

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ELISA PINHEIRO DALLA PALMA

**COMPARAÇÃO ENTRE CURVAS TÍPICAS E CURVAS MEDIDAS DE CARGA DE
METALÚRGICAS ALIMENTADAS EM MÉDIA TENSÃO**

**CAXIAS DO SUL
2021**

ELISA PINHEIRO DALLA PALMA

**COMPARAÇÃO ENTRE CURVAS TÍPICAS E CURVAS MEDIDAS DE CARGA DE
METALÚRGICAS ALIMENTADAS EM MÉDIA TENSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Elétrica pela
Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. Me. André Bernardes Michel

**CAXIAS DO SUL
2021**

ELISA PINHEIRO DALLA PALMA

COMPARAÇÃO ENTRE CURVAS TÍPICAS E CURVAS MEDIDAS DE CARGA DE METALÚRGICAS ALIMENTADAS EM MÉDIA TENSÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica pela Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. Me. André Bernardes Michel

Aprovada em 25/11/2021

Banca Examinadora

Prof. Me. André Bernardes Michel (orientador)
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Ma. Andréa Cantarelli Morales
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Me. Cesar Augusto Bernardi
Universidade de Caxias do Sul

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais, Andréa Pinheiro Dalla Palma e Julio Cesar Dalla Palma, pelo apoio e incentivo incondicional à minha educação.

Ao meu orientador, André Bernardes Michel, pela oportunidade e apoio excepcional durante todo o processo de execução deste trabalho.

À estrutura da Universidade de Caxias do Sul, responsável pela minha formação como Engenheira Eletricista.

Ao meu namorado Roberto Serraggio de Souza e todos os amigos e colegas que de alguma forma fizeram parte dessa jornada, em especial ao Lucas Camassola Bonatto, pelo apoio e troca de conhecimentos, dentro e fora da universidade.

RESUMO

A ascensão do setor elétrico no Brasil, se dá pelo aumento significativo do consumo de energia nas últimas décadas. O planejamento técnico e econômico por parte das concessionárias e distribuidoras é de extrema importância, para que seja possível tornar o setor elétrico cada dia mais eficiente. A análise das curvas típicas de carga possibilita uma maior qualidade na entrega de energia, auxiliando nos cálculos de perdas, previsão de demanda, níveis de tensão futuros em determinado local, tarifas e investimentos. Pelo Brasil possuir um território extenso, cada região possui características particulares, então adequar as curvas típicas de carga para cada realidade é fundamental. Atualmente a indústria é responsável por 34,8% do consumo de energia elétrica no Brasil, sendo que 23,5% da energia utilizada no ramo industrial é consumida por metalúrgicas. A partir dessa abordagem, a proposta deste trabalho foi comparar as curvas típicas de carga de metalúrgicas atendidas em média tensão, que possuem transformador elétrico de 300kVA, 500kVA e 750kVA com medições efetuadas em indústrias de igual característica em Caxias do Sul. Para o fator de utilização, o maior erro percentual entre o valor típico e o valor medido foi obtido nas metalúrgicas que possuem transformador de 500kVA de potência, chegando a 51,79% de erro. As metalúrgicas de 300kVA apresentaram um erro de 37,67% para o fator de utilização e as de 750kVA um erro de 31,80%. Já para o fator de carga, o maior erro percentual entre o valor típico e o valor medido foi obtido nas metalúrgicas que possuem transformador de 750kVA de potência, chegando a 15,76% de erro. As metalúrgicas de 300kVA apresentaram um erro baixo de 3,06% para o fator de utilização e as de 500kVA um erro de 11,41%. Foram gerados coeficientes de correção para cada um dos cinco patamares de demanda, conforme estratificação, utilizando a padronização em que o erro foi menor, a da demanda máxima. Para as metalúrgicas de 300kVA, o coeficiente proposto mais significativo foi o do quarto patamar, no valor de 0,524, alterando o novo valor para 52,4% do valor antigo. Já para as metalúrgicas de 500kVA, o coeficiente proposto mais significativo foi o do quinto patamar, no valor de 1,951 e para as de 750kVA foi o do quinto patamar, no valor de 2,012. Foi constatado que as curvas típicas de cargas de metalúrgicas atendidas em média tensão necessitam ser adequadas conforme cada realidade, principalmente o primeiro, quarto e quinto patamar.

Palavras-chave: Curva de carga, metalúrgicas, média tensão, fator de carga, fator de utilização.

ABSTRACT

The rise of the electricity sector in Brazil is due to the significant increase in energy consumption in recent decades. Technical and economic planning by energy providers and distributors is extremely important, so that it is possible to make the electricity sector more efficient every day. The analysis of the typical load curves allows a better quality of energy to be delivered, helping in the calculation of losses, demand forecast, future voltage levels in a given location, lower tariffs and higher investments. Because Brazil has an extensive territory, each region has its particular characteristics, so adapting the typical load curves to each reality is essential. Industry is currently responsible for 34.8% of electricity consumption in Brazil, with 23.5% of the energy used in the industrial sector being consumed by metallurgy. From this approach, typical load curves of metallurgical plants serviced at medium voltage were compared with electric transformers of 300kVA, 500kVA and 750kVA carried out in industries with the same characteristic in Caxias do Sul. For the utilization factor, the highest percentage error between the typical value and the measured value was obtained in metallurgical plants that have a 500kVA power transformer, reaching the measure of 51.79% error. The 300kVA metallurgical plants presented an error of 37.67% for the utilization factor and the 750kVA ones presented an error of 31.80%. As for the load factor, the highest percentage error between the typical value and the measured value was obtained in metallurgical plants that have a 750kVA power transformer, reaching 15.76% error. The 300kVA metallurgy plants had a low error of 3.06% for the utilization factor and the 500kVA ones had an error of 11.41%. Correction coefficients were generated for each of the five levels of demand, according to stratification, using the standardization in which the error was smaller, using the maximum demand one. For the 300kVA metallurgical companies, the most significant coefficient proposed was that of the fourth level, in the value of 0.524, changing the new value to 52.4% of the old value. As for the 500kVA metallurgy companies, the most significant coefficient proposed was that of the fifth level, with a value of 1.951, and for those of 750kVA it was that of the fifth level, with a value of 2.012. It was found that the typical load curves of metallurgical plants served at medium voltage need to be adapted according to each reality, especially the first, fourth and fifth levels.

Keywords: Load curve, metallurgical plants, medium voltage, load factor, utilization factor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da energia demandada no Brasil	12
Figura 2: Estrutura de um sistema elétrico de potência.....	15
Figura 3: Sistema de distribuição simples	16
Figura 4: Variação [%] do consumo na rede em 12 meses	18
Figura 5: Taxas produção física X consumo industrial	20
Figura 6: Metalúrgicas em Caxias do Sul, no ano de 2021.....	23
Figura 7: Curva diária de carga	24
Figura 8: Diagrama de desvios padrões.....	30
Figura 9: Exemplo de curva de carga	32
Figura 10: Exemplo de curva de carga – 5 patamares	33
Figura 11: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 300kVA (96 pontos) ..	34
Figura 12: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 300kVA (5 patamares)	34
Figura 13: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 500kVA (96 pontos) ..	35
Figura 14: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 500kVA (5 patamares)	35
Figura 15: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 750kVA (96 pontos) ..	35
Figura 16: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 750kVA (5 patamares)	35
Figura 17: Etapas do estudo	39
Figura 18: Representação do ponto de medição.....	41
Figura 19: Analisador MARH-VI	42
Figura 20: Analisador MARH 21	42
Figura 21: Analisador MARH 28	42
Figura 22: Analisador 3945-B	42
Figura 23: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 75kVA (96 pontos)	66
Figura 24: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 75kVA (5 patamares).	66
Figura 25: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 150kVA (96 pontos) ..	66
Figura 26: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 150kVA (5 patamares)	66
Figura 27: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 1000kVA (96 pontos)	66
Figura 28: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 1000kVA (5 patamares)	

.....	66
Figura 29: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 1500kVA (96 pontos)	67
Figura 30: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 1500kVA (5 patamares)
.....	67
Figura 31: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 2000kVA (96 pontos)	67
Figura 32: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 2000kVA (5 patamares)
.....	67
Figura 33: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 3000kVA (96 pontos)	67
Figura 34: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 3000kVA (5 patamares)
.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo por Classe (GWh).....	17
Tabela 2: Consumo Industrial por região (GWh).....	19
Tabela 3: Número de consumidores Industriais por região.....	19
Tabela 4: Consumo industrial por setor (continua)	20
Tabela 5: Número de amostras	45
Tabela 6: Potências obtidas em uma das medições de uma indústria de 300kVA	46
Tabela 7: Resumo fatores obtidos durante todo o período	50
Tabela 8: Resumo dos fatores de utilização encontrados para cada patamar.....	50
Tabela 9: Resumo dos fatores de carga encontrados para cada patamar.....	52
Tabela 10: Valores fornecidos pela concessionária (curva típica de carga) e os medidos.....	59
Tabela 11: Resumo dos métodos comparativos para cada patamar conforme padronização...	60
Tabela 12: Resumo dos fatores de utilização e de carga dos valores típicos e medidos	61
Tabela 13: Resumo dos métodos comparativos para os fatores de utilização e de carga.....	62
Tabela 14: Fator de correção proposto para cada patamar conforme estratificação	63
Tabela 15: Dados do dia 19/06/2021 - Metalúrgica 300kVA (continua).....	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Cinco patamares da curva de carga média obtida nas medições realizadas (300kVA)	47
Gráfico 2: Cinco patamares da curva de carga média obtida nas medições realizadas (500kVA)	48
Gráfico 3: Cinco patamares da curva de carga média obtida nas medições realizadas (750kVA)	49
Gráfico 4: Curva de carga média dividida pela demanda média (300kVA)	53
Gráfico 5: Curva de carga média dividida pela demanda média (500kVA)	54
Gráfico 6: Curva de carga média dividida pela demanda média (750kVA)	55
Gráfico 7: Curva de carga média dividida pela demanda máxima (300kVA)	56
Gráfico 8: Curva de carga média dividida pela demanda máxima (500kVA)	57
Gráfico 9: Curva de carga média dividida pela demanda máxima (750kVA)	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
RGE	Rio Grande Energia
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
SEP	Sistema Elétrico de Potência
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
PNE	Plano Nacional de Energia
CONCLA	Comissão Nacional de Classificação
AT	Alta Tensão
MT	Média Tensão
BT	Baixa Tensão
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
SPGG	Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão
PU	Por Unidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
TR	Transformador

SUMÁRIO

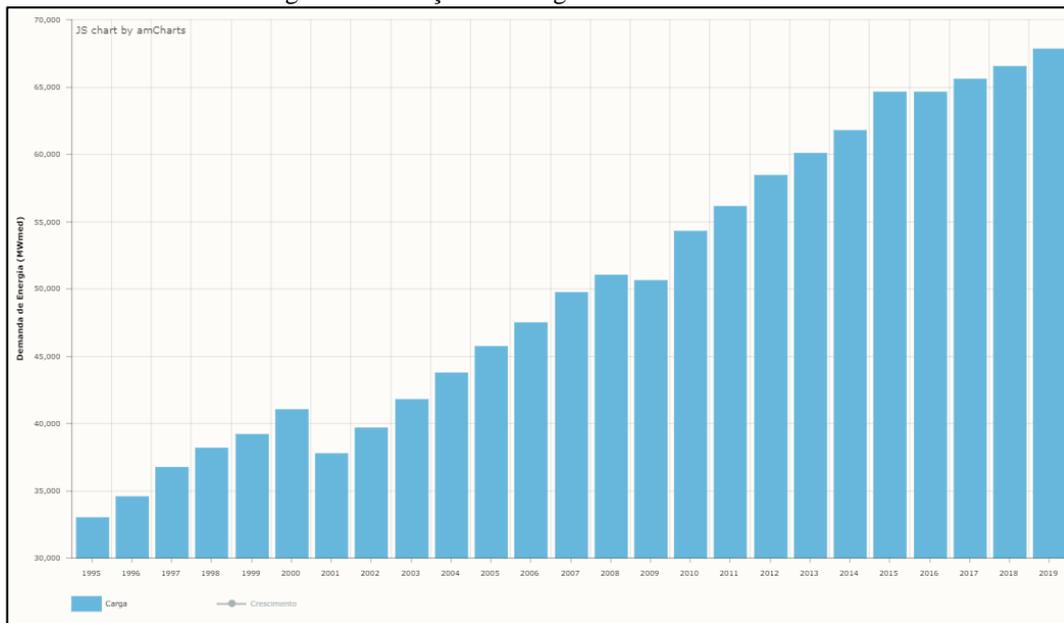
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	13
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	13
1.2.1 Objetivos Gerais	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.2 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	15
2.3 CONSUMIDOR DE ENERGIA.....	17
2.3.1 Classe Industrial	18
2.2.1.1 Indústrias Metalúrgicas.....	21
2.3 FATORES TÍPICOS UTILIZADOS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO	23
2.3.1 Demanda	23
2.3.2 Demanda Máxima	24
2.3.3 Diversidade De Carga	25
2.3.4 Fator De Carga	26
2.3.5 Fator De Demanda	26
2.3.6 Fator De Utilização	27
2.4 CAMPANHAS DE MEDIÇÃO.....	27
2.4.1 Periodicidade	27
2.4.2 Estratificação	27
2.4.3 Definição da amostra – Plano Amostral	28
2.4.3.1 Variáveis analisadas e intervalo de integração	28
2.4.4 Equipamentos de medição	28
2.4.5 Amostra	29
2.5 CURVA DE CARGA	30
2.5.1 Conceitos	31
2.5.2 Consumidores industriais – Média tensão	32
2.5.2.1 Geração da Curva de Carga	32

