

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

Frederico Julio Ludovico

Análise Exploratória de Dados (EDA) do Consumo de Energia
Elétrica de um Shopping Center

São Carlos

2018

Frederico Julio Ludovico

Análise Exploratória de Dados (EDA) do Consumo de Energia Elétrica de um Shopping Center

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista/Eletrônico.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Dias Maciel

São Carlos

2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

L946a Ludovico, Frederico
Análise exploratória de dados (EDA) do consumo de
energia elétrica de um shopping center / Frederico
Ludovico; orientador Carlos Maciel. São Carlos, 2018.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Eletrônica) -- Escola de Engenharia de São
Carlos da Universidade de São Paulo, 2018.

1. Análise exploratória de dados. 2. Consumo de
energia elétrica. 3. Consumo de energia de shopping
center. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Frederico Julio Ludovico

Título: “Análise Exploratória de Dados (EDA) do consumo de energia elétrica de um Shopping Center”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 21 / 11 / 2018,

com NOTA 7,5 (sete, cinco), pela Comissão Julgadora:

Prof. Associado Carlos Dias Maciel - Orientador - SEL/EESC/USP

Mestre Talysson Manoel de Oliveira Santos - Doutorando - SEL/EESC/USP

Mestre Victor Hugo Batista Tsukahara - Doutorando - SEL/EESC/USP

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Rogério Andrade Flauzino

*Este trabalho é dedicado
aos meus pais, pelo apoio
incondicional ao longo
desta jornada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Dias Maciel, por todo conhecimento compartilhado, assim como suas observações e orientações que tornaram a execução deste trabalho possível.

Agradeço aos meus pais, Angela e Sávio, e a minha irmã, Flávia, por todo amor e carinho durante toda minha vida. Agradeço também por sempre terem me dado forças e apoio nos momentos mais difíceis.

À minha namorada, Julia, e aos meus amigos, por todo o companheirismo e amizade.

Aos professores e funcionários da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Ao Shopping Jaraguá Araraquara, por ter me permitido utilizar os dados de consumo de energia elétrica para este trabalho.

Resumo

LUDOVICO, F. J. **Análise Exploratória de Dados (EDA) do Consumo de Energia Elétrica de um Shopping Center**. 2018. 54p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

O consumo de energia elétrica de um shopping center é a maior despesa contabilizada no orçamento, ocupando cerca de 15% do total. Visando entender melhor esse consumo, foi decidido empregar a análise exploratória de dados (EDA) para estabelecer padrões do consumo do shopping, verificar a eficiência das medidas adotadas até o momento para economizar energia e, se possível, pensar em novas soluções para aumentar a economia.

Para efetuar este trabalho, um código foi implementado em Python, com auxílio das bibliotecas pandas e matplotlib, para carregar uma planilha de dados do consumo de energia elétrica do shopping. Foram gerados gráficos de progressão do consumo, histogramas, valores máximos e mínimos do consumo e também foram calculados os valores de consumo médio, variância e desvio-padrão.

Com os resultados obtidos, foi possível fazer uma análise conclusiva sobre o consumo de energia do shopping, verificando a influência da sazonalidade, comprovando que algumas medidas tomadas resultaram em economia e identificando uma menor eficiência energética de um equipamento.

Palavras-chave: Análise exploratória de dados. Consumo de energia elétrica.

Abstract

LUDOVICO, F. J. **Exploratory Data Analysis (EDA) of the Electric Energy Consumption of a Shopping Center**. 2018. 50p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

The electric energy consumption of a shopping center is the largest expense accounted for in the budget, occupying around 15% of the total. In order to better understand this consumption, it was decided to use the exploratory data analysis (EDA) to establish patterns of consumption of the shopping center, to verify the efficiency of the measures adopted so far to save energy and, if possible, to think of new solutions to increase the economy.

In order to carry out this work, a code was implemented in Python, with the help of the libraries pandas and matplotlib, to load a worksheet of data of the electric energy consumption of the shopping center. Graphs of consumption progression, histograms, maximum and minimum consumption values were generated, and the mean consumption, variance and standard deviation values were also calculated.

With the results obtained, it was possible to make a conclusive analysis about the energy consumption of the shopping center, verifying the influence of the seasonality, proving that some measures taken resulted in economy and identifying a lower energy efficiency of an equipment.

Keywords: Exploratory data analysis. Electrical energy consumption.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa demonstrativo do shopping e da área que cada subestação atende	23
Figura 2 - Código para importar as bibliotecas e carregar o arquivo de Excel	31
Figura 3 - Código para plotar a progressão do consumo total da SE01 e o histograma de consumo	31
Figura 4 - Código para separar os 5 maiores e os 5 menores valores de consumo	32
Figura 5 - Códigos para calcular média, variância e desvio padrão	32
Figura 6 - Código implementado para obter as informações da SE02	32
Figura 7 - Código implementado para obter as informações da SE03	33
Figura 8 - Código implementado para obter as informações do consumo do condomínio	33
Figura 9 - Progressão do consumo da SE01 durante os 20 meses em estudo	34
Figura 10 - Histograma do consumo da SE01	35
Figura 11 - Gráfico dos 5 meses que a SE01 mais consumiu energia	36
Figura 12 - Valores em KWh dos 5 meses que apresentaram maior consumo da SE01	36
Figura 13 - Gráfico dos 5 meses que a SE01 teve menor consumo de energia	37
Figura 14 - Valores em KWh dos 5 meses com menor consumo de energia da SE01	37
Figura 15 - Valores obtidos da média, variância e desvio padrão da SE01	38
Figura 16 - Progressão do consumo da SE02 durante os 20 meses em estudo	38
Figura 17 - Histograma do consumo de energia da SE02	39
Figura 18 - Gráfico com os 5 meses de maior consumo da SE02	40
Figura 19 - Valores em KWh dos 5 meses de maior consumo SE02	40
Figura 20 - Gráfico dos 5 meses de menor consumo da SE02	41

Figura 21 - Valores em KWh dos 5 meses de menor consumo da SE02	41
Figura 22 - Valores de média, variância e desvio padrão do consumo da SE02	42
Figura 23 - Progressão do consumo da SE03 durante os 20 meses de estudo	42
Figura 24 - Histograma do consumo de energia da SE03	43
Figura 25 - Gráfico com os 5 meses de maior consumo de energia da SE03	44
Figura 26 - Valores em KWh dos 5 meses de maior consumo da SE03	44
Figura 27 - Gráfico com os 5 meses de menor consumo de energia da SE03	45
Figura 28 - Valores em KWh dos 5 meses de menor consumo da SE03	45
Figura 29 - Valores de média, variância e desvio padrão do consumo da SE03	46
Figura 30 - Progressão do consumo do condomínio durante os 20 meses de estudo	46
Figura 31 - Histograma do consumo de energia do condomínio	47
Figura 32 - Gráfico com os 5 meses de maior consumo de energia do condomínio ...	48
Figura 33 - Valores em KWh dos 5 meses de maior consumo do condomínio	48
Figura 34 - Gráfico com os 5 meses de menor consumo de energia do condomínio...	49
Figura 35 - Valores em KWh dos 5 meses de menor consumo do condomínio	49
Figura 36 - Valores de média, variância e desvio padrão do consumo do condomínio	50
Figura 37 - Gráfico de temperaturas de março de 2018 em Araraquara	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de consumo da SE01	28
Tabela 2 - Tabela de consumo da SE02	29
Tabela 3 - Tabela de consumo da SE03	29
Tabela 4 - Tabela de consumo do condomínio	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EDA	-	Exploratory Data Analysis
SE	-	Subestação de Energia
CAG	-	Central de Água Gelada

SUMÁRIO

1. Introdução	22
1.1 Motivação	24
1.2 Objetivos	24
1.3 Organização do trabalho	25
2. Análise Exploratória de Dados	26
3. Metodologia e Materiais	28
4. Resultados	34
4.1 Dados de consumo da SE01	34
4.2 Dados de consumo da SE02	38
4.3 Dados de consumo da SE03	42
4.4 Dados de consumo do condomínio	46
4.5 Análise dos resultados obtidos	50
5. Discussões e conclusões	52
6. Referências bibliográficas	53

Capítulo 1

Introdução

O alvo de estudo deste trabalho é o consumo de energia elétrica do Shopping Jaraguá Araraquara. Inaugurado em 2001, o shopping é um empreendimento do Grupo SolPanamby e foi instalado de forma estratégica em uma área de influência de 14 municípios. Durante esse período, o shopping passou por três ampliações, sendo a mais recente em 2015 onde dobrou de tamanho. Localizado em uma região considerada polo técnico e de inovação, consegue atender aproximadamente 1 milhão de pessoas, considerando a população de Araraquara e das cidades vizinhas.

O shopping Jaraguá Araraquara possui 03 unidades consumidoras de energia, as subestações. Uma subestação de energia é uma instalação elétrica de alta potência que recebe da distribuidora, no caso CPFL Paulista, energia elétrica em alta tensão e é responsável por abaixar a tensão e fazer a distribuição, nesse caso para as áreas e lojas do shopping. As subestações de energia (SEs) do shopping são nomeadas da seguinte maneira: SE 01 (unidade consumidora 32871414), SE 02 (unidade consumidora 33941637) e SE 03 (unidade consumidora 4001098968).

A subestação 01 é por onde se recebe a energia da distribuidora CPFL, e repassa para as subestações 02 e 03 e a distribui para parte do shopping. A energia elétrica chega em 11,9 kV e é distribuída para o shopping em 380V trifásico e 220V monofásico. É responsável por alimentar as lojas e corredores (com exceção de um único corredor, as lojas situadas no mesmo incluindo uma loja âncora, e 3 outras lojas âncoras) da parte antiga do shopping (área anterior a expansão de 2015), a CAG 1 (central de água gelada), que é o sistema de ar condicionado também da parte antiga do shopping, estacionamento inferior e praça de alimentação.

A SE 02 recebe da SE 01 a energia elétrica também a 11,9 kV e distribui para o shopping pelos mesmos 380V trifásico e 220V monofásico. Esta subestação é responsável por alimentar 4 lojas âncoras, um corredor da parte antiga do shopping com suas respectivas lojas e o sistema de ar condicionado deste corredor. Este corredor, ilustrado na figura 1 e demarcado em laranja, é uma exceção no shopping, não sendo refrigerado pelo sistema geral de ar condicionado, e sim por um sistema de ar condicionado *self contained*.

Assim como a SE 02, a SE 03 recebe a energia a 11,9kV e distribui a 380V trifásico e 220V monofásico. É responsável por alimentar todas as lojas da área nova do shopping, incluindo 04 lojas âncoras, 3 mega lojas, cinema, CAG 2, que é o sistema de ar condicionado de toda a parte nova do shopping, praça de eventos e pátio superior do estacionamento.

Na figura 1, temos um mapa do shopping descrevendo as áreas que cada subestação abastece.

