 14 – Valores Individuais da geração de resíduos sólidos



Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 15 – Amplitude Móvel para geração de resíduos sólidos



Fonte: Autor, 2019.

Observa-se, nos gráficos 14 e 15, que nenhuma das obras obtiveram medições abaixo do Limite Inferior de Controle. Como as caçambas de resíduos sólidos eram retiradas conforme seu preenchimento, alguns meses obtiveram medição igual a "0". Entretanto, o que foi gerado nesses meses foi medido apenas quando a caçamba

estava completa, implicando em uma medição conjunta com outros meses. De maneira geral, as medições ficaram próximas ao Limite Central, sugerindo um bom desempenho nas obras. Os pontos de não conformidade acima do Limite Superior de Controle se devem ao acúmulo de caçambas para realização da medição, implicando em picos nas análises estatísticas, porém não houve excedente de geração de resíduos sólidos nos meses em questão.

7 CONCLUSÃO

As obras “A”, “B” e “C” são empreendimentos com características semelhantes. As equipes trabalhadoras receberam os mesmos treinamentos, o que sugere que os desempenhos devem ser semelhantes.

Os consumos mensais médios de água das obras “A”, “B” e “C” foram de, respectivamente, 14,24, 16,26 e 17,23 m³. Nota-se que os valores são próximos, exceto para a obra “A”, que apresenta um consumo inferior às demais obras, devido à sua fase construtiva. Essa obra está em fase de revestimentos e acabamento, que utilizará água na composição de emboço, reboco e argamassas para assentamento de pisos e azulejos. Por meio da análise com o CEP, é possível constatar que quase todos os pontos estão próximos à linha central de controle, sugerindo uniformidade. As não conformidades (pontos fora dos limites de controle) surgem nos períodos iniciais e finais da obra, associadas à fase (limpeza de canteiro e serviços preliminares sugerem baixo consumo, enquanto que aplicação de revestimentos e início da mudança dos moradores sugerem alto consumo).

Os consumos mensais médios de energia elétrica nas obras “A”, “B” e “C” foram de, respectivamente, 131,27, 124,29 e 163,18 kWh. As obras “A” e “B” possuem valores relativamente próximos, enquanto que a obra “C” apresenta diferença considerável, em virtude da constante utilização de elevadores. Por meio do CEP, é possível constatar que a maioria dos pontos está próxima da linha central das cartas de controle. As maiores diferenças surgem nas últimas medições. Na obra “C”, as últimas medições foram realizadas quando alguns moradores já estavam realizando suas mudanças, o que impacta no consumo de energia elétrica devido ao constante uso de elevadores, iluminação e aparelhos de ar condicionado.

A geração média mensal de resíduos sólidos das obras “A”, “B” e “C” foram de, respectivamente, 2,9, 4,2 e 4,9 m³. Embora os gráficos apresentem alguns meses com medições “0”, isso não significa que não houve geração naqueles meses. Isso se deve ao fato de as medições serem realizadas com base no volume das caçambas locadas, que eram registradas apenas no momento de seu faturamento. As obras “B” e “C” possuem valores médios próximos, enquanto que a obra “A” tem a geração notavelmente inferior, devido à sua fase construtiva. Os valores exibidos no CEP estão, em grande parte, próximos à linha central. A diferença da obra “A” com relação às demais se deve à fase construtiva da mesma, uma vez que ainda não foram

iniciadas as aplicações de revestimentos, piso cerâmico, entre outros. As aplicações implicarão na geração de resíduos provenientes de emboço, e também de embalagens dos produtos utilizados.

Dessa forma, é possível concluir que, embora haja alguns poucos pontos de não conformidade, as obras apresentaram um desempenho satisfatório quando comparadas entre si. Os indicadores calculados sugerem que as obras seguem um mesmo padrão com relação ao consumo de água, energia elétrica e geração de resíduos sólidos. Devido à dificuldade em encontrar pesquisas e trabalhos externos, não há um índice de referência para comparar se as obras estão abaixo, dentro ou acima da média.

REFERÊNCIAS

ABREU, W. G. **Manutenção Predial Sustentável: diretrizes e práticas em shopping centers**. Dissertação (mestrado). 2012. 150f. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Niterói, Universidade Federal Fluminense. Disponível em: <http://www.poscivil.uff.br/sites/default/files/dissertacao_tese/disseracaoformatada.pdf>. Acessado em: 24/04/2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO - ABRECON. **A história do entulho**. 2019. Disponível em: <<https://abrecon.org.br/entulho/historia-do-entulho/>>. Acessado em: 21/06/2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.004. Resíduos sólidos - Classificação**. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.900. Água para amassamento do concreto**. 2009.

BARDHAN, S. Assessment of Water Resource Consumption in Building Construction in India. **Ecosystems and Sustainable Development VIII**, v. 144, p. 93-102, 2011.

BRASIL, Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC. **CUB Médio Brasil**. 2016. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/Release_CUB_Brasil_maio_2016_1.docx>. Acessado em: 15/06/2019.

CAMPO MOURÃO, Lei Municipal N° 3.898 de 08 de fevereiro de 2018 - **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS)**.

DANTAS, J. **Uso eficiente da água: aspectos teóricos e práticos**. Campina Grande, Paraíba – 2008. Disponível em: <<http://www.eumed.net/libros-gratis/2008c/447/#indice>>. Acessado em: 15/05/2019.

KARPINSKI, L. A.; [et al.]. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil : uma abordagem ambiental**. – Porto Alegre: Edipucrs, 2009. 163 p. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/orgaos/edipucrs/gestaoderesiduos.pdf>>. Acessado em 26/04/2019.

LORDÉLO, Patrícia M.; EVANGELISTA, Patrícia P. A.; FERRAZ, Tatiana G. A. **Programa de Gestão de Resíduos em Canteiros de Obras: Método, Implantação e Resultados**. Em: IV ENCONTRO NACIONAL E II ENCONTRO LATINO-

AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, ELECS, 2007.

MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F; BRANDLI, L.L. **Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/321429783_Consumo_de_agua_e_energia_em_canteiros_de_obra_um_estudo_de_caso_do_diagnostico_a_acoes_visando_a_sustentabilidade>. Acessado em: 19/04/2019.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação.** 2002. 206p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), São Carlos (SP). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/269634191_Residuos_solidos_e_sustentabilidade_principios_indicadores_e_instrumentos_de_acao>. Acessado em: 21/06/2019.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros.** 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. 189f. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PRIORI, Luiz. **Estudo exploratório sobre gestão mais sustentável em canteiros de obras na Região Metropolitana do Recife.** 2011. 347f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco.

PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT – PBQP-H. **Sistema de Avaliação da Conformidade de Serviços e Obras.** Portaria 383. 2018. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_siac.php>. Acessado em: 21/06/2019.

RESOLUÇÃO CONAMA 307/02 - **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** 2002. 7f.

RIBEIRO, J. L. D.; SHWENGBER TEN CATEN, C. **Controle Estatístico do Processo - Cartas de Controle para Variáveis, Cartas de Controle para Atributos, Função de Perda Quadrática, Análise de Sistemas de Medição.** Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012. 172p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título. IV. Série CDU-519.2.

SOFTPLAN. SIENGE. **Impactos ambientais causados pela construção civil.** 2017. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/impactos-ambientais-causados-pela-construcao-civil/>>. Acessado em: 20/06/2019.