2.5.2.1.1	<i>Análise Estatística</i>	33
2.5.2.2	Curvas Típicas de carga – Metalúrgicas MT	34
2.6	MEDIDAS DE SIMILARIDADE E DISSIMILARIDADE	35
3	METODOLOGIA	38
3.1	CÁLCULO DAS AMOSTRAS	40
3.2	MEDIÇÕES	40
3.2.1	QUALÍMETROS	41
4	RESULTADOS	44
4.2.1	Estratificação – 300kVA	45
4.2.2	Estratificação – 500kVA	47
4.2.3	Estratificação – 750kVA	48
4.2.4	Fator de Utilização e Fator de Carga	49
4.2.4.1	Análise Do Fator De Utilização	50
4.2.4.2	Análise Do Fator De Carga	51
4.3.1	Demanda Média (Normalização)	52
4.3.1.1	Estratificação – 300kVA.....	53
4.3.1.2	Estratificação – 500kVA.....	53
4.3.1.3	Estratificação – 750kVA.....	54
4.3.2	Demanda Máxima	55
4.3.2.1	Estratificação – 300kVA.....	56
4.3.2.2	Estratificação – 500kVA.....	57
4.3.2.3	Estratificação – 750kVA.....	57
5	CONCLUSÃO	64
	ANEXO I	65
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICE A	71

1. INTRODUÇÃO

A questão energética de um país está diretamente relacionada com o desenvolvimento econômico do mesmo. O Brasil, por exemplo, apresentou até o ano de 2019 um aumento significativo de demanda de energia elétrica, o que reflete uma grande expansão econômica. A crescente demanda por energia elétrica no Brasil, ao longo dos anos, é mostrada na Figura 1.

Figura 1: Evolução da energia demandada no Brasil



Fonte: ONS (2020).

Analisando a Figura 1, nota-se que 2001 e 2009 foram os únicos anos em que o consumo de energia no Brasil regrediu significativamente, enquanto de 2015 á 2016 os níveis de consumo da população do Brasil ficaram praticamente estagnados. As curvas de carga representam a variação da potência, em função do tempo, por um sistema ou equipamento elétrico. As campanhas de medição, têm sido largamente empregadas para a obtenção das curvas típicas, que são utilizadas pelas concessionárias afim de compreender o perfil da carga de cada consumidor.

Segundo Francisquini (2006), a análise da curva típica de carga auxilia o planejamento do setor energético, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, visando à qualidade de entrega de energia, cálculos de perdas, previsão de demanda, estudos para cálculos de níveis de tensão futuros, tarifa e investimentos por parte das distribuidoras e concessionárias de energia, propiciando a alocação otimizada de recursos no planejamento de operação e expansão da malha de distribuição.

O presente enquadramento dos consumidores de energia elétrica é feito sob uma ótica

eminentemente técnica, separando-os tanto por nível de tensão como por classe de consumo. A formação de grupos tarifários com base no perfil de carga individual, possibilita agregar dentro de uma mesma categoria os consumidores que impõem custos similares aos sistema, em função da semelhança dos comportamento da carga (ANDRADE, 2003).

De forma bastante resumida, para a obtenção de curvas típicas de cargas, é necessário coletar medições do comportamento da carga ao longo do dia, em determinados clientes atendidos por uma concessionária de distribuição de energia elétrica, em que se tem interesse em compreender o perfil de carga. Para o caso das indústrias, que é o foco desse trabalho, devido a grande variação de atividades, as curvas típicas de carga são estimadas por ramo, por localização e também por faixa de consumo de energia elétrica.

O trabalho a seguir pretende abordar a concepção básica do sistema de distribuição e revisar conceitos e definições da caracterização de carga, bem como exemplificar como são geradas as curvas típicas de carga. O estudo consiste em instalar qualímetros, que são aparelhos para registro e análise da qualidade de energia elétrica, em metalúrgicas atendidas em média tensão, de diferentes estratificações, afim de compará-las com suas respectivas curvas típicas de carga, que foram fornecidas pela concessionária local. Será aplicado um método de comparação matemática entre a curva típica de carga e as curvas medidas, para cada estratificação e será proposto, caso necessário, um coeficiente de ajuste para a curva típica de carga, afim de torná-la mais próxima da realidade possível.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O comportamento da demanda por eletricidade, ao longo do dia e nas diversas classes de consumo, é uma informação vital para o sucesso da expansão de um sistema de distribuição de energia elétrica. Uma forma de obter esta informação é através do estudo de caracterização da carga, uma atividade que consiste na medição e análise de uma grande quantidade de curvas de carga, com a finalidade de obter um pequeno conjunto de curvas típicas ou tipologias, representativas dos perfis de demanda das diversas classes consumidoras atendidas por uma concessionária de distribuição (PESSANHA; MELO, 2002).

O entendimento do perfil de carga do consumidor, além de aumentar a oferta de serviços diferenciados, pode ainda, ser o alicerce de uma nova tarifa de energia elétrica customizada e capaz de promover a melhoria da racionalidade do uso dos recursos energéticos do país.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

A seguir serão listados os objetivos gerais e específicos desse trabalho.

1.2.1 Objetivos Gerais

Comparar as curvas típicas de carga de metalúrgicas atendidas em média tensão fornecidas pela concessionária, com as curvas de carga que serão medidas em metalúrgicas que possuem transformadores elétricos com potência aparente nominal de 300kVA, 500kVA e 750kVA, na cidade de Caxias do Sul.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Compreender o comportamento da demanda ao longo do dia em metalúrgicas atendidas em média tensão em Caxias do Sul;
- Aplicar métodos matemáticos de comparação entre os pontos da curva típica e da curva média obtida durante as medições, para cada um dos cinco patamares de demanda;
- Propor um coeficiente de ajuste, se necessário, para as curvas típicas de carga da concessionária, afim de torná-las mais próximas da realidade de Caxias do Sul possível.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O texto está organizado em cinco capítulos, sendo este o introdutório. No Capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica sobre o sistema de distribuição do Brasil, os conceitos de caracterização de carga, bem como é detalhado como as curvas típicas de carga são geradas e, por fim, são descritos alguns métodos matemáticos de comparação de dados (medidas de similaridade).

O Capítulo 3 trata da metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente, é explicado como será feita a amostragem dos consumidores a serem medidos, depois são detalhados os qualímetros utilizados para as medições das curvas de carga das metalúrgicas que serão analisadas, e por fim é descrito como a padronização dos dados será efetuada, bem como quais os métodos de comparação entre a curva típica de carga de cada estratificação e a curva média medida nos respectivos clientes. Já no Capítulo 4 serão apresentados os resultados e no Capítulo 5 as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

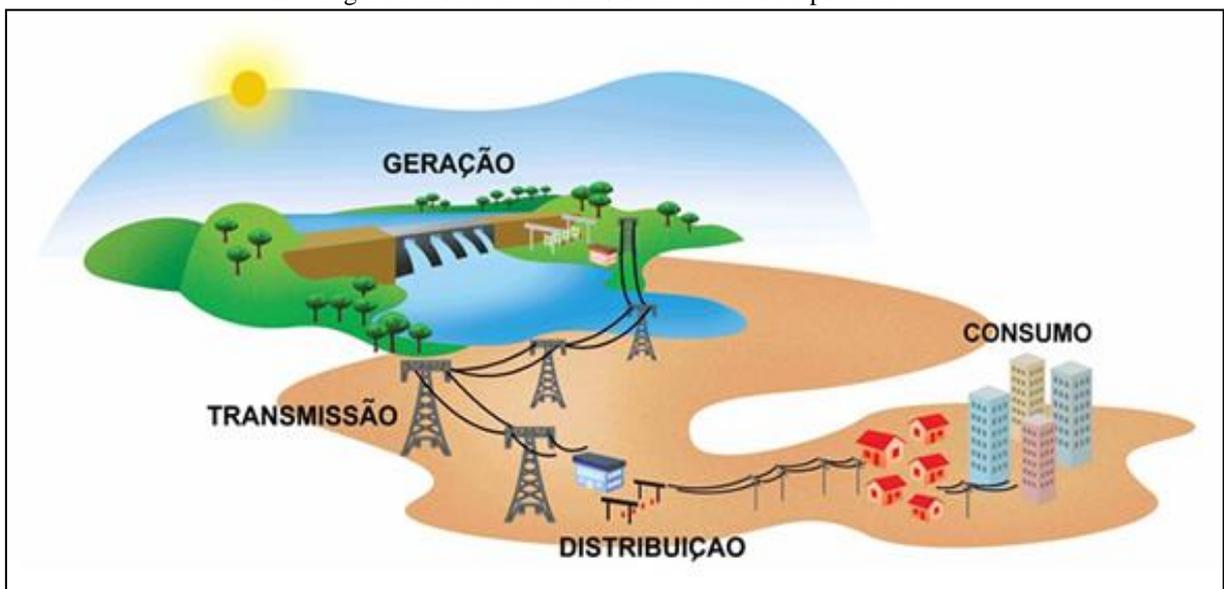
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será introduzido o sistema de distribuição e quais são as principais características. Serão apresentados os conceitos gerais relacionados à curva de carga no setor industrial, bem como a determinação de seus parâmetros e também serão apresentadas as curvas típicas de carga utilizadas pela concessionária local. Por fim serão descritos métodos matemáticos de comparação de dados (medidas de similaridade), que posteriormente serão aplicados para o desenvolvimento desse estudo.

2.2 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

O Sistema Elétrico De Potência (SEP) é composto pelo sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Na Figura 2 é mostrado a estrutura básica de um sistema elétrico de potência.

Figura 2: Estrutura de um sistema elétrico de potência



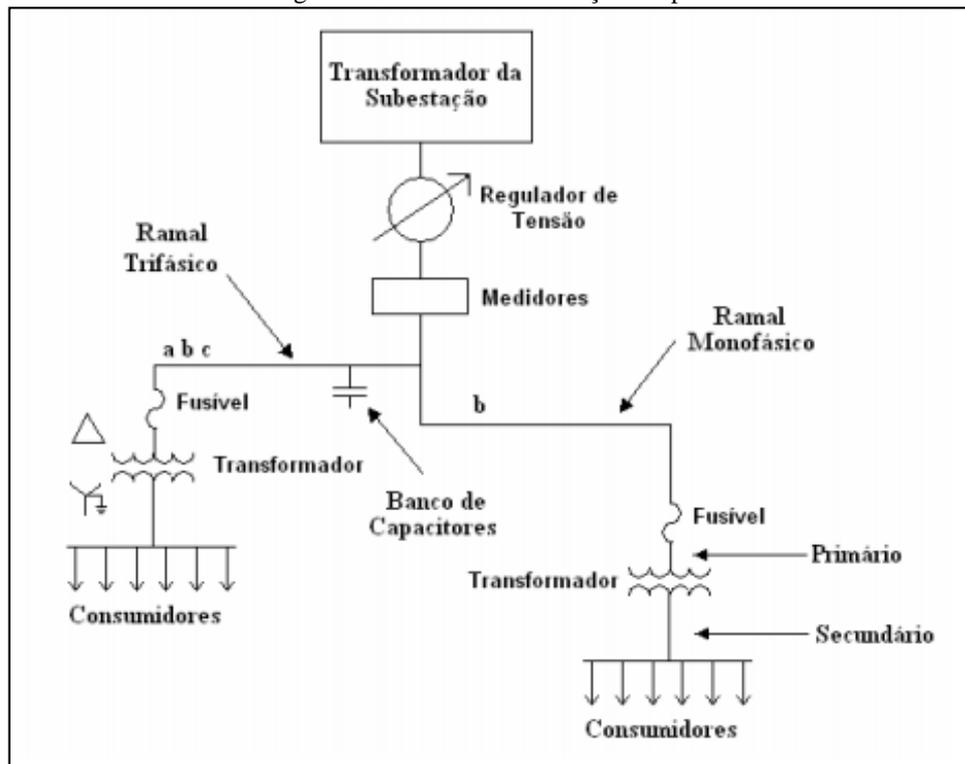
Fonte: ABRADDEE (2021).