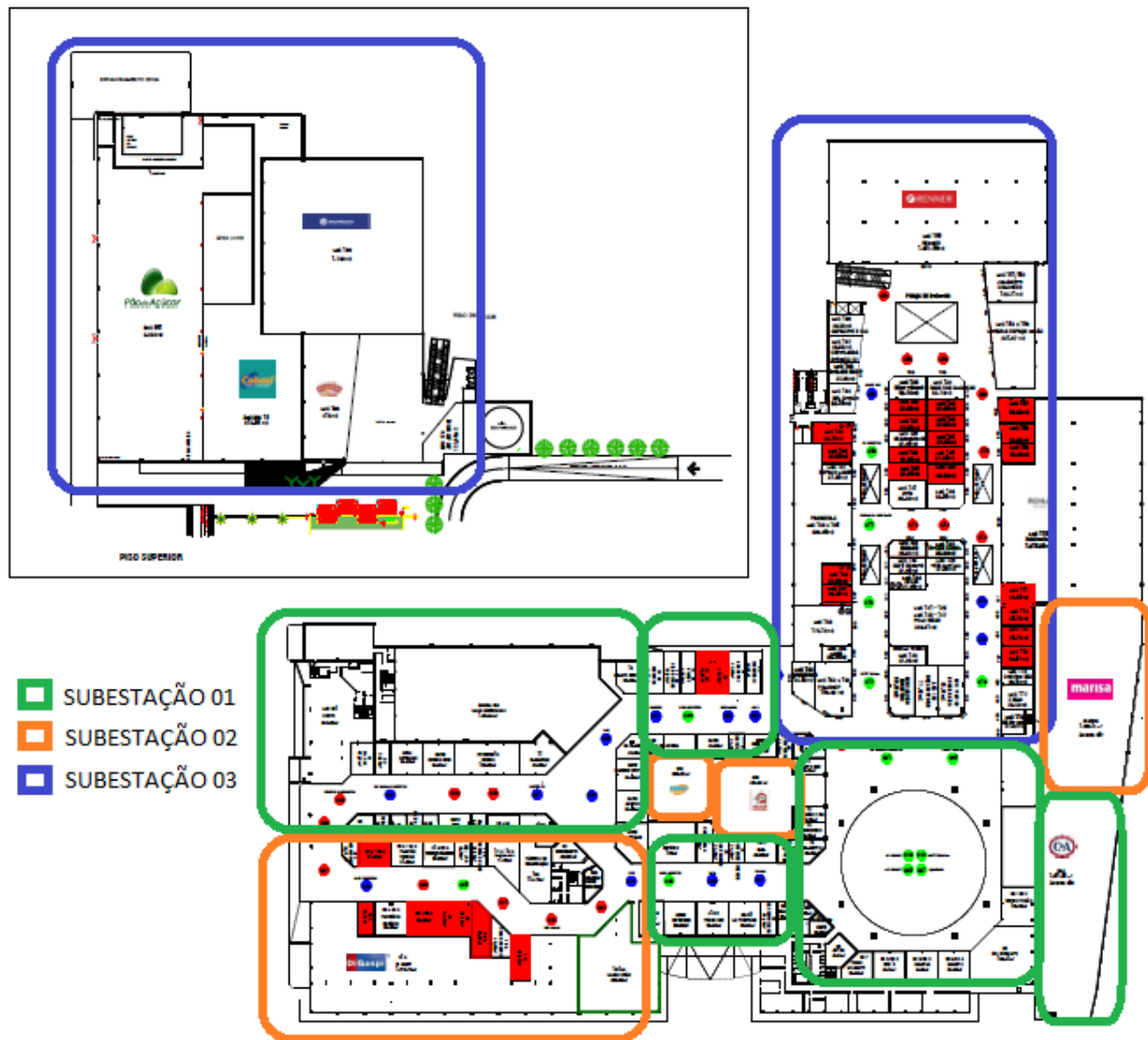


Figura 1 – Mapa demonstrativo do shopping e da área que cada subestação atende.

O conceito de condomínio para um shopping center funciona da mesma maneira que um condomínio de prédios. Fazendo uma analogia, as lojas são os apartamentos e o shopping é o conjunto dos prédios, área comum e estacionamento. O rateio do condomínio paga as despesas de área comum. Neste caso, o consumo de energia elétrica do condomínio se refere ao consumo com iluminação (corredores, banheiros, estacionamento e docas) e com ar condicionado (corredores e banheiros).

Para analisar o consumo de energia do shopping, será utilizada uma técnica de análise de dados chamada Análise Exploratória de Dados (EDA – Exploratory Data

Analysis). Segundo Raniere Ramos em “Qual a importância da análise exploratória de dados?” para o site www.oestatistico.com.br, ciência de análise de dados não consiste apenas em análises complexas como análise de regressão, análise multivariada ou técnicas avançadas de “machine learning”. A EDA é uma ferramenta poderosa que deve ser usada como o primeiro passo para uma melhor eficiência das análises estatísticas. Consiste em empregar uma grande variedade de métodos visuais e quantitativos visando maximizar a obtenção de informações para entender e resumir as características principais de um conjunto de dados sem fazer quaisquer suposições sobre o seu conteúdo.

Portanto, neste trabalho será feita uma Análise Exploratória de Dados do consumo de energia elétrica do Shopping Jaraguá Araraquara. O período de consumo que será analisado é de janeiro de 2017 até agosto de 2018, contabilizando 20 meses.

1.1 Motivação

A maior despesa contabilizada no orçamento de um Shopping Center é a energia elétrica, ocupando em média 15% dos gastos totais mensais. Durante o período de operação, iluminação e ar condicionado são os principais consumidores. Tendo em vista que o horário de funcionamento do Shopping é das 10:00 às 22:00 horas em seis dias por semana (domingos e feriados têm horário reduzido, das 14:00 às 20:00 horas), estes equipamentos operam em média por 312 horas/mês.

Tendo conhecimento destas informações, surge a necessidade de compreender mais à fundo sobre o consumo de energia elétrica. Estabelecer padrões como por exemplo: se é um consumo do tipo “flat”, se varia conforme as épocas do ano e se o alto fluxo de visitantes apresenta alguma influência.

Após os padrões de consumo de energia serem estabelecidos, poderemos verificar a eficácia das medidas de economia implementadas até o momento e pensar em novas soluções para melhorar a eficiência energética dos equipamentos da operação, visando aumentar economia de energia elétrica e consequentemente economia financeira.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é, através da análise exploratória de dados, estabelecer e analisar os padrões do consumo de energia elétrica do Shopping Jaraguá Araraquara, para assim verificar oportunidades de economia de energia e também, se as atitudes

adotadas durante o período de estudo visando a redução do consumo de energia foram eficazes.

1.3 Organização do trabalho

Os capítulos deste trabalho estão divididos da seguinte forma:

- Capítulo 2 apresenta brevemente a teoria de análise exploratória de dados.
- Capítulo 3 apresenta os materiais utilizados e explicação da metodologia empregada.
- Capítulo 4 temos os resultados obtidos e discussão dos mesmos.
- Capítulo 5 apresenta as conclusões e considerações finais do trabalho.

Capítulo 2

EDA – Exploratory Data Analysis

Análise Exploratória de Dados, ou EDA, é um termo que surgiu em 1977 pelo estatístico norte-americano John W. Tukey, que escreveu o livro “Exploratory Data Analysis”. Segundo Tukey, trata-se de uma abordagem estatística de análise preliminar para um conjunto de dados com a finalidade de entender e resumir suas principais características. Tukey incentiva a exploração de dados para formular hipóteses que podem levar a novas coletas de dados e experimentos. É de grande importância para investigar questões específicas ou para preparar modelagens mais avançadas. A EDA utiliza muitas ferramentas de visualização dos dados para avaliar padrões e identificar características de dados, que muitas vezes poderiam não ser notadas sem as mesmas. Através dela é possível identificar os comportamentos médios e discrepantes, compará-los, verificar interdependência entre variáveis e identificar tendências. Com essas informações podemos resumir de maneira rápida e eficiente as informações contidas nos dados.

Os principais métodos de análise em EDA geralmente utilizam:

- Histogramas (distribuição de frequências)
- Box plot (diagrama de caixa)
- Gráficos de simetria
- Diagrama de pontos

Segundo Chloe Mawer na publicação “The value of Exploratory Data Analysis”, do site www.svds.com/value-exploratorydata-analysis/, através desses e outros métodos, podemos validar suposições e identificar padrões que nos ajudarão a compreender o problema e garantir uma análise de alta qualidade, validando que os dados foram gerados da maneira esperada. Também, nos ajudará a encontrar parâmetros para cada uma das variáveis, como média, mediana, moda, percentis, quartis, mínimo, máximo, amplitude, desvio-padrão, variância e coeficiente de variação.

Neste trabalho, os parâmetros obtidos e analisados foram:

- Média: medida de tendência central que indica o valor onde estão concentrados os dados de um conjunto de valores, representando um valor significativo para o mesmo.

$$\mu = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$$

- Mínimo: valor mínimo de um conjunto de dados: X_{\min}

- Máximo: valor máximo de um conjunto de dados: $X_{\text{máx}}$
- Desvio-padrão: medida de dispersão que indica quanto os dados estão afastados da média. Um valor de desvio padrão alto indica que os valores estão mais espalhados, mais longe da média, e um desvio padrão baixo indica que os valores estão mais próximos da média.

$$S(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

- Variância: medida de dispersão que mostra o quão distante cada valor do conjunto está do valor esperado.

$$S^2(X) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}$$

Capítulo 3

Metodologia e Materiais

Foi utilizada uma planilha elaborada em Excel contendo as informações de consumo das 3 subestações do shopping e do consumo do condomínio. As tabelas 1, 2, 3 e 4 nos mostram os consumos de energia elétrica das subestações 01, 02, 03 e do condomínio respectivamente. O código para análise da planilha foi implementado em Python 3.7, através do software Spyder, com auxílio das bibliotecas Pandas e Matplotlib. Pandas é uma biblioteca open source que fornece ferramentas para análise de dados em Python. Matplotlib é uma biblioteca para plotar gráficos em Python. No código implementado, o arquivo em Excel contendo o consumo das subestações e do condomínio do shopping foi carregado para análise.

UNIDADE CONSUMIDORA 32871414 - SUBESTAÇÃO 01					
Tarifa A4 Azul - CPFL Paulista					
ANO	MÊS	CONSUMO PONTA (KWh)	CONSUMO FORA PONTA (KWh)	CONSUMO TOTAL (KWh)	VALOR CONTA
2017	Janeiro	27.380,00	251.660,00	279.040,00	R\$ 153.407,38
2017	Fevereiro	24.820,00	239.500,00	264.320,00	R\$ 144.501,99
2017	Março	23.840,00	252.380,00	276.220,00	R\$ 152.334,89
2017	Abril	24.140,00	226.600,00	250.740,00	R\$ 140.308,30
2017	Maiο	23.760,00	246.740,00	270.500,00	R\$ 128.629,71
2017	Junho	24.340,00	198.320,00	222.660,00	R\$ 127.382,40
2017	Julho	23.960,00	196.660,00	220.620,00	R\$ 120.658,37
2017	Agosto	22.480,00	168.100,00	190.580,00	R\$ 110.230,43
2017	Setembro	23.620,00	214.540,00	238.160,00	R\$ 130.159,86
2017	Outubro	22.340,00	202.600,00	224.940,00	R\$ 123.423,84
2017	Novembro	23.720,00	244.160,00	267.880,00	R\$ 146.932,91
2017	Dezembro	25.620,00	273.480,00	299.100,00	R\$ 160.723,86
2018	Janeiro	24.060,00	238.700,00	262.760,00	R\$ 139.237,68
2018	Fevereiro	22.920,00	228.000,00	250.920,00	R\$ 127.869,52
2018	Março	25.420,00	271.580,00	297.000,00	R\$ 138.261,85
2018	Abril	24.420,00	244.020,00	268.440,00	R\$ 136.901,81
2018	Maiο	22.600,00	209.980,00	232.580,00	R\$ 139.560,29
2018	Junho	22.540,00	205.060,00	227.600,00	R\$ 134.439,91
2018	Julho	23.240,00	177.020,00	200.260,00	R\$ 126.839,94
2018	Agosto	22.140,00	169.200,00	191.340,00	R\$ 123.914,08

Tabela 1 – Tabela de consumo da SE01.

UNIDADE CONSUMIDORA 33941637 - SUBESTAÇÃO 02					
Tarifa A4 Verde - CPFL Paulista					
ANO	MÊS	CONSUMO PONTA (KWh)	CONSUMO FORA PONTA (KWh)	CONSUMO TOTAL (KWh)	VALOR CONTA
2017	Janeiro	5.170,00	28.630,00	33.800,00	R\$ 22.104,35
2017	Fevereiro	4.445,00	26.075,00	30.520,00	R\$ 20.160,14
2017	Março	4.460,00	27.210,00	31.670,00	R\$ 20.641,67
2017	Abril	4.235,00	24.820,00	29.055,00	R\$ 19.649,43
2017	Mai	3.485,00	25.265,00	28.750,00	R\$ 16.851,13
2017	Junho	2.750,00	18.405,00	21.155,00	R\$ 14.981,06
2017	Julho	2.540,00	17.235,00	19.775,00	R\$ 13.602,00
2017	Agosto	2.122,70	14.087,70	16.210,40	R\$ 11.703,36
2017	Setembro	2.126,80	16.771,40	18.898,20	R\$ 12.908,30
2017	Outubro	2.278,40	14.455,55	16.733,95	R\$ 12.137,47
2017	Novembro	2.587,90	18.381,60	20.969,50	R\$ 15.043,39
2017	Dezembro	3.442,60	26.824,75	30.267,35	R\$ 19.456,17
2018	Janeiro	4.097,40	27.354,30	31.451,70	R\$ 20.027,45
2018	Fevereiro	3.925,20	27.866,35	31.791,55	R\$ 18.956,54
2018	Março	5.282,05	37.691,90	42.973,95	R\$ 23.272,89
2018	Abril	4.172,30	28.756,90	32.929,20	R\$ 20.130,64
2018	Mai	3.348,60	22.455,60	25.804,20	R\$ 18.213,93
2018	Junho	2.309,65	18.665,80	20.975,45	R\$ 14.602,82
2018	Julho	2.775,65	18.483,85	21.259,50	R\$ 15.508,22
2018	Agosto	2.760,15	19.670,70	22.430,85	R\$ 16.499,41

Tabela 2 – Tabela de consumo da SE02.

UNIDADE CONSUMIDORA 4001098968 - SUBESTAÇÃO 03					
Tarifa A4 Verde - CPFL Paulista					
ANO	MÊS	CONSUMO PONTA (KWh)	CONSUMO FORA PONTA (KWh)	CONSUMO TOTAL (KWh)	VALOR CONTA
2017	Janeiro	27.920,00	158.920,00	186.840,00	R\$ 115.937,40
2017	Fevereiro	25.760,00	162.300,00	188.060,00	R\$ 115.875,11
2017	Março	29.220,00	169.040,00	198.260,00	R\$ 126.296,48
2017	Abril	26.440,00	168.920,00	195.360,00	R\$ 111.161,17
2017	Mai	21.260,00	133.840,00	155.100,00	R\$ 89.940,56
2017	Junho	20.440,00	124.800,00	145.240,00	R\$ 92.501,50
2017	Julho	20.329,80	123.738,00	144.067,80	R\$ 86.399,06
2017	Agosto	19.974,00	117.822,60	137.796,60	R\$ 86.049,90
2017	Setembro	24.609,60	158.582,40	183.192,00	R\$ 108.293,35
2017	Outubro	28.579,80	163.965,00	192.544,80	R\$ 116.579,20
2017	Novembro	23.067,00	160.824,60	183.891,60	R\$ 112.038,59
2017	Dezembro	28.579,80	187.853,40	216.433,20	R\$ 131.086,10
2018	Janeiro	23.502,60	147.543,60	171.046,20	R\$ 101.113,79
2018	Fevereiro	23.538,00	159.608,40	183.146,40	R\$ 102.620,03
2018	Março	28.797,00	169.900,80	198.697,80	R\$ 108.295,40
2018	Abril	24.792,60	145.498,20	170.290,80	R\$ 102.309,74
2018	Mai	22.339,20	132.193,80	154.533,00	R\$ 103.495,93
2018	Junho	21.442,20	130.172,40	151.614,60	R\$ 101.247,64
2018	Julho	23.079,00	124.028,40	147.107,40	R\$ 102.181,32
2018	Agosto	21.982,80	121.011,60	142.994,40	R\$ 100.433,93

Tabela 3 – Tabela de consumo da SE03.

CONSUMO TOTAL E CONDOMÍNIO			
ANO	MÊS	CONSUMO TOTAL SEs (KWh)	CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)
2017	Janeiro	499.680,00	193.707,46
2017	Fevereiro	482.900,00	176.896,23
2017	Março	506.150,00	192.193,65
2017	Abril	475.155,00	186.141,95
2017	Maior	454.350,00	165.557,70
2017	Junho	389.055,00	134.413,98
2017	Julho	384.462,80	134.450,92
2017	Agosto	344.587,00	111.338,15
2017	Setembro	440.250,20	159.763,07
2017	Outubro	434.218,75	151.003,78
2017	Novembro	472.741,10	175.872,15
2017	Dezembro	545.800,55	199.162,02
2018	Janeiro	465.257,90	162.656,52
2018	Fevereiro	465.857,95	167.811,88
2018	Março	538.671,75	195.018,90
2018	Abril	471.660,00	167.082,56
2018	Maior	412.917,20	140.455,72
2018	Junho	400.190,05	139.023,11
2018	Julho	368.626,90	122.667,59
2018	Agosto	356.765,25	122.386,33

Tabela 4 – Tabela de consumo do condomínio.

O primeiro passo é importar as bibliotecas Pandas e Matplotlib no script através da função “*import*”. Em seguida, o arquivo de Excel, chamado “Consumo” é carregado no código através da função “*pd.read_excel*”. Depois, são carregadas as 4 planilhas do arquivo “Consumo”. Na figura 2, temos o código implementado nesta etapa.

```
5 @author: Fred
6 """
7
8 import pandas as pd
9 import matplotlib.pyplot as plt
10
11 consumo = pd.read_excel("C:/Users/Fred/Desktop/TCC/Consumo.xlsx")
12 consumo.head()
13 consumo_se1 = pd.read_excel("C:/Users/Fred/Desktop/TCC/Consumo.xlsx", sheet_name=0, index_col=0)
14 consumo_se1.head()
15 consumo_se2 = pd.read_excel("C:/Users/Fred/Desktop/TCC/Consumo.xlsx", sheet_name=1, index_col=0)
16 consumo_se2.head()
17 consumo_se3 = pd.read_excel("C:/Users/Fred/Desktop/TCC/Consumo.xlsx", sheet_name=2, index_col=0)
18 consumo_se3.head()
19 consumo_cond = pd.read_excel("C:/Users/Fred/Desktop/TCC/Consumo.xlsx", sheet_name=3, index_col=0)
20 consumo_cond.head()
```

Figura 2 – Código para importar as bibliotecas e carregar o arquivo de Excel.

Com as informações do arquivo “Consumo” carregadas, podemos começar a explorar os dados fornecidos. Começaremos visualizando a progressão de consumo total da SE01 durante o período de 20 meses através da função “*plot*”. Em seguida, utilizaremos a mesma função para plotar o histograma. O código aparece na figura 3.

```
23 consumo_se1['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(20).plot(kind="line",marker='s',title = "PROGRESSAO CONSUMO(KWh) SE 01 NOS 20 MESES")
24 plt.axis([0,20,180000,300000])
25 plt.xlabel('MESES')
26 plt.show()
27 consumo_se1['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(20).plot(kind="hist", title = "HISTOGRAMA CONSUMO (KWh) SE 01")
28 plt.show()
```

Figura 3 – Código para plotar a progressão do consumo total da SE01 e o histograma de consumo.

Na sequência faremos uma visualização dos 05 meses de maior consumo total da SE01 e os 05 meses de menor consumo utilizando a função “*sort_values*”. A figura 4 mostra como foi implementado.

```

28 maior_consumo_se1 = consumo_se1.sort_values(['CONSUMO TOTAL (KWh)'], ascending=False)
29 print(maior_consumo_se1["CONSUMO TOTAL (KWh)"].head(5))
30 print(maior_consumo_se1.head(5))
31 maior_consumo_se1['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(5).plot(kind="bar", title = "MAIOR CONSUMO (KWh) SE 01")
32 plt.axis([0,5,260000,300000])
33 plt.show()
34 menor_consumo_se1 = consumo_se1.sort_values(['CONSUMO TOTAL (KWh)'], ascending=True)
35 print(menor_consumo_se1["CONSUMO TOTAL (KWh)"].head(5))
36 print(menor_consumo_se1.head(5))
37 menor_consumo_se1['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(5).plot(kind="bar", title = "MENOR CONSUMO (KWh) SE 01")
38 plt.axis([0,5,180000,230000])
39 plt.show()

```

Figura 4 – Código para separar os 5 maiores e os 5 menores valores de consumo.

Por último, calcularemos a média, a variância e o desvio padrão do consumo total da SE01 através das funções “.mean()”, “.var()” e “.std()” respectivamente. O código para tal é de fácil implementação e é mostrado na figura 5.

```

41 print(("Media Consumo Total (KWh): "),consumo_se1['CONSUMO TOTAL (KWh)'].mean())#media
42 print(("Variância Consumo Total: "),consumo_se1['CONSUMO TOTAL (KWh)'].var())#variância
43 print(("Desvio Padrao Consumo Total: "),consumo_se1['CONSUMO TOTAL (KWh)'].std())#desvio padrao

```

Figura 5 – Códigos para calcular média, variância e desvio padrão.

Os mesmos processos empregados para analisar o consumo total da SE01 também foram implementados para analisar o consumo das SE02, SE03 e o consumo do condomínio. Nas figuras 6, 7 e 8 vemos os códigos.

```

45 #SE 2
46 consumo_se2['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(20).plot(kind="line",marker='s',title = "PROGRESSAO CONSUMO(KWh) SE 02 NOS 20 MESES")
47 plt.axis([0,20,15000,43000])
48 plt.xlabel('MESES')
49 plt.show()
50 consumo_se2['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(20).plot(kind="hist", title = "HISTOGRAMA CONSUMO (KWh) SE 02")
51 plt.show()
52 maior_consumo_se2 = consumo_se2.sort_values(['CONSUMO TOTAL (KWh)'], ascending=False)
53 print(maior_consumo_se2["CONSUMO TOTAL (KWh)"].head(5))
54 print(maior_consumo_se2.head(5))
55 maior_consumo_se2['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(5).plot(kind="bar", title = "MAIOR CONSUMO (KWh) SE 02")
56 plt.axis([0,5,30000,43000])
57 plt.show()
58 menor_consumo_se2 = consumo_se2.sort_values(['CONSUMO TOTAL (KWh)'], ascending=True)
59 print(menor_consumo_se2["CONSUMO TOTAL (KWh)"].head(5))
60 print(menor_consumo_se2.head(5))
61 menor_consumo_se2['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(5).plot(kind="bar", title = "MENOR CONSUMO (KWh) SE 02")
62 plt.axis([0,5,15000,22000])
63 plt.show()
64 print(("Media Consumo Total (KWh): "),consumo_se2['CONSUMO TOTAL (KWh)'].mean())#media
65 print(("Variância Consumo Total: "),consumo_se2['CONSUMO TOTAL (KWh)'].var())#variância
66 print(("Desvio Padrao Consumo Total: "),consumo_se2['CONSUMO TOTAL (KWh)'].std())#desvio padrao

```

Figura 6 – Código implementado para obter as informações da SE02.

```

68 #SE 3
69 consumo_se3['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(20).plot(kind="line",marker='s',title = "PROGRESSAO CONSUMO(KWh) SE 03 NOS 20 MESES")
70 plt.axis([0,20,135000,220000])
71 plt.xlabel('MESES')
72 plt.show()
73 consumo_se3['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(20).plot(kind="hist", title = "HISTOGRAMA CONSUMO (KWh) SE 03")
74 plt.show()
75 maior_consumo_se3 = consumo_se3.sort_values(['CONSUMO TOTAL (KWh)'], ascending=False)
76 print(maior_consumo_se3["CONSUMO TOTAL (KWh)"].head(5))
77 print(maior_consumo_se3.head(5))
78 maior_consumo_se3['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(5).plot(kind="bar", title = "MAIOR CONSUMO (KWh) SE 03")
79 plt.axis([0,5,190000,220000])
80 plt.show()
81 menor_consumo_se3 = consumo_se3.sort_values(['CONSUMO TOTAL (KWh)'], ascending=True)
82 print(menor_consumo_se3["CONSUMO TOTAL (KWh)"].head(5))
83 print(menor_consumo_se3.head(5))
84 menor_consumo_se3['CONSUMO TOTAL (KWh)'].head(5).plot(kind="bar", title = "MENOR CONSUMO (KWh) SE 03")
85 plt.axis([0,5,135000,150000])
86 plt.show()
87 print(("Media Consumo Total (KWh): "),consumo_se3['CONSUMO TOTAL (KWh)'].mean())#media
88 print(("Variância Consumo Total: "),consumo_se3['CONSUMO TOTAL (KWh)'].var())#variância
89 print(("Desvio Padrao Consumo Total: "),consumo_se3['CONSUMO TOTAL (KWh)'].std())#desvio padrao

```

Figura 7 – Código implementado para obter as informações da SE03.

```

91 # CONDOMINIO
92 consumo_cond['CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)'].head(20).plot(kind="line",marker='s',title = "PROGRESSAO CONSUMO(KWh) CONDOMINIO NOS 20 MESES")
93 plt.axis([0,20,110000,200000])
94 plt.xlabel('MESES')
95 plt.show()
96 consumo_cond['CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)'].head(20).plot(kind="hist", title = "HISTOGRAMA CONSUMO (KWh) CONDOMINIO")
97 plt.show()
98 maior_consumo_cond = consumo_cond.sort_values(['CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)'], ascending=False)
99 print(maior_consumo_cond["CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)"].head(5))
100 print(maior_consumo_cond.head(5))
101 maior_consumo_cond['CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)'].head(5).plot(kind="bar", title = "MAIOR CONSUMO (KWh) CONDOMINIO")
102 plt.axis([0,5,185000,200000])
103 plt.show()
104 menor_consumo_cond = consumo_cond.sort_values(['CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)'], ascending=True)
105 print(menor_consumo_cond["CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)"].head(5))
106 print(menor_consumo_cond.head(5))
107 menor_consumo_cond['CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)'].head(5).plot(kind="bar", title = "MENOR CONSUMO (KWh) CONDOMINIO")
108 plt.axis([0,5,110000,135000])
109 plt.show()
110 print(("Media Consumo Area Comum (KWh): "),consumo_cond['CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)'].mean())#media
111 print(("Variância Consumo Area Comum: "),consumo_cond['CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)'].var())#variância
112 print(("Desvio Padrao Consumo Area Comum: "),consumo_cond['CONSUMO ÁREA COMUM (KWh)'].std())#desvio padrao

```

Figura 8 – Código implementado para obter as informações do consumo do condomínio.