O Operador Nacional Do Sistema Elétrico (ONS), em seu glossário de termos técnicos (ONS, 2020), define o sistema de distribuição como as instalações e equipamentos pertencentes a uma concessionária ou permissionária de distribuição. Segundo Turan Gonen (1986), a função de um sistema de distribuição de energia elétrica é fornecer energia das subestações de subtransmissão ou de pequenas estações geradoras a cada consumidor, transformando a tensão em valores apropriados para o consumo.

As redes de distribuição apresentam características muito particulares e que as diferenciam

das redes de transmissão. Entre estas características distinguem-se: a topologia radial, as múltiplas conexões, as cargas de distinta natureza, as linhas com resistências muitas vezes comparáveis à reatância e na maioria das vezes sem transposições (FRANCISQUINI, 2006). Na Figura 3 é mostrado a estrutura básica de um sistema de distribuição simples.

Figura 3: Sistema de distribuição simples



Fonte: FRANCISQUINI (2006).

A Associação Brasileira De Distribuidores De Energia Elétrica (ABRADEE), em seu módulo V - Distribuição (ABRADEE, 2019), afirma que a energia distribuída é a energia efetivamente entregue aos consumidores conectados à rede elétrica de uma determinada empresa de distribuição, podendo ser rede de tipo aérea (suportada por postes) ou de tipo subterrânea (com cabos ou fios localizados sob o solo, dentro de dutos subterrâneos). Do total da energia distribuída no Brasil, dentre as Distribuidoras associadas à Abradee, o setor privado é responsável pela distribuição de, aproximadamente, 60% da energia, enquanto as empresas públicas se responsabilizam por, aproximadamente, 40%.

De acordo com Os Procedimentos De Distribuição De Energia Elétrica No Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), em seu módulo 3 - Acesso Ao Sistema De Distribuição (PRODIST, 2017), a tensão de fornecimento para a unidade consumidora será atribuída de acordo com a potência total instalada. Os níveis de tensão são assim classificados:

Alta tensão (AT): Tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou superior a 69 kV e inferior

a 230 kV.

Média tensão de distribuição (MT): tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1kV e inferior a 69kV.

Baixa tensão de distribuição (BT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1kV.

2.3 CONSUMIDOR DE ENERGIA

O ONS em seu glossário de termos técnicos, submódulo 20.1 (ONS, 2020), define consumidor como a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, legalmente representada, que solicite o fornecimento de energia ou o uso do sistema elétrico, assumindo as obrigações decorrentes deste atendimento à(s) sua(s) unidade(s) consumidora(s), segundo disposto nas normas e nos contratos pertinentes. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em seu Anuário de Energia Elétrica 2020 (EPE, 2020), divide o consumo de energia elétrica por classe, conforme Tabela 1:

Tabela 1: Consumo por Classe (GWh)

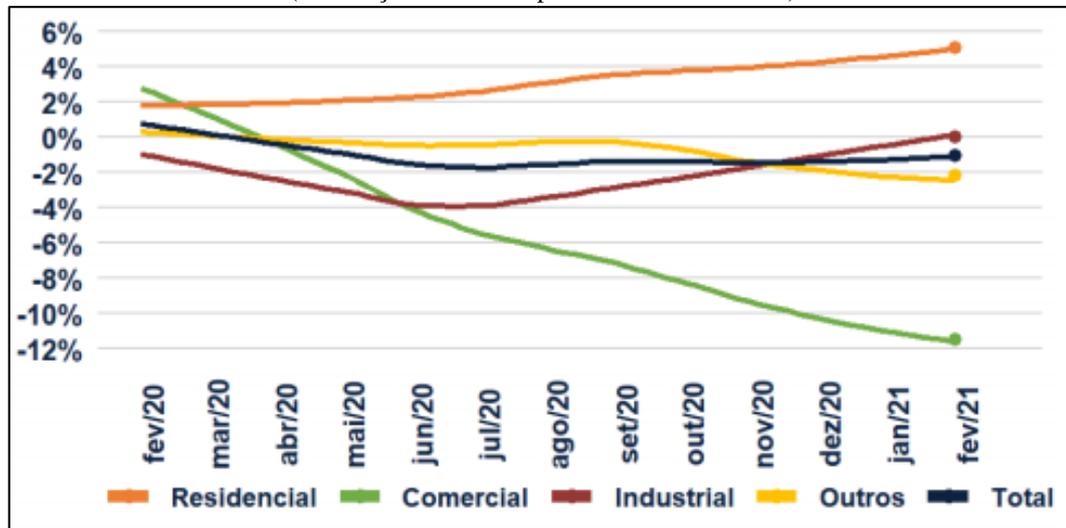
	2015	2016	2017	2018	2019	$\Delta\%$ (2019/2018)	Part. (%) 2019
Brasil	465.708	461.780	467.161	474.820	482.226	1.6	100
Residencial	131.190	132.872	134.368	137.615	142.781	3.8	29.6
Industrial	169.289	165.314	167.398	169.625	167.684	-1.1	34.8
Comercial	90.768	87.873	88.292	88.631	92.075	3.9	19.1
Rural	25.899	27.266	28.136	29.168	28.870	-1.0	6.0
Poder Público	15.196	15.096	15.052	15.076	15.752	4.5	3.3
Ilum. Pública	15.333	15.035	15.443	15.690	15.850	1.0	3.3
Serviço Público	14.730	14.969	15.196	15.778	15.958	1.1	3.3
Consumo Próprio	3.304	3.355	3.277	3.238	3.257	0.6	0.7

Fonte: EPE (2020).

Observando a Tabela 1, nota-se que a indústria é a classe que mais consome energia elétrica no Brasil, tendo uma participação de 34,8% do consumo total no país em 2019. A Resenha Mensal

do Mercado de Energia Elétrica, de março de 2021, (EPE, 2021), aborda a variação do consumo na rede nos últimos 12 meses em relação com o mesmo período do ano anterior, conforme Figura 4:

Figura 4: Variação [%] do consumo na rede em 12 meses
(em relação ao mesmo período do ano anterior)



Fonte: EPE (2021).

Nota-se que o setor comercial sofreu a maior descensão de consumo de energia elétrica, causada pela crise econômica mundial causada pelo COVID-19. Já no setor industrial, houve uma queda de consumo até junho de 2020 e após esse período, uma recuperação, tendo um aumento de aproximadamente 1% em relação aos últimos 12 meses.

2.3.1 Classe Industrial

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em sua resolução normativa nº800 (ANEEL, 2017), define que a classe industrial é caracterizada pelo fornecimento à unidade consumidora em que seja desenvolvida atividade industrial, conforme definido na Classificação Nacional De Atividades Econômicas (CNAE), assim como o transporte de matéria-prima, insumo ou produto resultante do seu processamento, caracterizado como atividade de suporte e sem fim econômico próprio, desde que realizado de forma integrada fisicamente à unidade consumidora industrial.

Segundo a EPE, em seu Anuário de Energia Elétrica 2020 (EPE, 2020), a atividade industrial brasileira responde por cerca de 35% do consumo total de energia do país, consumindo no ano de 2019 167.684GWh. A Tabela 2 divide o consumo industrial por região do Brasil:

Tabela 2: Consumo Industrial por região (GWh)

	2016	2017	2018	2019	Δ% (2019/2018)	Part. (%) 2019
Subsistemas Elétricos	165.314	167.398	169.625	167.684	-1,1	100
Sistemas isolados	149	142	147	143	-2,9	0,1
Norte	15.584	15.781	13.900	14.334	3,1	8,5
Nordeste	21.562	21.219	21.033	20.403	-3,0	12,2
Sudeste/Centro-Oeste	97.109	97.997	101.760	99.540	-2,2	59,4
Sul	30.910	32.258	32.785	33.264	1,5	19,8

Fonte: EPE (2020).

Observando a Tabela 2, nota-se que o sudeste/centro-oeste possui o maior consumo de energia elétrica no setor industrial, representando 59,4% do consumo industrial total no Brasil. Já a região Sul, local em que serão levantados os dados para esse trabalho, representa 19,8% do consumo industrial total do Brasil, sendo o segundo colocado no ranking. A Tabela 3 divide o número de consumidores industriais também por região:

Tabela 3: Número de consumidores Industriais por região

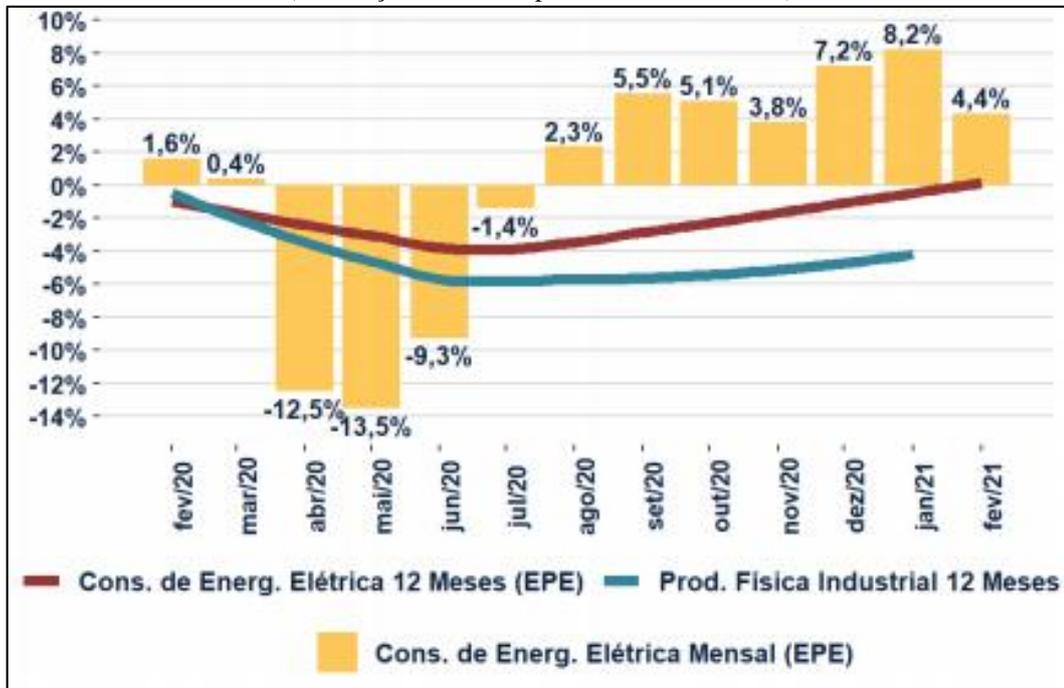
	2016	2017	2018	2019	Δ% (2019/2018)	Part. (%) 2019
Subsistemas Elétricos	535.831	528.452	518.549	472.389	-8,9	100
Sistemas isolados	2.128	2.060	1.970	1.829	-7,2	0,4
Norte	16.783	15.923	15.370	15.018	-2,3	3,2
Nordeste	41.936	40.473	37.437	36.810	-1,7	7,8
Sudeste/Centro-Oeste	253.837	253.523	246.568	200.083	-18,9	42,4
Sul	221.147	216.473	217.204	218.649	0,7	46,3

Fonte: EPE (2020).

Apesar do consumo industrial ser maior na região sudeste/centro-oeste, analisando a Tabela 3, nota-se que a região Sul detém o maior número de consumidores industriais, representando 46,3% dos consumidores industriais do Brasil. A Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica, de

março de 2021, (EPE, 2021), aborda as taxas de produção física versus o consumo industrial, do ano de 2021 em relação à 2020, conforme Figura 5:

Figura 5: Taxas produção física X consumo industrial
(em relação ao mesmo período do ano anterior)



Fonte: EPE (2021).