Capítulo 4

Resultados

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados e os gráficos obtidos pelo código implementado em Python.

4.1 Dados do consumo da SE01.

O primeiro gráfico gerado, visto na figura 9, mostra a progressão do consumo da SE01 de janeiro de 2017 até agosto de 2018. Os meses de agosto/17, dezembro/17, março/18 e agosto/18 recebem destaque por apresentarem os 2 maiores e os 2 menores valores de consumo.

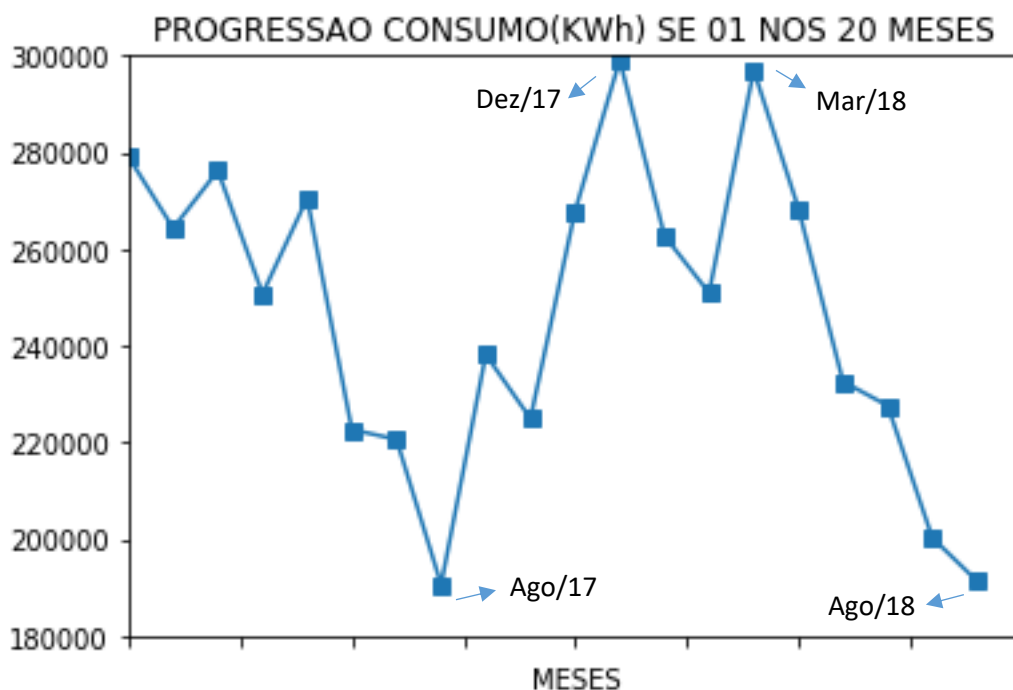


Figura 9 – Progressão do consumo da SE01 durante os 20 meses em estudo.

Depois obtemos o histograma, visto na figura 10, para ver qual a faixa de consumo predominante para a SE01. Podemos observar que o consumo na faixa de 270.000 Kwh é o que apresenta maior frequência, sendo observado 4 vezes. As faixas de consumo de 190.000 KWh e 230.000 KWh ocorreram 3 vezes cada.

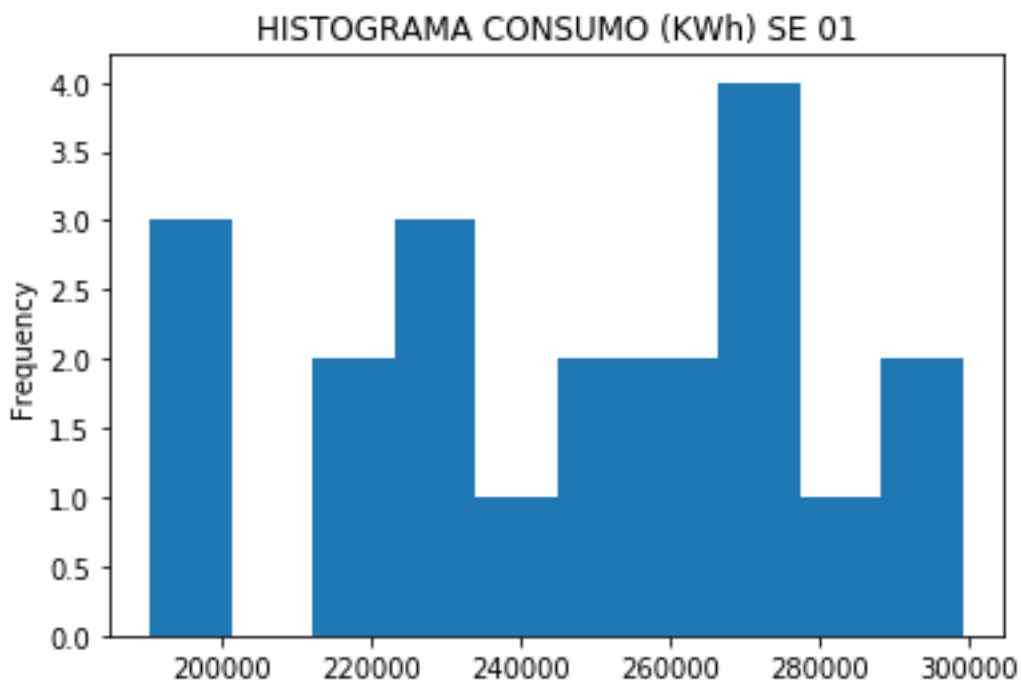


Figura 10 – Histograma do consumo da SE01.

Em seguida, tratamos de observar os valores máximos e mínimos de consumo da SE01. Através das figuras 11 e 12, temos os gráficos dos 5 meses em que a SE01 consumiu mais energia e os valores de consumo referentes a estes meses respectivamente. Com exceção de março/18, os meses que mais consumiram energia elétrica foram do ano de 2017, com os meses de dezembro e janeiro em destaque.

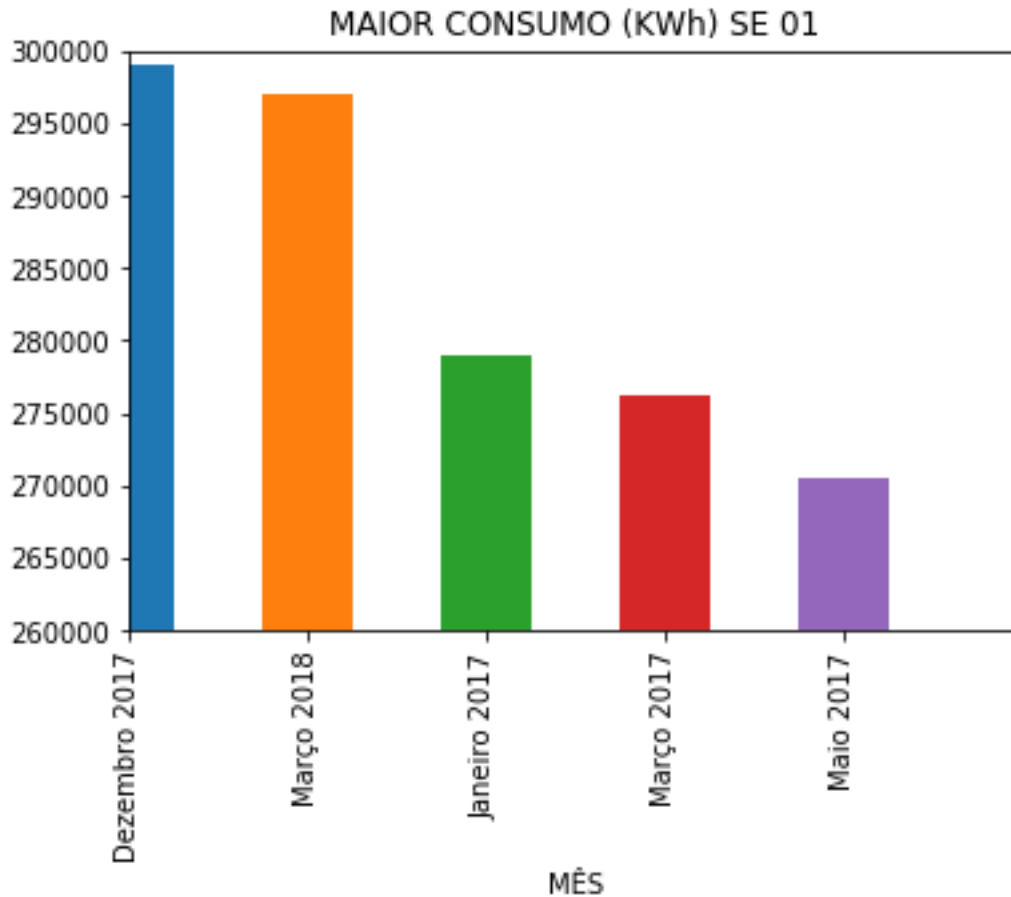


Figura 11 – Gráfico dos 5 meses que a SE01 mais consumiu energia.

```
In [18]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
MÊS
Dezembro 2017    299100
Março 2018      297000
Janeiro 2017    279040
Março 2017      276220
Maio 2017       270500
```

Figura 12 – Valores em KWh dos 5 meses que apresentaram maior consumo da SE01.

Nas figuras 13 e 14, temos os gráficos que mostram os 5 meses de menor consumo da SE01 e os valores em KWh dos mesmos, na ordem descrita. Como podemos observar, os meses de agosto e julho, tanto de 2017 quanto de 2018, são os meses de menor consumo da SE01. Agosto de 2017 teve um consumo um pouco menor comparado a agosto de 2018. Já julho de 2018 apresenta consumo consideravelmente menor que julho 2017.

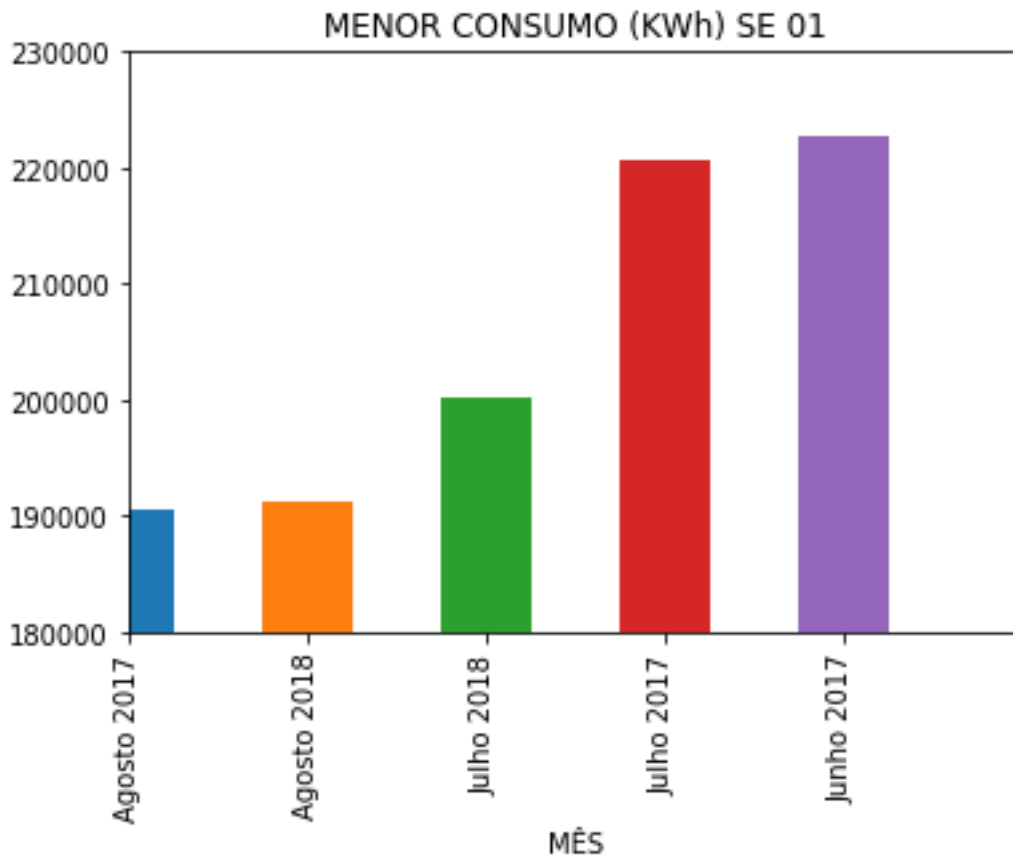


Figura 13 – Gráfico dos 5 meses que a SE01 teve menor consumo de energia.

```
In [19]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
MÊS
Agosto 2017    190580
Agosto 2018    191340
Julho 2018     200260
Julho 2017     220620
Junho 2017     222660
```

Figura 14 – Valores em KWh dos 5 meses com menor consumo de energia da SE01.