Na Figura 5 é possível observar tanto uma diminuição no consumo industrial, quando na produção física até junho de 2020, e após esse período uma recuperação de ambos. O consumo industrial, em fevereiro de 2021, tornou-se maior do que se comparado com fevereiro de 2020 e a produção física menor, comparando com o mesmo período do ano passado. A Tabela 4 também foi extraída da Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica, de março de 2021 (EPE, 2021), e aborda a separação do consumo de energia elétrica por setor industrial:

Tabela 4: Consumo industrial por setor				(continua)
10+ELETOINTENSIVOS	PARTICIPAÇÃO	Δ GWh	Δ %	
METALÚRGICO	23,5%	208	6,6	
PRODUTOS MINEIRAIS NÃO METÁLICOS	7,5%	99	9,8	
				(conclusão)
QUÍMICO	10,5%	96	6,8	

BORRACHA E MATERIAL PLÁSTICO	5,8%	48	6,3
TÊXTIL	3,8%	41	8,0
PAPEL E CELULOSE	5,0%	29	4,3
EXTRAÇÃO DE MINERAIS METÁLICOS	6,7%	28	3,0
AUTOMOTIVO	3,9%	18	3,6
PRODUTOS METÁLICOS	2,4%	11	3,3
PRODUTOS ALIMENTÍCIOS	13,8%	.26	.1,4

Fonte: EPE (2021).

Conforme a Tabela 4, o setor industrial que mais consome energia elétrica no Brasil, é o setor metalúrgico, que é o foco desse trabalho. O setor metalúrgico é responsável por 23,5% do consumo industrial total do país, o que representa um consumo de 208GWh por mês.

2.2.1.1 Indústrias Metalúrgicas

O foco de segmento industrial abordado neste trabalho são as metalúrgicas de pequeno e médio porte, alimentadas em média tensão. Essas são definidas como indústrias de transformação, que segundo a Comissão Nacional de Classificação (CONCLA, 2021), são aquelas em que as atividades envolvem a transformação física, química e biológica de materiais, substâncias e componentes com a finalidade de se obterem produtos novos.

Segundo o CNAE (CNAE, 2021), o segmento Metalurgia compreende a conversão de minérios ferrosos e não-ferrosos em produtos metalúrgicos por meios térmicos, eletrometalúrgicos ou não (fornos, convertedores, etc.), e outras técnicas metalúrgicas de processamento para obtenção de produtos intermediários do processamento de minérios metálicos, tais como gusa, aço líquido, alumina calcinada ou não, mates metalúrgicos de cobre e níquel, etc., a produção de metais em formas primárias ou semi-acabados (lingotes, placas, tarugos, biletos, palanquilhas, etc.), a produção de laminados, relaminados, trefilados, retrefilados (chapas, bobinas, barras, perfis, trilhos, vergalhões, fio-máquina, etc.) e a produção de canos e tubos, assim como a produção de peças fundidas de metais ferrosos e não-ferrosos e a produção de barras forjadas de aço (laminados longos).

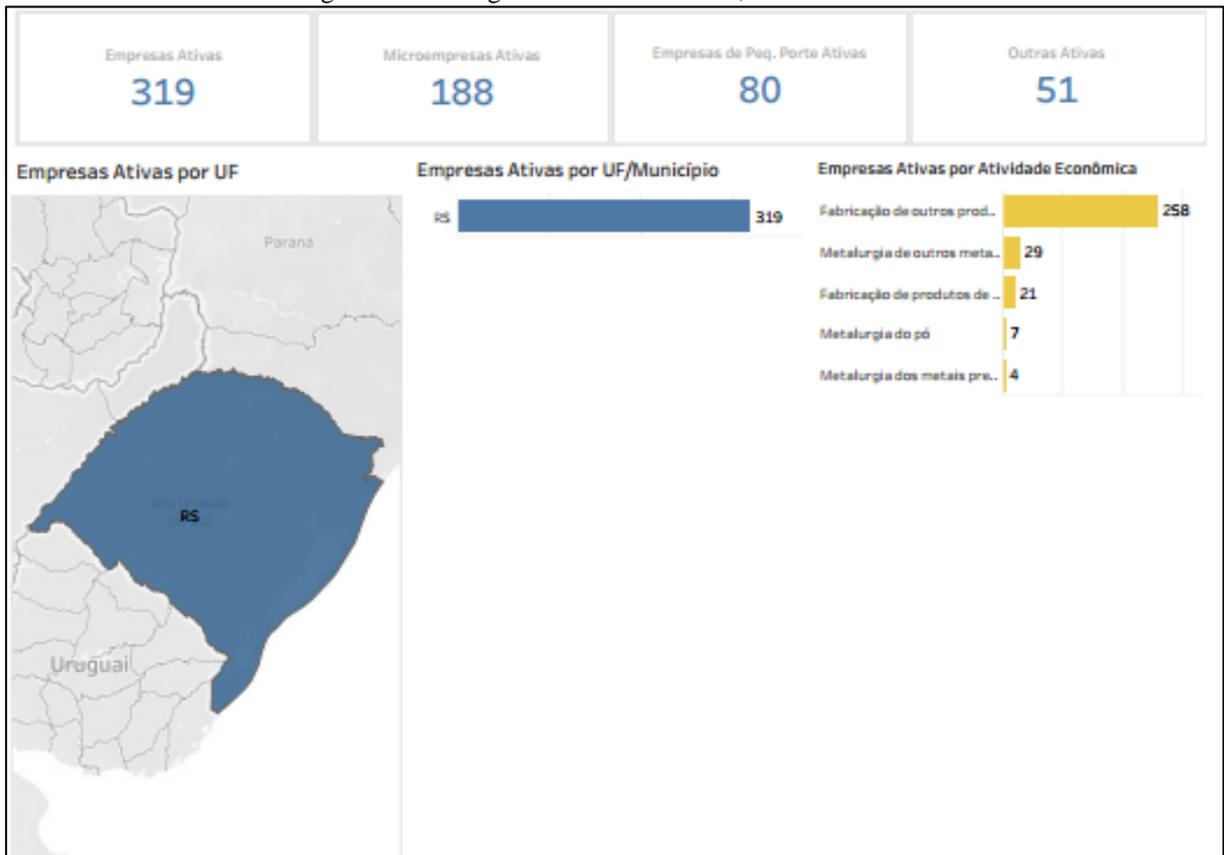
A Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (SPGG), em seu Atlas Socioeconômico

do Rio Grande do Sul (SPGG, 2021), afirma que em 2018, a indústria Metalúrgica era responsável por 3.323 estabelecimentos e 205.345 empregados no Brasil. O Rio Grande do Sul possuía participação de aproximadamente 9% desses estabelecimentos e 4% do número de empregados. São Paulo e Minas Gerais concentravam a maior parte da produção. A indústria Metalúrgica encontra-se concentrada no território do Rio Grande do Sul. Em 2018, existiam 308 estabelecimentos, os quais empregavam 8.729 pessoas. Caxias do Sul concentra 19% dos estabelecimentos e 18% dos empregos do segmento.

Em discordância com o dado apresentado pela SPGG, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em seu Painel Mapa de Empresas (IBGE, 2021), afirma que existem 319 empresas em Caxias do Sul que são classificadas como metalúrgicas, sendo essas metalúrgicas dos metais preciosos, metalúrgicas do pó, metalúrgicas do cobre, metalúrgicas de outros metais não ferrosos e suas ligas e também industriais que fabricam produtos de trefilados de metal e outros produtos de metal não especificados anteriormente.

O dado fornecido pela SPGG não considerou as indústrias que entram na classificação de fabricantes de outros produtos de metais não especificados, fazendo com que o valor fornecido pelo IBGE seja maior, sendo esse o que será considerado para a realização desse estudo. A quantidade de metalúrgicas atendidas em média tensão em Caxias do Sul foi fornecida pela concessionária local, RGE, totalizando 109 indústrias. A Figura 6 é o Painel Mapa de Empresas, obtido no site do IBGE, que demonstra a quantidade de metalúrgicas pertencentes à cidade de Caxias do Sul, em 2021.

Figura 6: Metalúrgicas em Caxias do Sul, no ano de 2021.



Fonte: IBGE (2021).

2.3 FATORES TÍPICOS UTILIZADOS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

Para o entendimento dos estudos que caracterizam as curvas típicas de carga, é necessária a compreensão dos principais fatores de carga. Dessa forma, essa seção do trabalho apresenta uma breve explicação dos mesmos.

2.3.1 Demanda

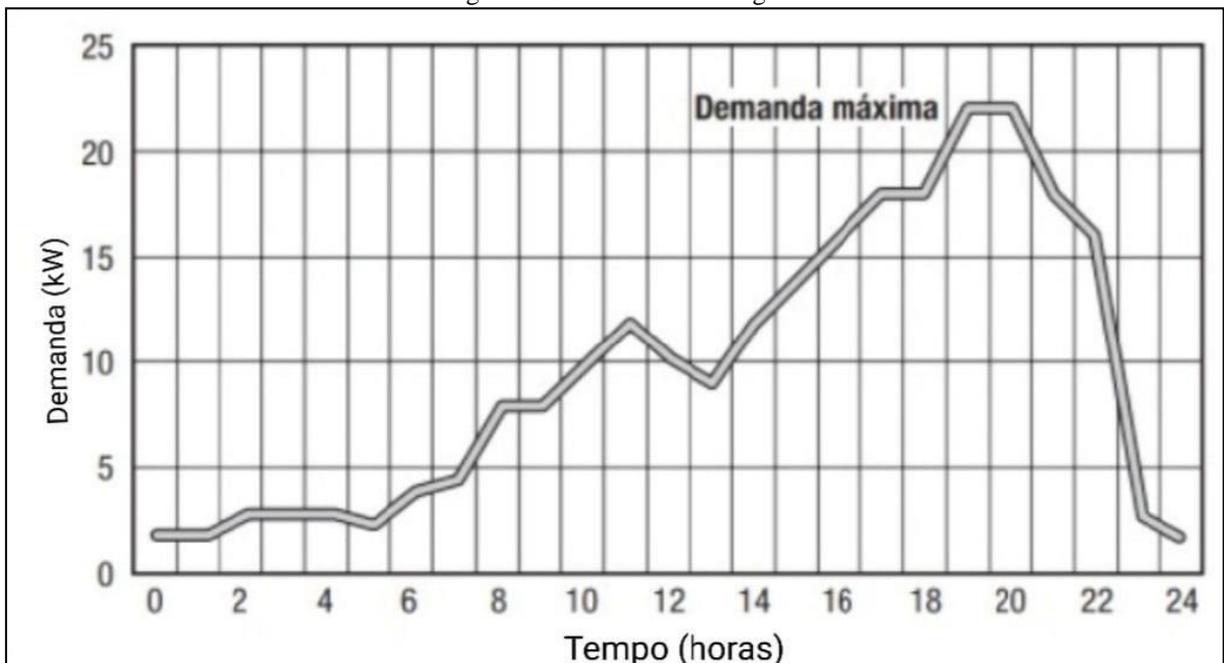
A ANEEL, na resolução normativa nº 414 (ANEEL, 2010), define demanda como a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico, pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado.

O ONS, em seu glossário de termos técnicos, submódulo 20.1 (ONS, 2020) define a carga de demanda instantânea como a potência elétrica média ocorrida no menor intervalo de tempo preestabelecido do medidor.

Entende-se por carga a aplicação que está sendo medida em termos de potência, aparente, ativa ou reativa, ou ainda, em termos do valor eficaz da intensidade de corrente, conforme a

conveniência. O período no qual é tomado o valor médio é designado por intervalo de demanda. Para cada aplicação, pode-se levantar, num determinado período, por exemplo o dia, a curva da demanda instantânea em função do tempo, obtendo-se a curva instantânea de demanda no período. Evidentemente, nessa curva ocorrerão flutuações muito grandes na demanda, sendo, portanto, prática corrente tomar-se a curva de demanda do período considerando-se um intervalo de demanda não nulo, usualmente 10 ou 15 minutos (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2005). Na Figura 7 apresenta-se uma curva de carga diária genérica, com intervalo de demanda não nulo.

Figura 7: Curva diária de carga



Fonte: Adaptado do Kagan, Oliveira e Robba (2005).

Na Figura 7, destaca-se que se a demanda representa potência ativa, a área sob a curva corresponderá à energia consumida diariamente.

2.3.2 Demanda Máxima

A ANEEL, por meio do manual de controle patrimonial do setor elétrico (MCPSE), anexo à resolução normativa nº 674 (ANEEL, 2014), define demanda máxima como a maior demanda verificada durante um intervalo de tempo especificado.

Para Kagan, Oliveira e Robba (2015), não se deve confundir o período durante o qual a demanda foi observada com o intervalo de demanda. Assim, é evidente que quando se fala em demanda máxima é imprescindível que se especifique o período durante o qual a demanda, com

intervalo de demanda prefixado, foi observada, ou seja deve-se dizer: demanda máxima diária, mensal, ou anual, conforme o período de observação tenha sido o dia, o mês ou o ano, respectivamente. Por exemplo, na Figura 7, a demanda máxima ocorreu próximo às 19 horas, com o valor de aproximadamente 22kW.

2.3.3 Diversidade De Carga

De acordo com trabalho de Kagan, Oliveira e Robba (2005), define-se: “A demanda diversificada de um conjunto de cargas, num dado instante, é a soma das demandas individuais das cargas, naquele instante”. Formalmente, para um grupo de n cargas cuja demanda diária é dada por $D_i(t)$, com $i = 1, 2, \dots, n$, a demanda diversificada do conjunto de cargas é expressa pela equação (1):

$$D_{div}(t) = \sum_{i=1,n} D_i(t) \quad (1)$$

Em particular, a demanda máxima diversificada corresponde ao instante ta , em que ocorre a demanda máxima do conjunto de cargas, representada pela equação (2):

$$D_{div,m\acute{a}x}(t) = D_{div}(ta) = \sum_{i=1,n} D_i(ta) \quad (2)$$

Define-se, ainda, a “demanda diversificada unitária” do conjunto de n cargas, $D_{div}(t)$ conforme a equação (3):

$$D_{div}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1,n} D_i(t) \quad (3)$$

Define-se, também, o fator de diversidade do conjunto de cargas como: “O fator de diversidade de um conjunto de cargas é a relação entre a soma das demandas máximas das cargas e a demanda máxima do conjunto” (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2005). Formalmente tem-se a equação (4):

$$f_{div} = \frac{\sum_{i=1,n} D_{m\acute{a}x,i}(t)}{D_{div,m\acute{a}x}} \quad ((4))$$

Evidentemente, o fator de diversidade, que é um adimensional, é sempre não menor que um, alcançando a unidade quando as demandas máximas de todas as cargas do conjunto ocorrerem no mesmo instante (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2005).

Define-se ainda, o fator de coincidência, que é o inverso do fator de diversidade, isto é:

$$f_{coinc} = \frac{1}{f_{div}} = \frac{D_{div,m\acute{a}x}}{\sum_{i=1,n} D_{m\acute{a}x,i}} \quad ((5))$$

2.3.4 Fator De Carga

De acordo com a resolução normativa, nº414 (ANEEL, 2010), o fator de carga é definido como a razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado. Também é possível afirmar que o fator de carga é a razão entre a energia ativa consumida e a energia máxima que poderia ser utilizada em um intervalo de tempo t_a , representada pela equação (6):

$$f_{carga} = \frac{D_{m\acute{e}dia}}{D_{m\acute{a}x}} = \frac{\int_0^{t_a} d(t)dt}{D_{m\acute{a}x} \cdot t_a} \quad ((6))$$

2.3.5 Fator De Demanda

De acordo com a Resolução Normativa nº 414 (ANEEL, 2010) o fator de demanda é a razão entre a demanda máxima de potência registrada num intervalo de tempo especificado, ou potência de alimentação, e a potência instalada na unidade consumidora, conforme equação (7):

$$f_{dem} = \frac{D_{m\acute{a}xdiv}}{\sum_{i=1,n} D_{i_{nominal}}} \quad (7)$$

2.3.6 Fator De Utilização

O fator de utilização de um sistema, num determinado período de tempo t , é a relação entre a demanda máxima do sistema, no período t , e sua capacidade, conforme mostra a equação (8). Essa definição aplica-se também a parte de um sistema. Este fator, que é adimensional, é calculado definindo-se a demanda máxima e a capacidade nas mesmas unidades. Destaca-se que a capacidade do sistema é obrigatoriamente expressa em unidades de corrente ou de potência aparente. Seu valor é usualmente não maior que um, porém, quando o sistema está operando em sobrecarga, assume valor maior que uma unidade. (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2005).

$$f_{util} = \frac{D_{máxdiv}}{C_{sistema}} \quad (8)$$

2.4 CAMPANHAS DE MEDIÇÃO

Para Andrade (2003), uma campanha de medidas pode ser entendida como sendo o conjunto de técnicas estatísticas e procedimentos organizacionais, que permitem, a partir de amostras, caracterizar a demanda do sistema ou universo de consumidores que se deseja conhecer. Para a caracterização da carga, é necessário definir as diretrizes, para que as distribuidoras caracterizem a carga de suas unidades consumidoras, bem como o carregamento de suas redes e transformadores, por meio de informações oriundas de campanhas de medição.

2.4.1 Periodicidade

O PRODIST, em seu módulo 2 – Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição (PRODIST, 2016), afirma que a campanha de medição deve ser realizada a cada revisão tarifária periódica e, adicionalmente, a cada dois processos de revisão tarifária periódica. Devem ser realizadas também pesquisas de posse de equipamentos e hábitos de consumo para as diversas classes de unidades consumidoras.

2.4.2 Estratificação

Para o PRODIST, módulo 2 (PRODIST, 2016), as unidades consumidoras conectadas aos sistemas de distribuição devem ser separadas por nível de tensão, como segue:

- a) SDAT (Sistema de distribuição de Alta Tensão) – 230kV;
- b) SDAT – 88kV - 138kV;
- c) SDAT – 69kV;
- d) SDMT (Sistema de Distribuição de Média Tensão) – acima de 1kV - 44kV;
- e) SDBT (Sistema de Distribuição de Baixa Tensão) – inferior ou igual a 1kV;

As metalúrgicas que serão analisadas são atendidas em média tensão, ou seja, com tensão de fornecimento entre 1kV e 44kV. O PRODIST, ainda em seu módulo 2 (PRODIST, 2016), afirma que para as unidades consumidoras conectadas ao SDMT, a estratificação deve ser feita por potência demandada nas seguintes faixas:

- a) Até 50kW;
- b) Acima de 50kW até 150kW;
- c) Acima de 150kW até 300kW;
- d) Acima de 300kW até 800kW;
- e) Acima de 800kW.

2.4.3 Definição da amostra – Plano Amostral

Segundo Almeida (2014), o Plano Amostral deve definir o que medir, quando medir, como e onde medir. A partir dessas medições, têm-se então as curvas de carga dos consumidores e das redes, com o objetivo principal: efetuar o cálculo dos custos do uso da rede de transmissão e distribuição, não impedindo que seja usado um plano amostral para atender outras finalidades.

2.4.3.1 Variáveis analisadas e intervalo de integração

A demanda ativa e reativa dos clientes devem ser medidas de 15 em 15 minutos, então em 24 horas, serão obtidas 96 amostras para elaboração da curva de carga. Quanto menor o intervalo de medição, mais precisa é a curva de carga.

2.4.4 Equipamentos de medição

O PRODIST, em seu módulo 5 – Sistemas de medição e procedimentos de leitura (PRODIST, 2021), afirma que o equipamento de medição utilizado para levantamento de curvas de cargas deve ser da classe B-1% de exatidão e os TPs e TCs classe 0,6. Os sistemas de medição

destinados à coletas de dados do sistema de distribuição devem, no mínimo, atender aos seguintes requisitos, segundo o PRODIST – Módulo 5 (PRODIST, 2021):

- a) Ser capazes de apurar a demanda ativa e a demanda reativa, integralizadas em intervalos de 15 (quinze) ou 5 (cinco) minutos, em kW e kVar, respectivamente;
- b) Possuir capacidade de medição em 4 (quatro) quadrantes, caso haja possibilidade de se ter fluxo de energia nos dois sentidos no ponto de medição;
- c) Possuir classes de exatidão dos equipamentos iguais ou superiores às classes de exatidão estabelecidas na Tabela 1 da Seção 5.1, conforme o nível de tensão em que o sistema será instalado;
- d) Ser provido de memória de massa com capacidade de armazenar dados de energia ativa, energia reativa, tensão e, opcionalmente, demanda ativa e reativa, considerando separadamente os montantes consumidos e os gerados, quando necessário. O intervalo de armazenamento pode ser fixo em 5 (cinco) minutos, ou programável de 5 (cinco) a 60 (sessenta) minutos, devendo armazenar dados referentes a, no mínimo, 37 (trinta e sete) dias de uso;

2.4.5 Amostra

Ainda em concordância com o módulo 2 do PRODIST (PRODIST, 2016), sabe-se que a definição das amostras por estrato deve obedecer à equação (9) e que o nível de erro aceitável da amostra de cada estratificação deverá ser no máximo 20%, com nível de confiança de 95%

$$n = \frac{1,96^2 \cdot \left(\frac{CV}{R}\right)^2}{1 + \frac{1,96^2}{N} \cdot \left(\frac{CV}{R}\right)^2} \quad (9)$$

Onde:

- *CV*: Coeficiente de variação médio;
- *R*: Erro amostral;
- *N*: tamanho da população;
- *n*: Amostra.

O coeficiente de variação (*CV*) é definido como o quociente entre o desvio-padrão e a média,

conforme equação (10):

$$CV = \frac{\sigma}{p} \quad (10)$$

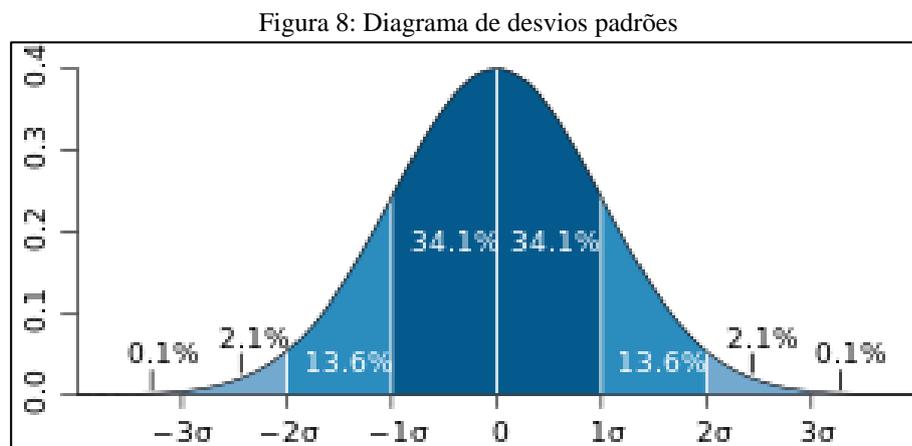
Onde:

- σ : Desvio-padrão;
- p : Média.

O desvio-padrão é a raiz quadrada da variância. A variância de uma amostra é definida pelo quociente entre o somatório dos desvios em relação a média, ao quadrado pelo número de elementos menos 1, como descrito na equação (11):

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}{n - 1} \quad (11)$$

A precisão da amostra depende do tamanho, quando maior o tamanho da amostra, menor o erro amostral. A grandeza estatística para determinar o erro amostral (R), é a dispersão da variável de interesse (potência), medida através do desvio padrão (σ) ou da variância (σ^2). A Figura 8 é a representação da curva dos desvios padrões.



Fonte: Almeida (2014).