Na figura 15 temos os valores de média, variância e desvio padrão. O valor médio de consumo da SE01 no período de estudo é de 246.783 KWh. O valor obtido de variância, por ser muito alto, significa que cada valor de consumo está distante da média, ou seja, o consumo não é uniforme. O valor de desvio-padrão nos informa que cada valor de consumo está aproximadamente 32.462 KWh distantes do valor médio.

```
In [4]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
Media Consumo Total (KWh): 246783.0
Variância Consumo Total: 1053829232.6315789
Desvio Padrao Consumo Total: 32462.736062007756
```

Figura 15 – Valores obtidos da média, variância e desvio padrão da SE01.

4.2 Dados do consumo da SE02.

Podemos ver na figura 16, a progressão do consumo de energia da SE02, com destaques para os meses de agosto/17, outubro/17 e março/18. Os meses de agosto/17 e outubro/17 apresentam os menores consumos e o mês de março/18 apresenta o maior.

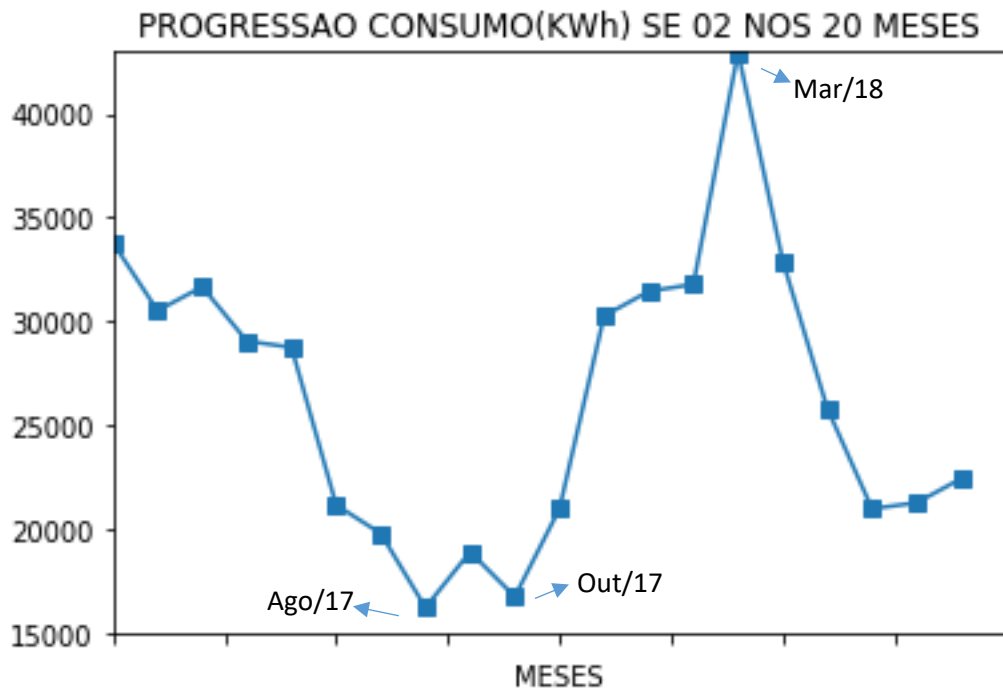


Figura 16 - Progressão do consumo da SE02 durante os 20 meses em estudo.

Na figura 17 temos o histograma do consumo na SE02. Podemos observar que o consumo na faixa de 20.000 KWh apresenta a maior frequência, aparecendo 6 vezes. O consumo na faixa de 32.000 KWh também apresenta alta incidência, com 5 aparições.

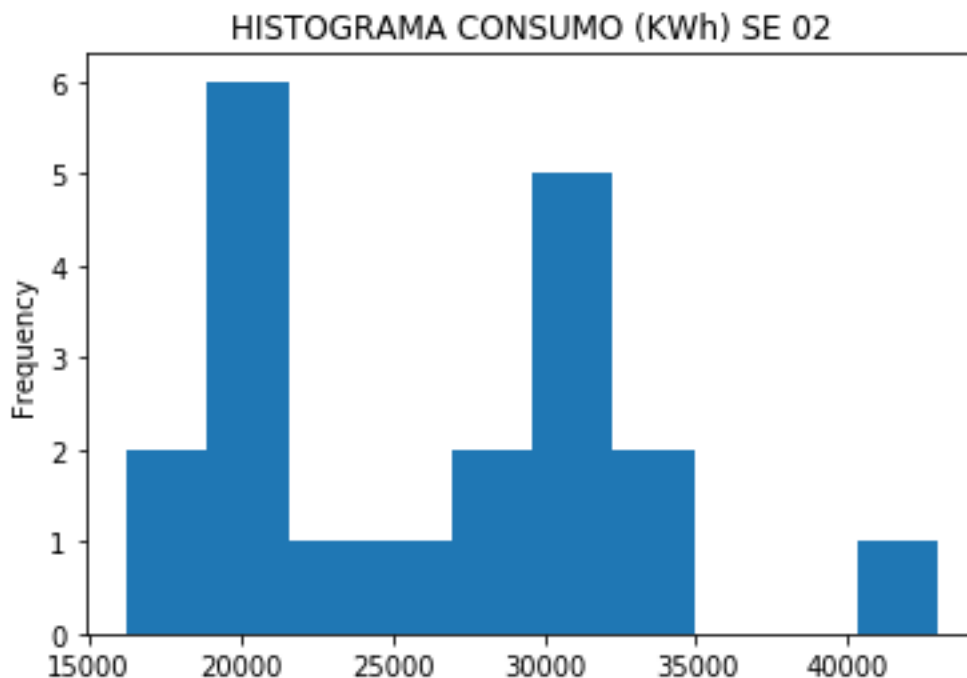


Figura 17 – Histograma do consumo de energia da SE02.

Na sequência, iremos observar os valores máximos e mínimos de consumo da SE02. Através das figuras 18 e 19, temos os gráficos dos 5 meses de maior consumo da SE02 e os valores de consumo referentes a estes meses respectivamente. Temos destaque para março/18, que apresentou o maior consumo disparado de 49.973 KWh. Os demais meses apresentaram consumo bem uniforme, em torno de 32.000 KWh.

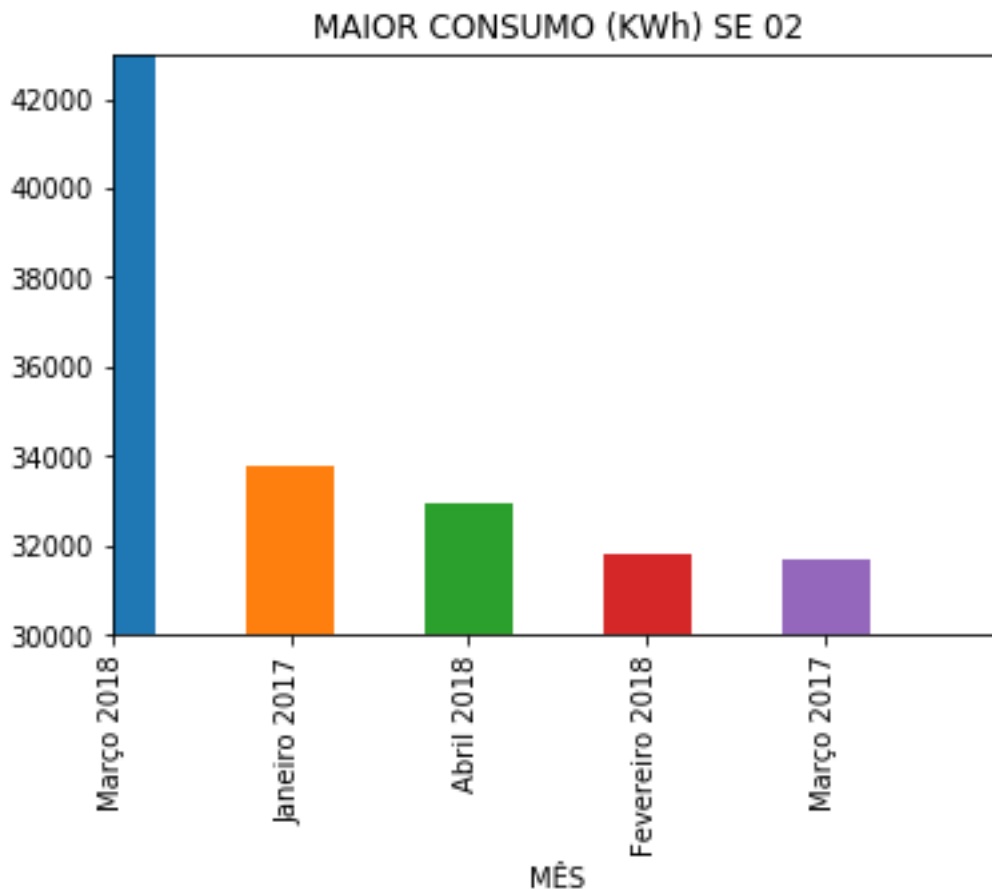


Figura 18 – Gráfico com os 5 meses de maior consumo da SE02.

```
In [9]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
MÊS
Março 2018      42973.95
Janeiro 2017   33800.00
Abril 2018     32929.20
Fevereiro 2018 31791.55
Março 2017     31670.00
```

Figura 19 – Valores em KWh dos 5 meses de maior consumo SE02.

Nas figuras 20 e 21, temos os gráficos que mostram os 5 meses de menor consumo da SE02 e os valores em KWh dos mesmos, na ordem citada. Podemos notar que todos os meses de menor consumo da SE02 foram em 2017, com agosto/17 apresentando o menor consumo entre eles.