2.5 CURVA DE CARGA

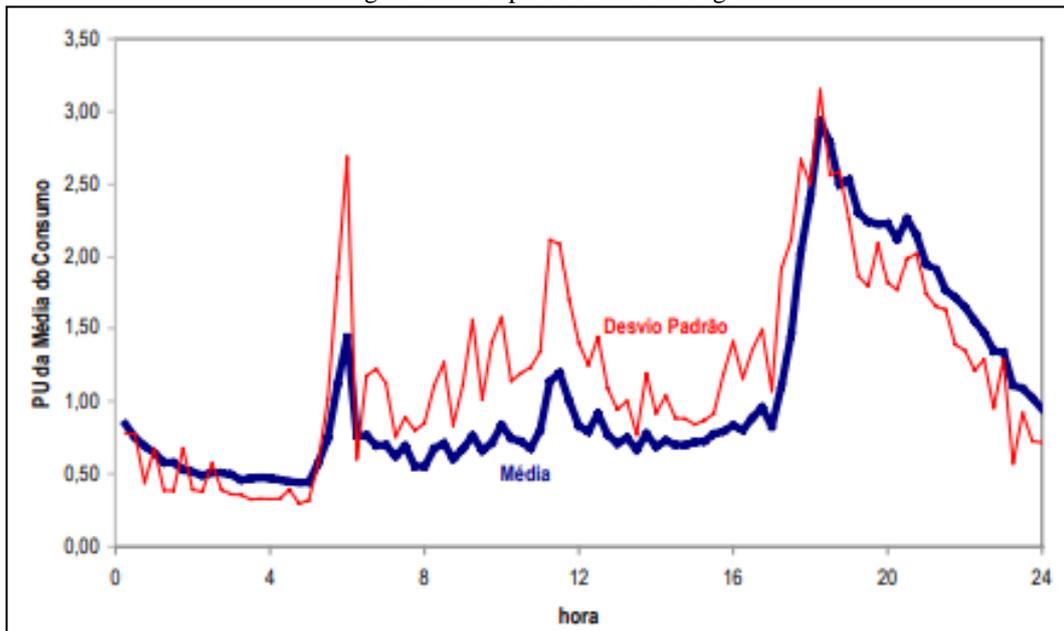
O ONS , em seu glossário de termos técnicos, submódulo 20.1 (ONS, 2020), define curva de carga como a curva que representa a variação da potência, em função do tempo, requerida por um sistema ou equipamento elétrico. As curvas de carga típicas, são séries temporais, que representam a potência demandada por dia, para uma classe de consumidores e faixa de consumo.

Por meio das curvas de carga, as concessionárias conseguem ter o conhecimento do perfil da carga de cada consumidor. Segundo Frascisquini (2006), a análise da curva de carga auxilia o planejamento do setor energético, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, visando à qualidade de entrega de energia, cálculos de perdas, previsão de demanda, estudos para cálculos de níveis de tensão futuros, tarifa e investimentos por parte das distribuidoras e concessionárias de energia, propiciando a alocação otimizada de recursos no planejamento de operação e expansão da malha de distribuição.

2.5.1 Conceitos

Segundo Manhães e Martins (2006), no caso da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), as curvas de carga são cadastradas num banco de dados específico, e são baseadas no Código de Atividade do consumidor. São fruto de um estudo feito no extinto Centro de Excelência da Distribuição, na USP, que fez o levantamento de curvas de carga para cerca de 70 atividades principais. Estas curvas foram distribuídas para as demais atividades, por semelhança de atividade. São cadastradas com 96 pontos de demanda, desde 00:15 até 24:00 (medições a cada 15 minutos). A cada um dos 96 pontos estão associados uma média e um desvio padrão, frutos das medições efetuadas durante o estudo da USP, que cobriu apenas os consumidores atendidos em baixa tensão. Um exemplo é mostrado na Figura 9:

Figura 9: Exemplo de curva de carga



Fonte: Manhães e Martins (2006).

Para os clientes em média tensão, que é o caso de muitas industriais, a CPFL criou um padrão de curva de carga, já que esses consumidores têm suas demandas medidas, não foi necessário estimá-las a partir do consumo. As curvas dos consumidores em média tensão são baseadas nas demandas medidas e não é considerado o desvio padrão.

2.5.2 Consumidores industriais – Média tensão

Devido a grande variação de atividades do setor industrial, as curvas de carga são estimadas por ramo, por localização e também por faixa de consumo de energia elétrica. Um determinado consumidor, pode ter uma curva típica personalizada, caso a concessionária determine que isso é necessário.

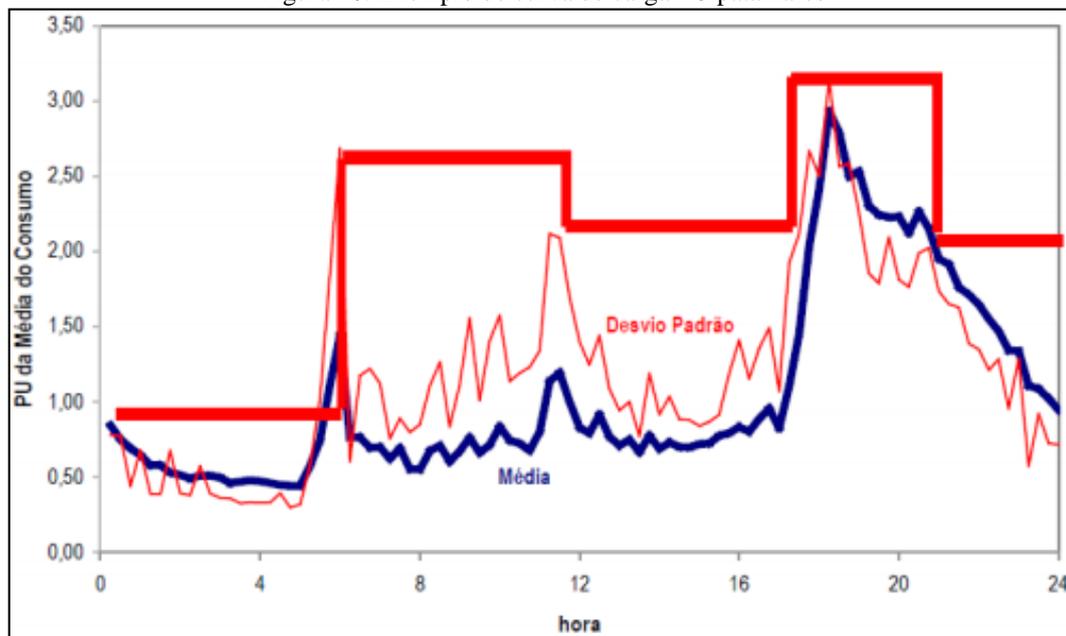
2.5.2.1 Geração da Curva de Carga

A CPFL Energia, em seu Gerenciamento eletrônico de Documentos (GED) 5694, (CPFL, 2021), afirma que para determinação da curva de carga dos consumidores de média tensão, deve-se determinar 5 patamares de demanda. As demandas são cadastradas por unidade (p.u) da demanda máxima, assim para cada ponto da curva de carga, a demanda do consumidor é expressa pela equação (12):

$$Dkw_{ponto i} = Dpu_{ponto i} \times D_{máxima kW} \quad (12)$$

Então, para obter os cinco patamares citados anteriormente, basta pesquisar a curva de carga e escolher o maior valor de demanda dentro de cada patamar. Para a obtenção da demanda em kVA, a partir do valor de demanda em kW, o fator de potência medido na ponta deve ser aplicado ao patamar da ponta (quarto patamar), enquanto o fator de potência medido fora da ponta deve ser aplicado para os demais patamares e se somente um fator de potência estiver disponível, deve-se aplicar o mesmo para os cinco patamares. A Figura 10 é um exemplo dos cinco patamares, na mesma curva de carga apresentada na Figura 9:

Figura 10: Exemplo de curva de carga – 5 patamares



Fonte: Manhães e Martins (2006).

Os cinco patamares são representados na Figura 10, pela curva mais espessa em vermelho. Esses cinco patamares são: madrugada, manhã, tarde, ponta e noite. Lembrando que o horário de ponta é das 18 horas às 21 horas para esta concessionária. No caso das medições em indústrias, que são alimentadas em média tensão, apenas os valores da média são utilizados para a geração dos cinco patamares da curva de carga.

2.5.2.1.1 Análise Estatística

Para a obtenção da curva de carga com os 96 pontos para empresas atendidas em média tensão, a CPFL determina que seja utilizado apenas a média dos pontos. Isso significa que, a cada

15 minutos, que é o período de integralização, faz-se a média das potências aparentes demandadas naquele período.

A média (\bar{X}) é um valor típico ou representativo de um conjunto de dados. Como esses valores típicos tendem a se localizar no ponto central, dentro de um conjunto de dados ordenados segundo suas grandezas, a média é denominada medida de tendência central (SPIEGEL, 1976). A média pode ser descrita conforme equação (13):

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N} = \frac{\sum_{j=1}^N X_j}{N} \quad (13)$$

2.5.2.2 Curvas Típicas de carga – Metalúrgicas MT

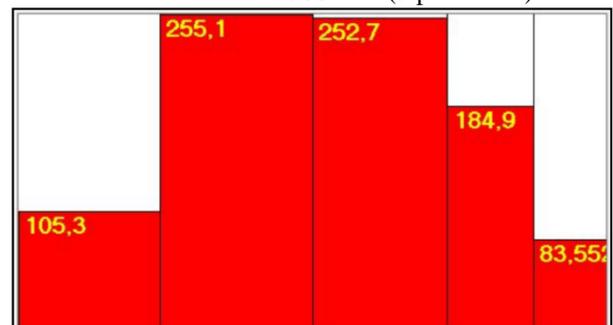
As curvas típicas de carga foram fornecidas pela concessionária local (RGE), utilizando o software DemProj, que gera as curvas de carga típicas para cada tipo de atividade, conforme sua demanda. Como já foi citado, para clientes atendidos em média tensão, é considerado apenas a curva da média, portando a curva de desvio padrão é nula. Nas Figuras 11 a 16 são apresentadas algumas curvas típicas de carga com 96 pontos medidos e também com os cinco patamares correspondentes das metalúrgicas atendidas em média tensão, conforme sua demanda. As curvas representativas das outras faixas de demanda são mostradas no Anexo I.

Figura 11: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 300kVA (96 pontos)



Fonte: RGE (2021).

Figura 12: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 300kVA (5 patamares)



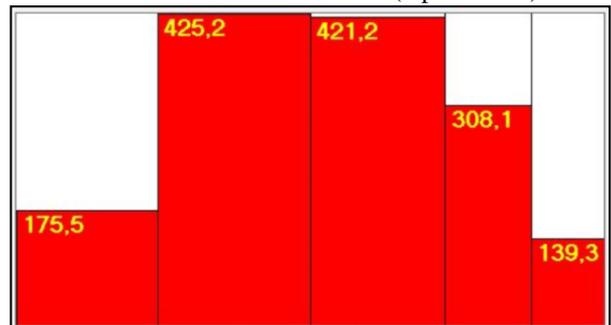
Fonte: RGE (2021).

Figura 13: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 500kVA (96 pontos)



Fonte: RGE (2021).

Figura 14: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 500kVA (5 patamares)



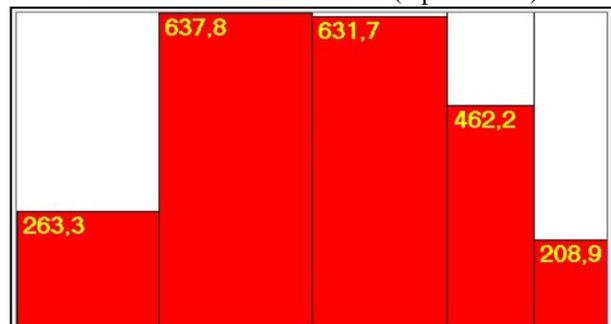
Fonte: RGE (2021).

Figura 15: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 750kVA (96 pontos)



Fonte: RGE (2021).

Figura 16: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 750kVA (5 patamares)



Fonte: RGE (2021).

Nota-se que para todas as curvas típicas de carga, das metalúrgicas atendidas em média tensão, independentemente da demanda, o patamar 2 apresenta uma carga mais elevada, que representa a parte da manhã, seguida pelo patamar 3, que representa a parte da tarde. É evidente que no patamar 4, horário de ponta, onde a tarifa de energia elétrica é mais cara, as empresas reduzem a potência demandada afim de economizar, além também de não ser um horário típico de trabalho para empresas que não possuem o terceiro turno.

2.6 MEDIDAS DE SIMILARIDADE E DISSIMILARIDADE

A similaridade entre dois objetos é a medida numérica do quão parecidos eles são, ou seja, objetos parecidos tem a similaridade alta. Já a dissimilaridade é a medida numérica do quão diferentes dois objetos são, em geral usa-se medidas de distância. Algumas delas serão citadas a seguir:

2.6.1 Similaridade baseada na distância Euclidiana

A distância Euclidiana é a medida de similaridade mais utilizada, sendo a distância entre dois pontos que pode ser comprovada pelo teorema de Pitágoras. A equação (14) define a distância euclidiana entre dois pontos x e y de dimensão n :

$$D(x, y) = \left(\sum_{k=1}^n (x_k - y_k)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (14)$$

Onde x_k e y_k são o k -ésimo atributo dos objetos x e y .

2.6.2 Similaridade baseada na distância de Manhattan

A distância de Manhattan, ou *City Block* é uma simplificação da distância Euclidiana e, por isso, é uma medida mais simples e de fácil implementação. É mais eficiente para aplicações em tempo real (KUGLER, 2003). A distância de Manhattan é descrita conforme a equação (15):

$$D(x, y) = \sum_{k=1}^n |x_k - y_k| \quad (15)$$

Onde x_k e y_k são o k -ésimo atributo dos objetos x e y , pontos em que se deseja calcular a distância.

2.6.3 Similaridade baseada na distância Minkowski

A distância de Minkowski é uma métrica em um espaço vetorial normado, a qual pode ser considerada como uma generalização de ambas as distâncias Euclidiana e Manhattan. A distância Minkowski é descrita conforme a equação (16):

$$D(x, y) = \left(\sum_{k=1}^n (x_k - y_k)^r \right)^{\frac{1}{r}} \quad (16)$$

Onde x_k e y_k são o k -ésimo atributo dos objetos x e y . E o parâmetro r pode ser igual a 1 (distância de Manhattan) ou igual a 2 (Distância Euclidiana).

2.6.4 Similaridade baseada no coeficiente de correlação de Person

O coeficiente de correlação de Pearson é um teste que mede a relação estatística entre duas variáveis contínuas. Se a associação entre os elementos não for linear, o coeficiente não será representado adequadamente. O coeficiente de correlação de Person é descrito conforme equação (17):

$$r_{xy} = \frac{\sum z_x z_y}{N} \quad (17)$$

Onde x é a variável número um, y é a variável número dois, z_x é o desvio padrão da variável um, z_y o desvio padrão da variável dois e N é o número de dados.

O coeficiente de correlação de Pearson pode ter um intervalo de valores de +1 a -1. Um valor de 0 indica que não há associação entre as duas variáveis. Um valor maior que 0 indica uma associação positiva. Isto é, à medida que o valor de uma variável aumenta, o mesmo acontece com o valor da outra variável. Um valor menor que 0 indica uma associação negativa. Isto é, à medida que o valor de uma variável aumenta, o valor da outra diminui.

2.7 TRABALHOS CORRELATOS

O trabalho de A. Anderson, A. Jansson e J. Klevas, de 1989, consiste na determinação estatística de uma curva de carga de dispersão e uma curva de carga média para cada classe de consumo dos clientes residenciais. Dados dos consumidores individuais foram armazenados em um banco de dados, que levava em consideração os dias da semana, temperatura, consumo mensal, localização e outros. As curvas de carga foram normalizadas por meio da análise de demanda para cada tipo de consumidor, escolhida de acordo com a necessidade do estudo. O objetivo do trabalho foi desenvolver uma ferramenta utilizada em estudos de aspectos econômicos e climáticos.

No ano de 1994, J. A. Jardini, C. M. V. Tahan, S. U. Ahn e S.L.S. Cabral, apresentaram um trabalho, que tinha como objetivo a caracterização de curva de carga de consumidores para o dimensionamento dos transformadores de distribuição. Os consumidores residenciais foram agrupados por faixa de consumo, sendo registradas curvas de consumo médio e curvas de desvio padrão para cada consumidor. A partir das curvas de carga de um consumidor em p.u (utilizando uma base de potência), as curvas médias e curvas de desvio padrões dos transformadores puderam

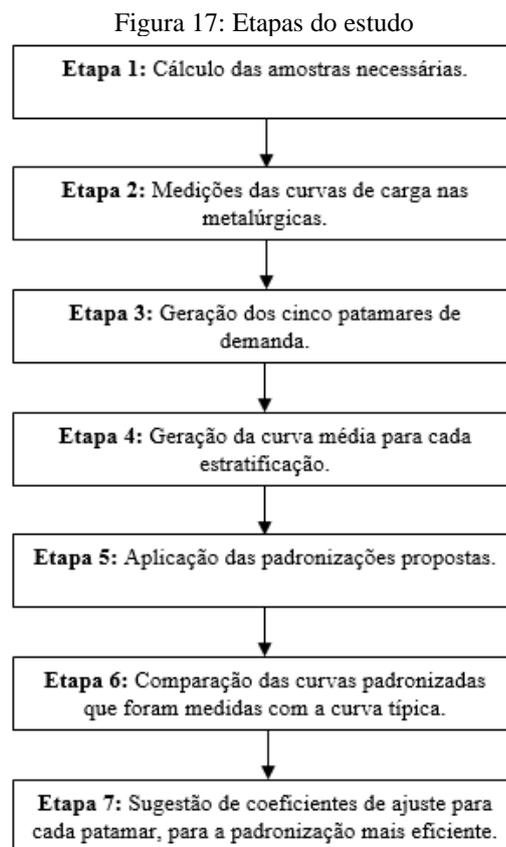
ser obtidas pela agregação das curvas dos consumidores. Já no ano de 1995, eles elaboraram uma representação de curva de carga diária para clientes residenciais e comerciais, utilizando uma função estatística. Nos anos 2000, eles apresentaram os resultados das medições realizadas para consumidores residenciais, industriais e comerciais conectados em baixa tensão, apresentando suas respectivas curvas de carga.

Em 2006, A. A. Francisquini estimou curvas de carga nos pontos de consumo de energia e dos transformadores de distribuição em seu trabalho. O tratamento estatístico de curvas reais obtidas por medições das concessionárias foi o ponto chave para obter as curvas representativas das classes consumidoras residenciais e comerciais, usadas nas estimativas das curvas de carga dos consumidores individuais. A estimação das curvas de carga nos transformadores foi feita pela soma das curvas estimadas dos consumidores individuais atendidos por ele.

Em 2014, C. S. Almeida, estimou as curvas de carga de consumidores de energia elétrica utilizando métodos estatísticos de agrupamento. Após testar onze métodos de análise de agrupamentos, ele constatou que os métodos de Ward e K-means, estão entre os melhores, para serem aplicados atualmente, equiparáveis ao Fuzzy C-means, que mostrou-se ligeiramente mais eficaz. Assim, Almeida recomendou utilizar o Fuzzy C-means implementado com o método das Nuvens Dinâmicas, usando o método de Ward para redução a um número menor, mas também melhor de clusters, ou, usando o próprio FCM para redução a um número pré-definido.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado como o cálculo da amostra dos clientes a serem medidos foi realizado. Também serão detalhados os analisadores de qualidade de energia (qualímetros) que foram instalados nas metalúrgicas analisadas, bem como a metodologia utilizada para comparar as curvas típicas de carga fornecidas pela concessionária e os resultados das medições efetuadas em campo. A realização do estudo proposto nesse trabalho de conclusão compreende, basicamente, as etapas citadas na Figura 17:



Fonte: A autora (2021).

ETAPA 1: *Cálculo das amostras necessárias:* Essa etapa envolve a determinação do número de amostras necessárias para que o estudo seja validado.

ETAPA 2: *Medições das curvas de carga nas metalúrgicas:* Essa etapa envolve a medição da curva de carga, com um analisador de qualidade de energia, nas metalúrgicas atendidas em média tensão que serão analisadas.

ETAPA 3: *Geração dos cinco patamares:* Essa etapa consiste em gerar os cinco patamares de demanda que são utilizados nos casos de clientes atendidos em média tensão.

ETAPA 4: *Gerar uma curva média para comparação:* Essa etapa consiste em gerar uma

curva com as médias para cada estratificação.

ETAPA 5: Padronização dos dados: Essa etapa consiste em aplicar duas padronizações de dados nas curvas médias geradas: dividir cada patamar obtido pela demanda média e pela demanda máxima.

ETAPA 6: Comparação das curvas obtidas com as curvas típicas da concessionária: Essa etapa consiste em aplicar métodos de comparação de dados, afim de verificar se as curvas típicas estão devidamente representando aquela tipologia.

ETAPA 7: Sugestão de um coeficiente de ajuste: Essa etapa consiste na sugestão de um coeficiente para adequação para cada um dos cinco patamares de demanda da curva de carga típica fornecida pela concessionária, utilizando a padronização que obter melhores resultados (menor erro).

3.1 CÁLCULO DAS AMOSTRAS

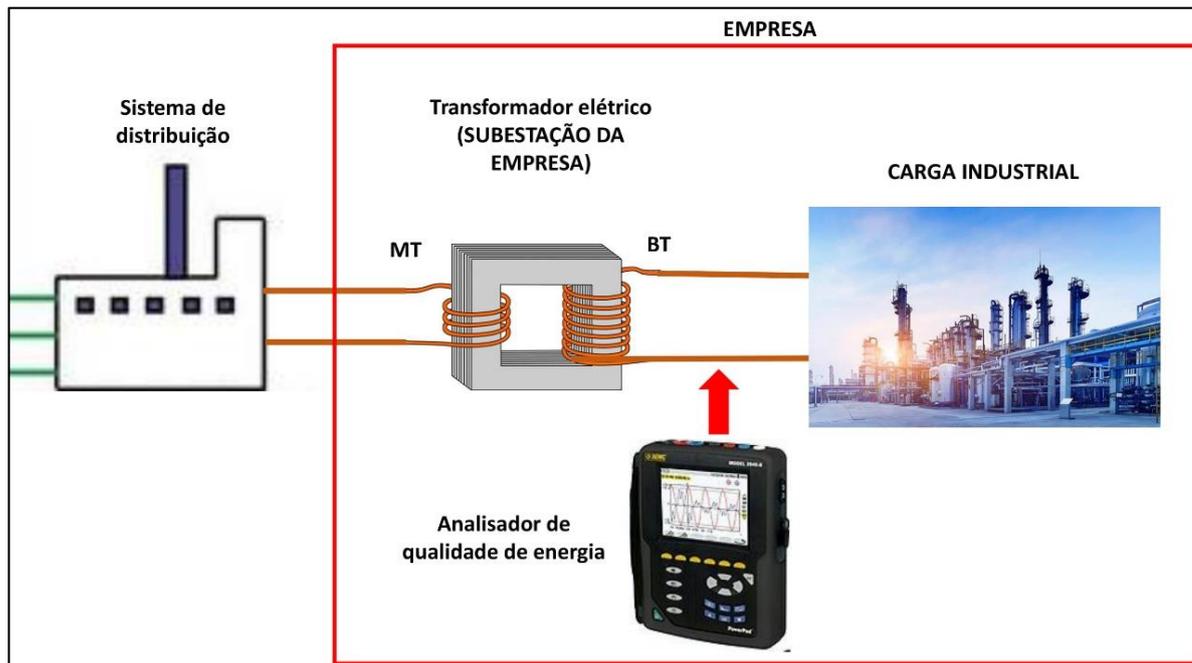
O tamanho da amostra depende diretamente do número de clientes da respectiva estratificação. Depende também do erro amostral fundamental da dispersão da potência, lembrando que o tamanho das amostras deve ser calculado para um erro máximo de 20%, como mostrado na seção 2.4.5. Para esse estudo, foram escolhidos os clientes que possuem transformadores elétricos de potência aparente nominal de 300kVA, 500kVA e 750kVA, sendo classificados, conforme o PRODIST entre uma faixa de amostragem, que compreende de 300kVA a 800kVA.

Quando não foi possível realizar as medições no número mínimo necessário de metalúrgicas de determinada demanda, as amostras foram complementadas por medições fornecidas pela concessionária, afim de validar o estudo.

3.2 MEDIÇÕES

Para as medições que foram realizadas nas metalúrgicas, foram utilizados quatro tipos de analisadores de qualidade de energia diferentes. A Figura 18 representa o ponto em que os analisadores foram instalados, para obtenção da curva de carga das metalúrgicas medidas:

Figura 18: Representação do ponto de medição



Fonte: A autora (2021).

Para cada medição, o analisador foi instalado no secundário do transformador da empresa. Afim de obter uma medição adequada, o tempo mínimo em que o analisador permaneceu instalado foi 1 semana, para que fosse possível verificar o comportamento da curva de carga da empresa para cada dia da semana.

3.2.1 QUALÍMETROS

Quatro qualímetros, analisadores de qualidade de energia, foram utilizados para a obtenção das curvas de cargas nas metalúrgicas analisadas, sendo esses:

- MARH-VI: RMS Sistemas eletrônicos;
- MARH-21: RMS Sistemas eletrônicos;
- MARH-28: RMS Sistemas eletrônicos;
- AEMC 3945-B: AEMC Instruments.

Figura 19: Analisador MARH-VI



Fonte: RMS Sistemas Eletrônicos (2021).

Figura 20: Analisador MARH 21



Fonte: RMS Sistemas Eletrônicos (2021).