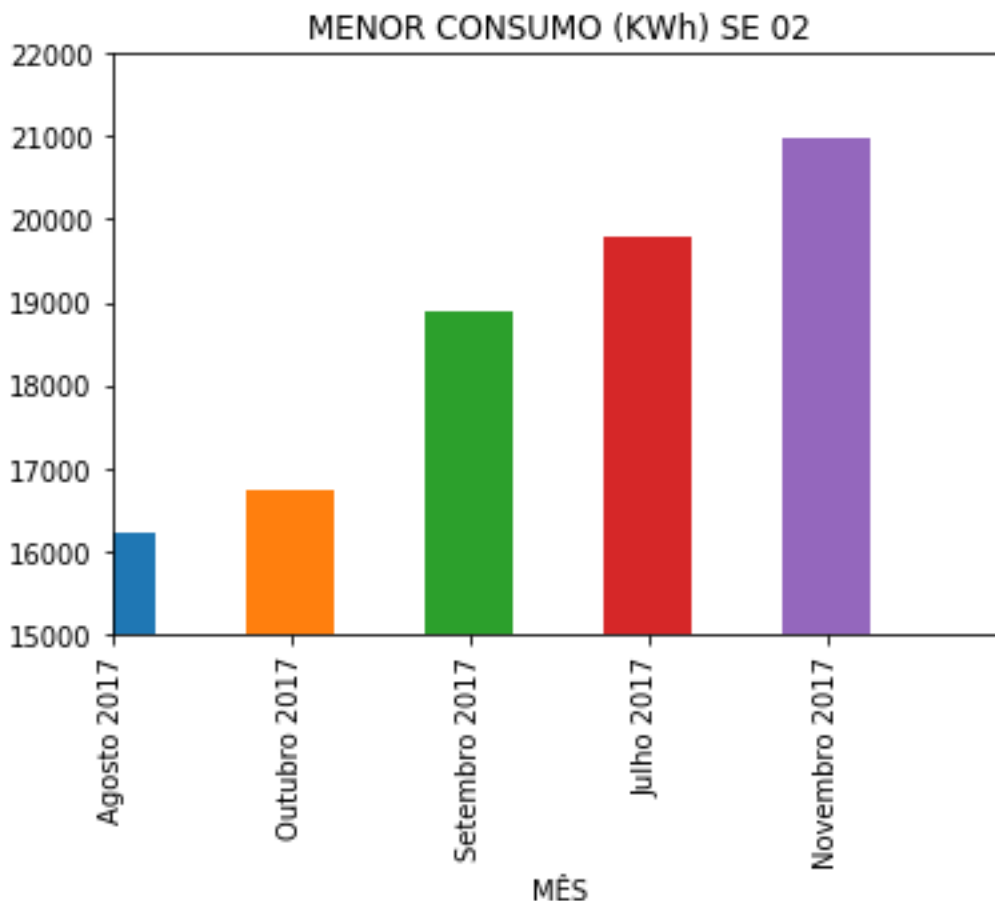


Figura 20 – Gráfico dos 5 meses de menor consumo da SE02.

```
In [10]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
MÊS
Agosto 2017      16210.40
Outubro 2017    16733.95
Setembro 2017   18898.20
Julho 2017      19775.00
Novembro 2017   20969.50
```

Figura 21 – Valores em KWh dos 5 meses de menor consumo da SE02.

Na figura 22 temos os valores de média, variância e desvio padrão. O valor médio de consumo da SE02 no período de estudo é de 26.371 KWh. O valor obtido de variância, por ser alto, indica que cada valor de consumo está distante da média, ou seja, o consumo não é uniforme. O valor de desvio-padrão nos informa que cada valor de consumo está aproximadamente 6.978 KWh distantes do valor médio.

```
In [12]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
Media Consumo Total (KWh): 26371.04
Variância Consumo Total: 48701119.447000004
Desvio Padrao Consumo Total: 6978.618734893031
```

Figura 22 – Valores de média, variância e desvio padrão do consumo da SE02.

4.3 Dados do consumo da SE03.

Temos na figura 23, a progressão do consumo de energia da SE03, com destaques para os meses de agosto/17, dezembro/17, março/18 e agosto/18. Os meses de agosto/17 e agosto/18 apresentam os menores consumos e os meses de dezembro/17 e março/18 apresentam os maiores consumos.

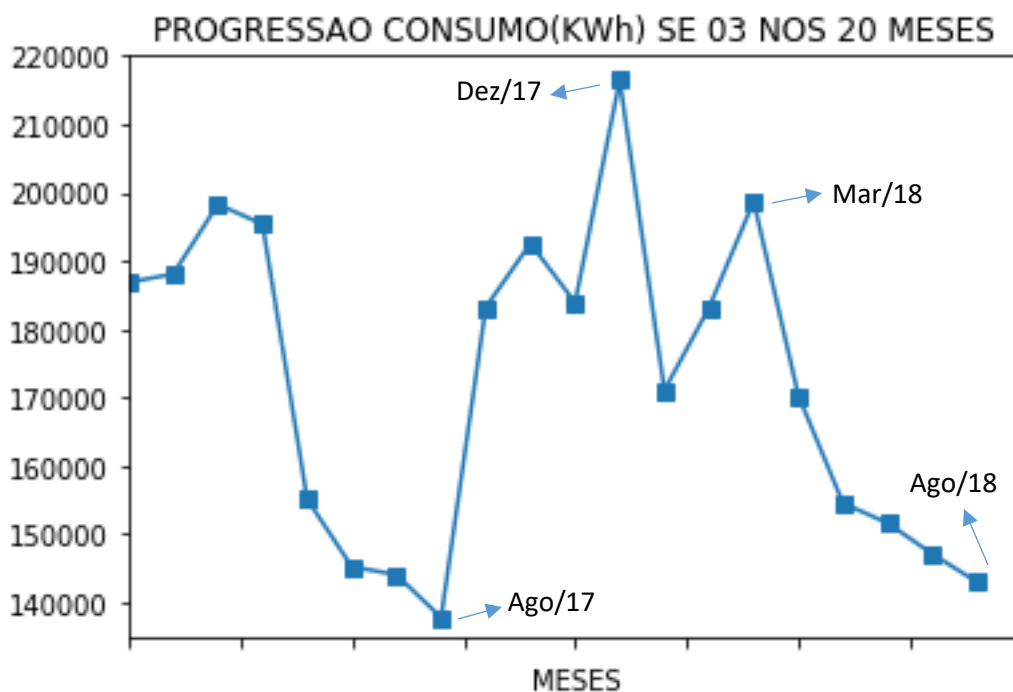


Figura 23 – Progressão do consumo da SE03 durante os 20 meses de estudo.

Na figura 24 temos o histograma do consumo na SE03. Podemos observar que o consumo na faixa de 140.000 KWh apresenta a maior frequência, aparecendo 4 vezes. Temos também os consumos nas faixas de 180.000 KWh até 200.000 KWh aparecendo 3 vezes cada.

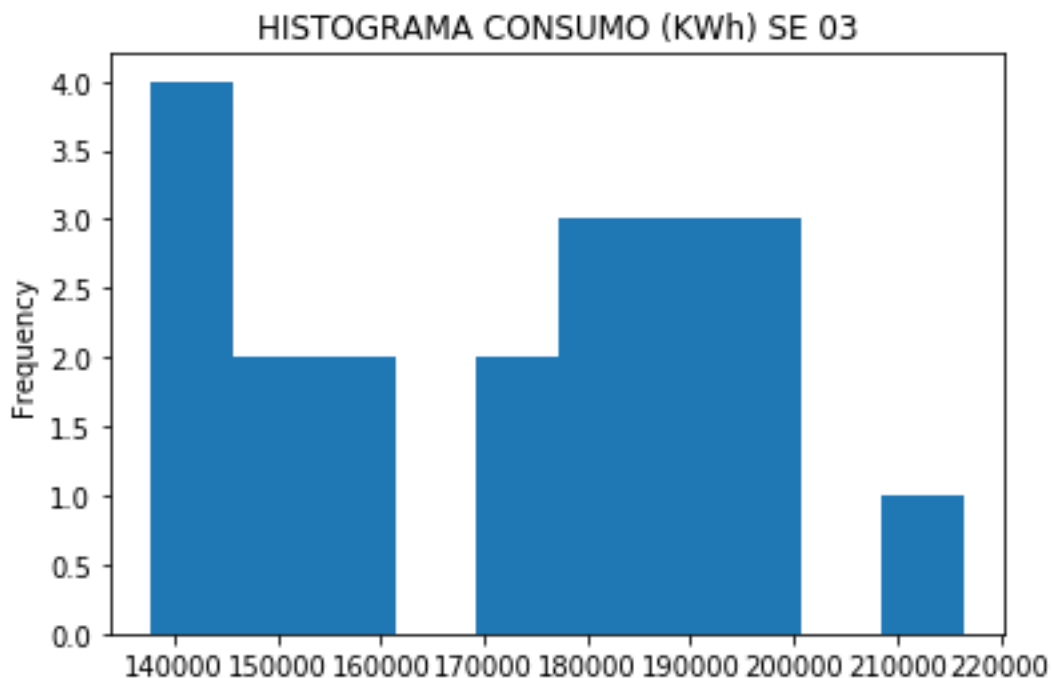


Figura 24 – Histograma do consumo de energia da SE03.

Na sequência, tratamos de observar os valores máximos e mínimos de consumo da SE03. Através das figuras 25 e 26, temos os gráficos dos 5 meses em que a SE03 consumiu mais energia e os valores de consumo referentes a estes meses respectivamente. Com exceção de março/18, os meses de maior consumo de energia elétrica foram do ano de 2017.

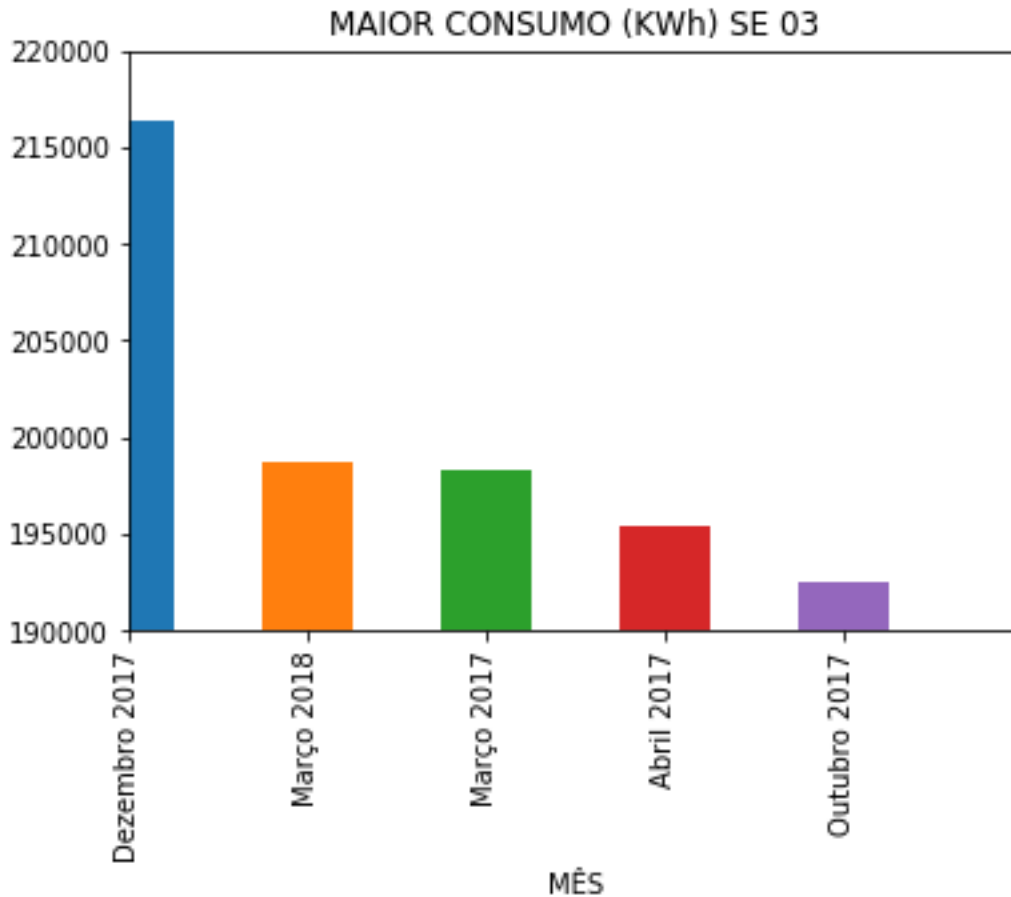


Figura 25 – Gráfico com os 5 meses de maior consumo de energia da SE03.

```
In [15]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
MÊS
Dezembro 2017    216433.2
Março 2018      198697.8
Março 2017      198260.0
Abril 2017      195360.0
Outubro 2017    192544.8
```

Figura 26 – Valores em KWh dos 5 meses de maior consumo da SE03.

Nas figuras 27 e 28, temos os gráficos que mostram os 5 meses de menor consumo da SE03 e os valores em KWh dos mesmos, respectivamente. Como podemos observar, os meses de agosto, tanto de 2017 quanto de 2018, são os meses de menor consumo da SE03. Os meses de julho de 2017 e 2018 também figuram entre os meses de menor consumo junto com junho de 2017. Agosto de 2017 teve um consumo 7.000 KWh menor comparado a agosto de 2018.

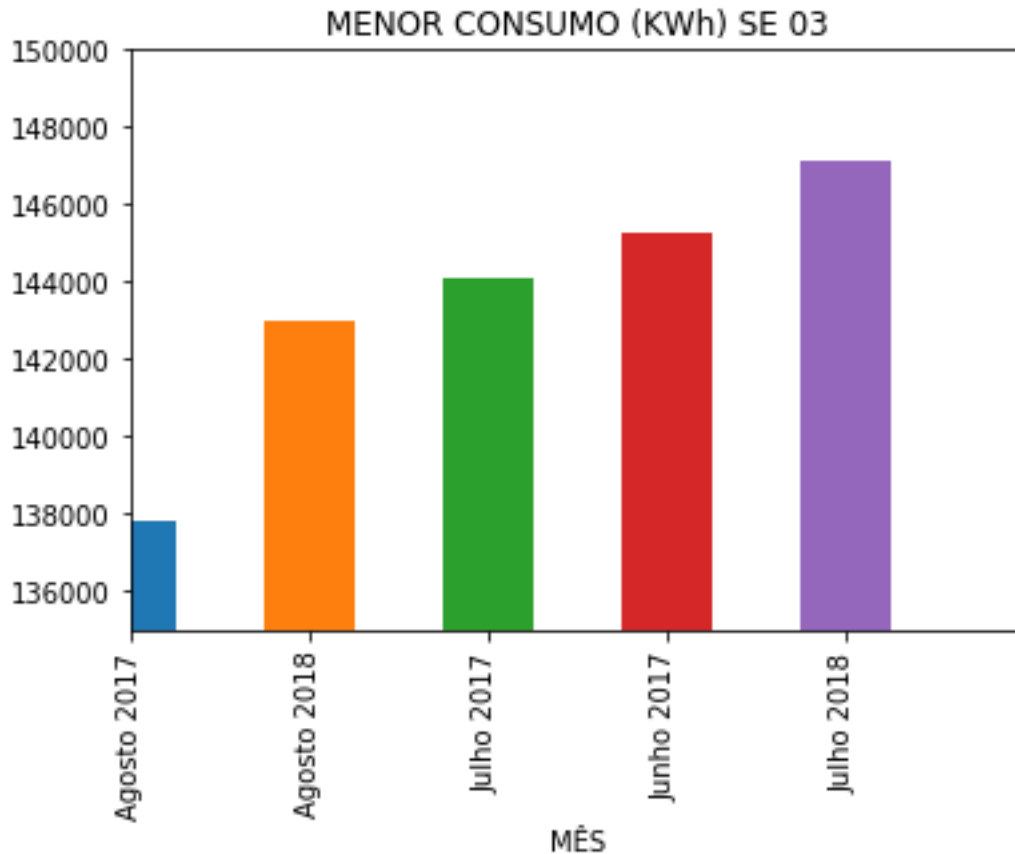


Figura 27 – Gráfico com os 5 meses de menor consumo de energia da SE03.

```
In [16]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
MÊS
Agosto 2017    137796.6
Agosto 2018    142994.4
Julho 2017     144067.8
Junho 2017     145240.0
Julho 2018     147107.4
```

Figura 28 – Valores em KWh dos 5 meses de menor consumo da SE03.

Na figura 29 temos os valores de média, variância e desvio padrão. O valor médio de consumo da SE03 no período de estudo é de 172.310 KWh. O valor obtido de variância é bem alto e indica que cada valor de consumo está distante da média, portanto, também não apresenta consumo uniforme. O valor de desvio-padrão nos informa que cada valor de consumo está aproximadamente 23.338 KWh distantes do valor médio.

```
In [17]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
Media Consumo Total (Kwh): 172310.83000000002
Variância Consumo Total: 544674946.9274735
Desvio Padrao Consumo Total: 23338.27214957169
```

Figura 29 - Valores de média, variância e desvio padrão do consumo da SE03.

4.4 Dados do consumo do Condomínio

Observamos na figura 30, a progressão do consumo de energia do condomínio, com destaques para os meses de agosto/17, dezembro/17, março/18, julho/18 e agosto/18. Os meses de agosto/17, julho/18 e agosto/18 apresentam os menores consumos e os meses de dezembro/17 e março/18 apresentam os maiores consumos.

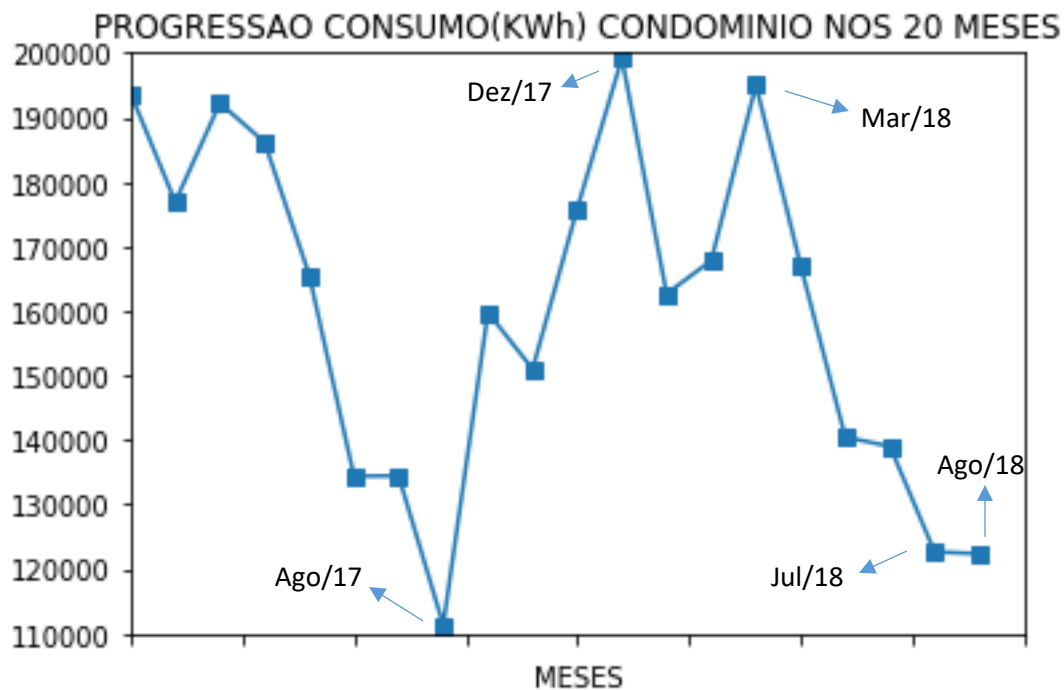


Figura 30 - Progressão do consumo do condomínio durante os 20 meses de estudo.

Na figura 31 temos o histograma do consumo do condomínio. Podemos observar que o consumo na faixa próxima a 200.000 KWh apresenta a maior frequência, aparecendo 4 vezes. Temos também o consumo na faixa de 170.000 KWh aparecendo 3 vezes.

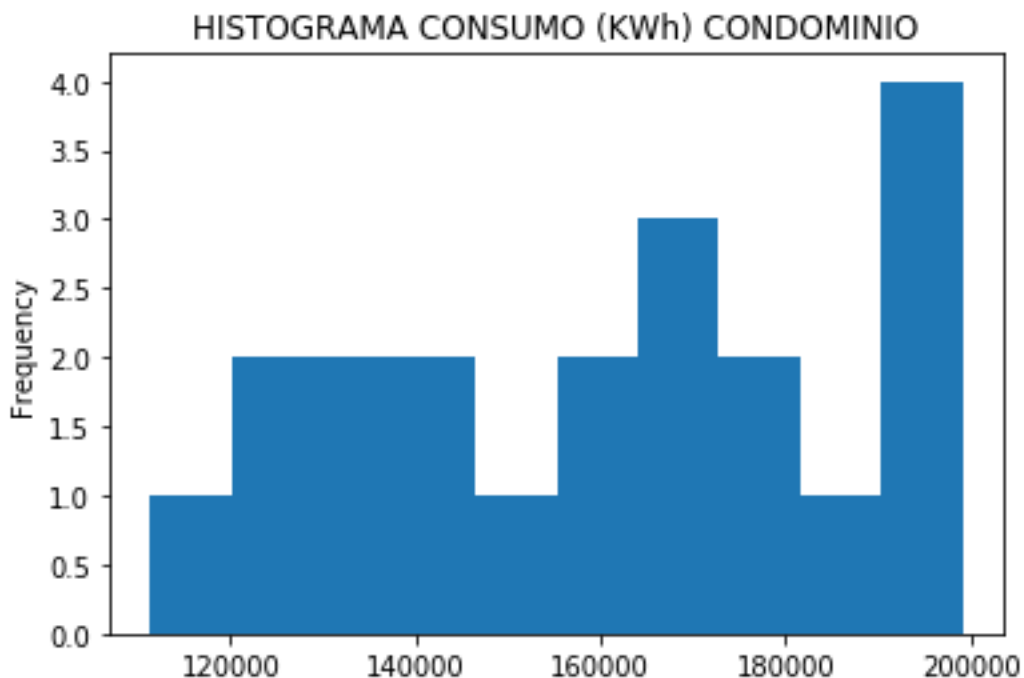


Figura 31 - Histograma do consumo de energia do condomínio.

Em seguida, tratamos de observar os valores máximos e mínimos de consumo do condomínio. Através das figuras 32 e 33, temos os gráficos dos 5 meses em que o condomínio apresentou maior consumo de energia e os valores referentes a estes meses respectivamente. Com exceção de março/18, os meses de maior consumo de energia elétrica foram do ano de 2017, com destaque para dezembro, mês de maior consumo, e janeiro, terceiro mês em que mais se consumiu energia.

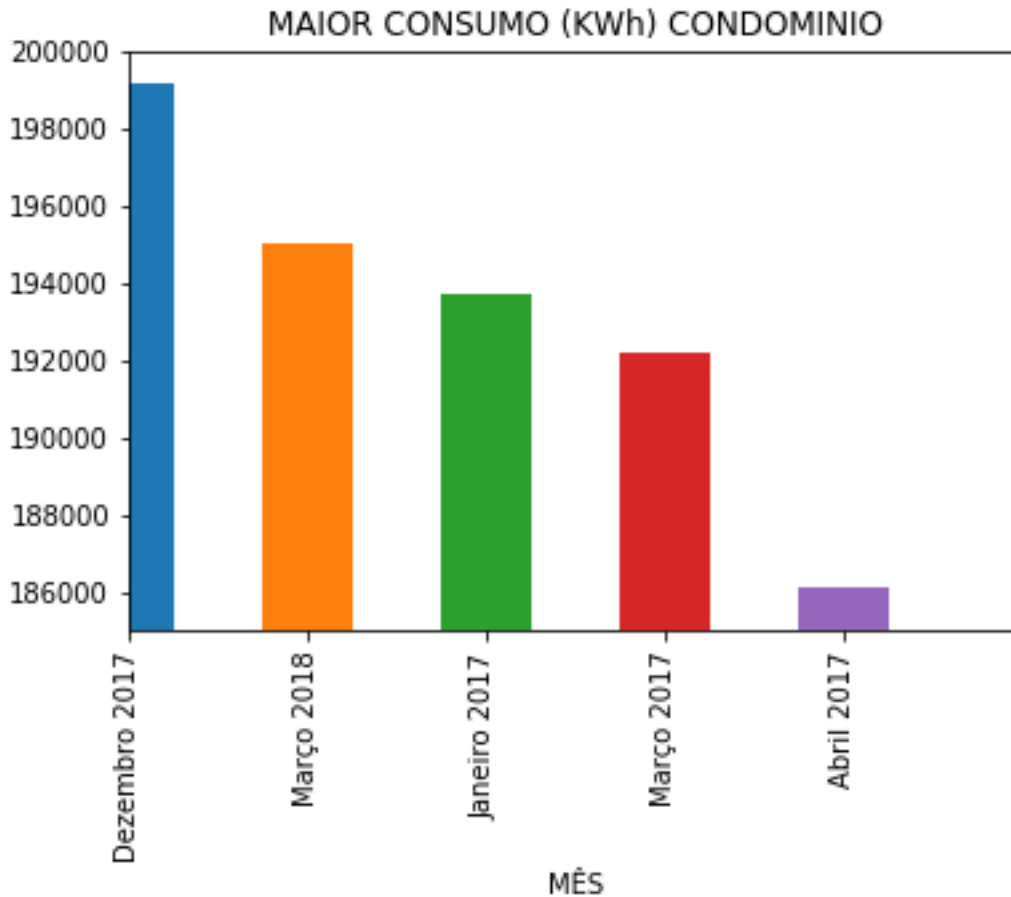


Figura 32 - Gráfico com os 5 meses de maior consumo de energia do condomínio.

```
In [22]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
MÊS
Dezembro 2017    199162.020204
Março 2018      195018.896822
Janeiro 2017    193707.462203
Março 2017      192193.651152
Abril 2017      186141.949531
```

Figura 33 - Valores em KWh dos 5 meses de maior consumo do condomínio.

Nas figuras 34 e 35, temos os gráficos que mostram os 5 meses em que o condomínio teve menor consumo e os valores em KWh dos mesmos, respectivamente. Como podemos observar, os meses de agosto, de 2017 e de 2018, são os meses de menor consumo. Os meses de julho de 2017 e 2018 também figuram entre os meses de menor consumo junto com junho de 2017. Agosto de 2017 teve um consumo de 11.000KWh a menos que agosto de 2018.

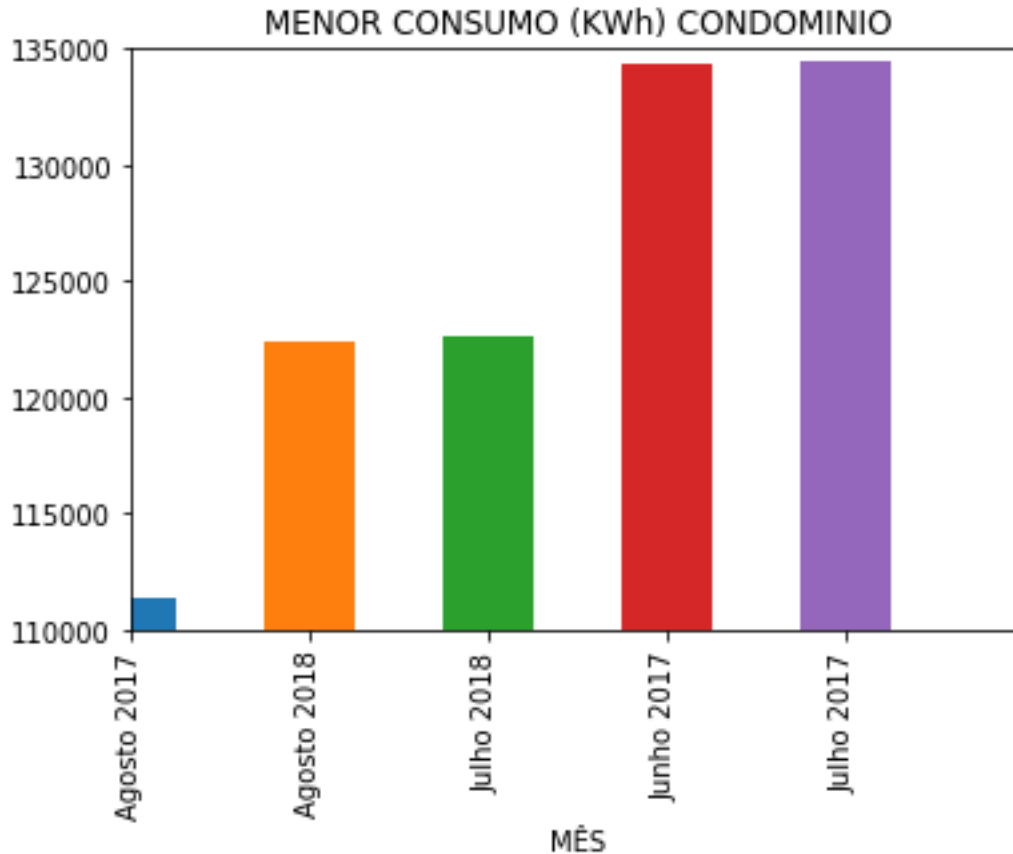


Figura 34 - Gráfico com os 5 meses de menor consumo de energia do condomínio.

```
In [23]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
MÊS
Agosto 2017    111338.145965
Agosto 2018    122386.330911
Julho 2018     122667.590712
Junho 2017     134413.976414
Julho 2017     134450.917962
```

Figura 35 - Valores em KWh dos 5 meses de menor consumo do condomínio.

Na figura 36 temos os valores de média, variância e desvio padrão. O valor médio de consumo do condomínio no período de estudo é de 159.880 KWh. O valor obtido de variância é alto e indica que cada valor de consumo está distante da média, portanto, também não apresenta consumo uniforme. O valor de desvio-padrão nos informa que cada valor de consumo está aproximadamente 26.841 KWh distantes do valor médio

```
In [26]: runfile('C:/Users/Fred/Desktop/TCC/TCC.py', wdir='C:/Users/Fred/Desktop/TCC')
Media Consumo Area Comum (KWh): 159880.18193084933
Variancia Consumo Area Comum: 720480868.9437504
Desvio Padrao Consumo Area Comum: 26841.77469810352
```

Figura 36 - Valores de média, variância e desvio padrão do consumo do condomínio.

4.5 Discussão dos resultados obtidos

Analisando as progressões de consumo das SEs 01, 02 e 03, e comparando com a progressão de consumo do condomínio, podemos perceber que o consumo do condomínio é afetado diretamente pelos consumos das SEs 01 e 03. Isto se deve ao fato de serem as maiores subestações e ambas alimentarem uma CAG (central de água gelada), que são responsáveis pelo ar condicionado das lojas e dos corredores do shopping. Os meses de destaque de consumo são praticamente os mesmos para SE01, SE03 e conseqüentemente condomínio.

Com os gráficos de maiores e menores consumos de cada subestação e do condomínio, podemos observar que os meses de maior consumo são em grande maioria do ano de 2017. Isso mostra que algumas medidas tomadas para economia de energia estão sendo eficazes, como por exemplo a substituição de luminárias convencionais por led e alteração do horário de funcionamento das CAGs. O mês de dezembro de 2017 é o mês de maior consumo e isso se deve a alguns fatos: Natal – iluminação das decorações; horário de funcionamento do shopping é estendido para atender as necessidades de compras dos clientes, impactando em maior tempo de iluminação e ar condicionado em operação; período de férias, que aumenta o fluxo de pessoas no shopping, exigindo mais dos sistemas de climatização.

Vale destacar o mês de março de 2018 que figura entre os meses de maior consumo nas 3 subestações e para o condomínio. A resposta para este mês ter sido um dos maiores consumos está no clima. A figura 37, obtida no site *AccuWeather*, mostra que em março de 2018, Araraquara apresentou temperaturas máximas e mínimas maiores que a média. Por conta disso, os sistemas de ar condicionado (CAG 1, CAG 2 e *self contained*) trabalharam mais para climatizar os ambientes. Apesar do sistema de ar condicionado *self contained* consumir menos energia que uma CAG, ele impactou no consumo da SE02.

Gráfico de temperaturas março 2018

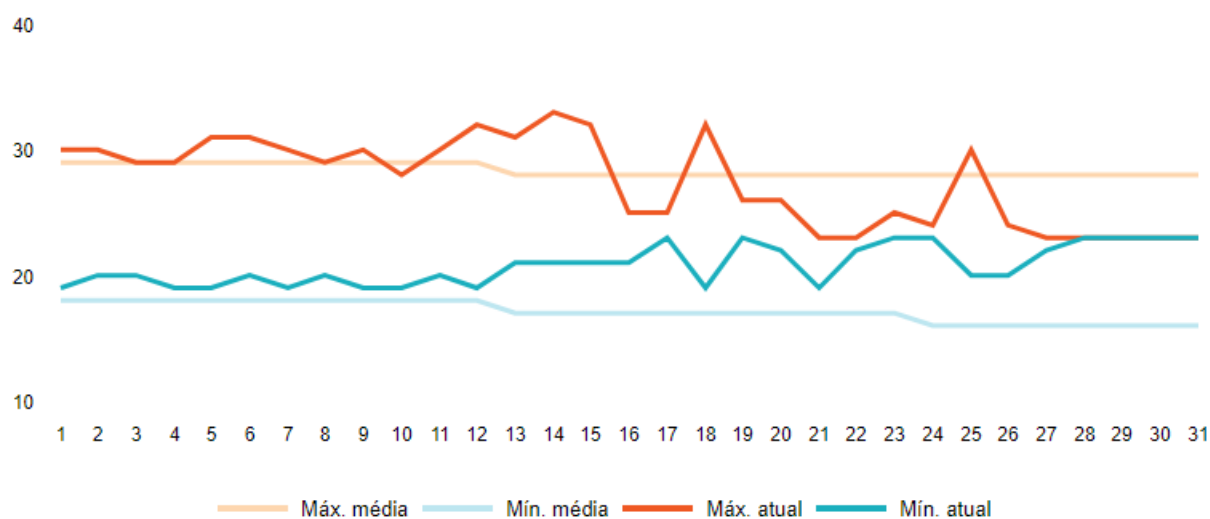


Figura 37 – Gráfico de temperaturas de março de 2018 em Araraquara.

Quando analisamos os meses de menor consumo, fica evidente que o período de inverno, de junho a setembro, são os meses que as subestações consomem menos energia, pois o sistema de climatização opera sem esforço. Também fica comprovado que o maior agressor ao consumo de energia é o ar condicionado, pois apesar da iluminação operar por mais tempo no inverno, onde os dias tem menor duração e escurece mais cedo, o consumo de energia registrado é menor. Temos destaque para o mês de agosto, tanto de 2017 quanto de 2018, por ser em todos os casos o mês que menos energia é consumida.

Por último, com os valores obtidos de média de consumo, variância e desvio-padrão, podemos observar que a subestação 01 possui a maior média de consumo com 246.783 KWh, depois temos a SE03 com média 172.310 KWh e SE02 com 26.371 KWh. O condomínio apresenta média de consumo de 159.880 KWh. Fica evidente desta forma que a CAG 1, alimentada pela SE01, consome mais energia que a CAG 2, alimentada pela SE03, ou seja, é um equipamento com menor eficiência. Com os valores de variância e desvio-padrão, fica claro que o consumo do shopping não é do tipo “flat”, ou seja, ele varia conforme a época do ano, apresentando sazonalidade, com os meses de inverno sendo os de menor consumo e os de verão com o maior consumo.

Capítulo 5

Considerações finais

Este trabalho propôs utilizar a técnica de Análise Exploratória de Dados (EDA) para analisar o consumo de energia elétrica do Shopping Jaraguá Araraquara e estabelecer padrões de consumo, verificar a eficácia das medidas adotadas para economia de energia elétrica e sugerir novas soluções para aumentar a eficiência dos equipamentos operacionais. O estudo foi bem sucedido pois foi capaz de verificar os padrões de consumo, analisar a eficiência das medidas tomadas em 2018 visando economizar energia elétrica e constatou uma menor eficiência de um sistema de ar condicionado (CAG 1) em relação ao outro sistema (CAG 2).

A sazonalidade foi constatada como fator de influência no consumo de energia. Foi possível verificar que no período de verão o consumo atinge seus níveis máximos, e no período de inverno, são relatados os valores mínimos. Foi averiguado que o consumo de energia no ano de 2018 tem sido relativamente menor em comparação ao ano de 2017. Isso significa que as medidas adotadas para economizar energia estão sendo eficazes.

Um ponto interessante foi a descoberta de uma menor eficiência da CAG 1 em relação a CAG 2. Ambas atendem áreas similares, porém a CAG 1 consome mais energia. Fica como sugestão para próximos trabalhos, uma projeção de consumo da SE01 com uma CAG de eficiência parecida com a CAG 2.

REFERÊNCIAS

- [1] Tukey, J.W.; Exploratory Data Analysis, 1977
- [2] Exploratory Data Analysis in Python, disponível em : <https://www.svds.com/exploratory-data-analysis-python/>
- [3] The Value of Exploratory Data Analysis, disponível em : <https://www.svds.com/value-exploratory-data-analysis/>
- [4] Python Exploratory Data Analysis Tutorial, disponível em : <https://www.datacamp.com/community/tutorials/exploratory-data-analysis-python#gs.VNxP0d8>
- [5] A Guide to Pandas and Matplotlib for Data Exploration, disponível em : <https://towardsdatascience.com/a-guide-to-pandas-and-matplotlib-for-data-exploration-56fad95f951c>
- [6] Qual a importância da Análise Exploratória de Dados?, disponível em : <https://oestatistico.com.br/analise-exploratoria-de-dados/>
- [7] Temperatura média em Araraquara – Março 2018, disponível em : <https://www.accuweather.com/pt/br/araraquara/36343/march-weather/36343>
- [8] Exploratory data analysis in python using pandas, matplotlib and numpy, disponível em : <https://bigdata-madesimple.com/exploratory-data-analysis-in-python-using-pandas-matplotlib-and-numpy/>
- [9] Write Excel with Pandas, disponível em : <https://pythonspot.com/write-excel-with-pandas/>