Figura 21: Analisador MARH 28



Fonte: RMS Sistemas Eletrônicos (2021).

Figura 22: Analisador 3945-B



Fonte: AEMC Instruments (2021).

Todos os analisadores são da classe B-1% de exatidão e os TPs e TCs classe 0,6, conforme determinado no módulo 5 do PRODIST.

3.3 GERAÇÃO DOS CINCO PATAMARES DE DEMANDA

A CPFL determina que para clientes atendidos em média tensão, que é o caso do estudo realizado, a curva típica de carga deve ter os cinco patamares de demanda determinados, como é descrito no item 2.5.2.1. Logo, para cada curva medida nas metalúrgicas analisadas, os cinco patamares correspondentes foram gerados, afim de obter curvas semelhantes para comparação.

3.4 GERAÇÃO DA CURVA MÉDIA DAS CARGAS

Para cada uma das estratificações, foi gerada uma única curva, com as médias dos valores obtidos em cada patamar, utilizando os dados obtidos nas medições realizadas.

3.5 PADRONIZAÇÃO DOS DADOS

Como já citado anteriormente, na seção 2.5.1, para as empresas atendidas em média tensão, apenas o valor da média é necessário. Após a geração das curvas médias, dois tipos de padronização de dados foram adotados para análise das medições efetuadas:

- Normalização: Cada patamar da curva média de cargas obtida foi dividido pela demanda média, conforme estratificação.
- Demanda Máxima: Cada patamar da curva média de cargas obtida foi dividido pela demanda máxima, conforme estratificação.

3.6 COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS

Com a curva de carga média já padronizada, o método adotado para medir a similaridade entre a curva típica de carga e a curva medida nas metalúrgicas de Caxias do Sul, foi a Distância Euclidiana. que é atualmente o método de distância entre dois objetos mais utilizado. Além da aplicação da distância Euclidiana entre os dados, foi calculado o erro percentual da curva de carga média obtida, em relação a sua respectiva curva típica de carga, para cada um dos cinco patamares, conforme a equação (18):

$$erro(i) = \frac{|D_{típica}(i) - D_{medida}(i)|}{D_{típica}(i)} \times 100 \quad (18)$$

Sendo:

$erro(i)$: erro percentual para cada um dos cinco patamares;

$D_{medida}(i)$: Demanda média real (kVA) obtida nas medições para cada um dos cinco patamares;

$D_{típica}(i)$: Demanda (kVA) da curva típica correspondente para cada um dos cinco patamares.

3.7 FATOR DE CORREÇÃO PROPOSTO

Para cada estratificação, os dois tipos de padronização aplicados a curva de carga média obtida nas medições em campo, foram comparados com a sua respectiva curva típica de carga e foi proposto, um fator de correção para cada um dos cinco patamares de demanda, visando buscar uma melhora nas curvas típicas fornecidas pela concessionária. O fator de correção proposto é definido conforme equação (19):

$$fator(i) = \frac{D_{medida}(i)}{D_{típica}(i)} \quad (19)$$

Sendo:

$fator(i)$: fator de correção para cada um dos cinco patamares;

$D_{medida}(i)$: Demanda média real (kVA) obtida nas medições para cada um dos cinco patamares;

$D_{típica}(i)$: Demanda (kVA) da curva típica correspondente para cada um dos cinco patamares.

O fator de correção proposto é aplicado à todas as curvas típicas de carga, podendo ser diferentes para cada um dos cinco patamares. Esse processo foi realizado visando aproximar as curvas típicas de carga das curvas medidas das metalúrgicas que foram analisadas.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados da metodologia proposta no Capítulo 3. Inicialmente serão expostas as curvas média de cargas obtidas durante as medições, separadas conforme a seguinte estratificação: 300kVA, 500kVA e 750kVA. Após, serão apresentadas as curvas médias obtidas e posteriormente as curvas conforme cada padronização proposta. A comparação entre as curvas típicas e as medidas serão realizadas para as curvas sem e com as padronizações, utilizando os métodos matemáticos propostos. Por fim, utilizando a padronização que obteve menor erro, será sugerido um coeficiente de ajuste para cada patamar.

4.1 CÁLCULO DAS AMOSTRAS

Para um total de 109 industriais metalúrgicas atendidas em média tensão em Caxias do Sul, obteve-se o número 21 como a amostra mínima desejável, então foi decidido que seriam 8 amostras de cada estratificação, completando 24 amostras. Como foi proposto no capítulo 3, para completar o número proposto de amostras, foi fornecido pela concessionária medições reais de alguns clientes de igual categoria, podendo assim validar o estudo em questão. A Tabela 5 apresenta a quantidade de medições que foram efetuadas e quantas foram fornecidas pela concessionária, para cada estratificação.

Tabela 5: Número de amostras

Potência TR	amostras	nº de medição efetuadas	nº de medições concessionária
300kVA	8	5	3
500kVA	8	8	0
750kVA	8	8	0

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

4.2 CURVAS DE CARGA MÉDIAS OBTIDAS

Como o objetivo principal é entender como é a curva de carga dessas empresas quando elas estão em operação, o final de semana foi descartado da análise. Para cada uma das empresas, foram gerados os cinco patamares de demanda de segunda a sexta, e foi realizado o cálculo da média dos dias para cada patamar. Após foi gerada a média de cada um dos cinco patamares de cada empresa, separados conforme potência aparente nominal do transformador elétrico.

4.2.1 Estratificação – 300kVA

Para exemplificar a forma como os dados das medições realizadas são apresentados pelo

software de análise, segue a Tabela 6 com uma pequena amostra dos valores obtidos em uma das metalúrgicas atendidas em média tensão com potência de 300kVA. O restante dos valores obtidos para essa mesma empresa são apresentados no Apêndice A, já que existe uma quantidade grande de dados.

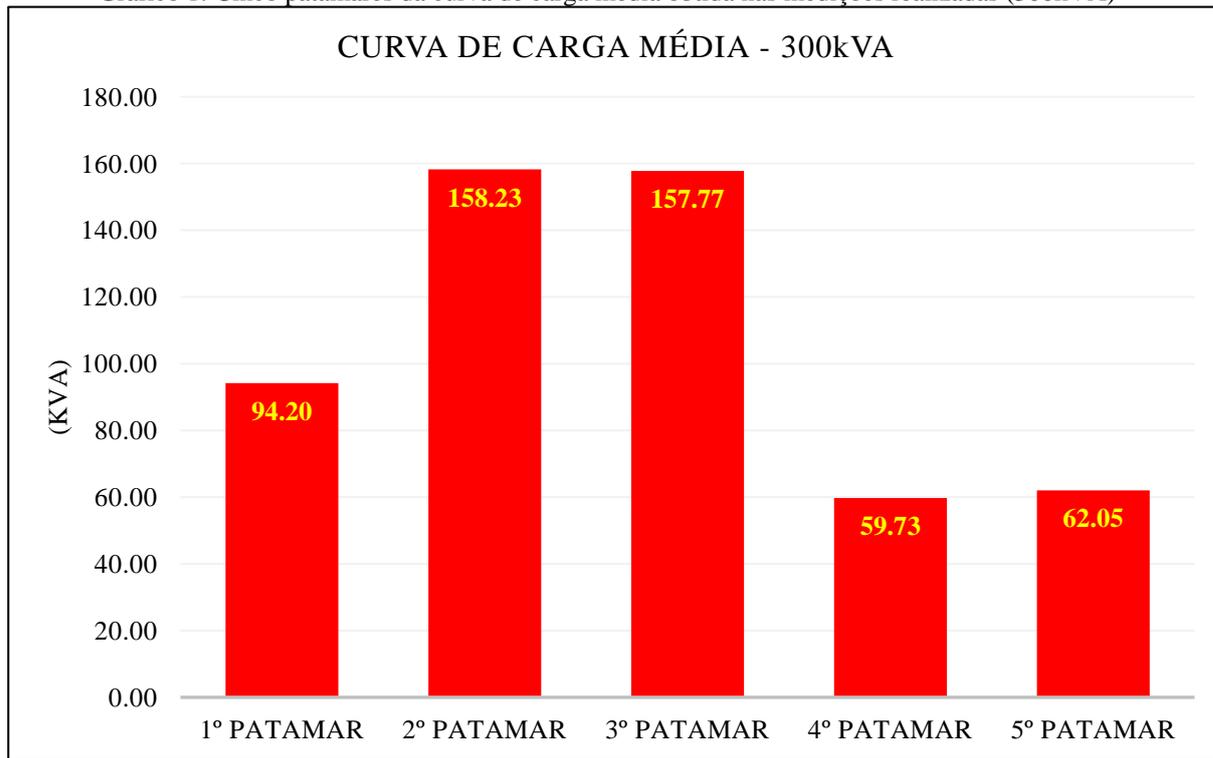
Tabela 6: Potências obtidas em uma das medições de uma indústria de 300kVA

Data	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)
21/06/2021	00:00:00	0.801399	00:30:00	0.896156	01:00:00	0.813301	01:30:00	0.90218
21/06/2021	00:01:00	0.801785	00:31:00	0.894666	01:01:00	0.818381	01:31:00	0.901391
21/06/2021	00:02:00	0.802354	00:32:00	0.896735	01:02:00	0.814287	01:32:00	0.902192
21/06/2021	00:03:00	0.803429	00:33:00	0.902317	01:03:00	0.815098	01:33:00	0.900691
21/06/2021	00:04:00	0.804662	00:34:00	0.898247	01:04:00	0.816957	01:34:00	0.900093
21/06/2021	00:05:00	0.804441	00:35:00	0.897586	01:05:00	0.815912	01:35:00	0.900314
21/06/2021	00:06:00	0.806436	00:36:00	0.897362	01:06:00	0.817532	01:36:00	0.898145
21/06/2021	00:07:00	0.805612	00:37:00	0.895817	01:07:00	0.814343	01:37:00	0.883723
21/06/2021	00:08:00	0.805578	00:38:00	0.864871	01:08:00	0.817244	01:38:00	0.810677
21/06/2021	00:09:00	0.802992	00:39:00	0.811137	01:09:00	0.81902	01:39:00	0.809324
21/06/2021	00:10:00	0.802571	00:40:00	0.809835	01:10:00	0.817655	01:40:00	0.809619
21/06/2021	00:11:00	0.796453	00:41:00	0.812973	01:11:00	0.816382	01:41:00	0.809417
21/06/2021	00:12:00	0.800255	00:42:00	0.80874	01:12:00	0.817044	01:42:00	0.809379
21/06/2021	00:13:00	0.80024	00:43:00	0.810005	01:13:00	0.816811	01:43:00	0.811358
21/06/2021	00:14:00	0.801542	00:44:00	0.809149	01:14:00	0.816067	01:44:00	0.809346
21/06/2021	00:15:00	0.802255	00:45:00	0.811804	01:15:00	0.81745	01:45:00	0.809402
21/06/2021	00:16:00	0.803446	00:46:00	0.809598	01:16:00	0.81581	01:46:00	0.809768
21/06/2021	00:17:00	0.808784	00:47:00	0.810895	01:17:00	0.814909	01:47:00	0.809525
21/06/2021	00:18:00	0.809999	00:48:00	0.810613	01:18:00	0.810294	01:48:00	0.809441
21/06/2021	00:19:00	0.809629	00:49:00	0.812327	01:19:00	0.813049	01:49:00	0.80608
21/06/2021	00:20:00	0.807464	00:50:00	0.812736	01:20:00	0.813306	01:50:00	0.807775
21/06/2021	00:21:00	0.807695	00:51:00	0.807805	01:21:00	0.817008	01:51:00	0.809419
21/06/2021	00:22:00	0.809475	00:52:00	0.807963	01:22:00	0.818017	01:52:00	0.805863
21/06/2021	00:23:00	0.80905	00:53:00	0.806719	01:23:00	0.817937	01:53:00	0.806215
21/06/2021	00:24:00	0.808856	00:54:00	0.809682	01:24:00	0.822457	01:54:00	0.8067
21/06/2021	00:25:00	0.807884	00:55:00	0.810296	01:25:00	0.819042	01:55:00	0.808272
21/06/2021	00:26:00	0.811164	00:56:00	0.810073	01:26:00	0.819876	01:56:00	0.81294
21/06/2021	00:27:00	0.809832	00:57:00	0.810759	01:27:00	0.819517	01:57:00	0.808296
21/06/2021	00:28:00	0.807801	00:58:00	0.812443	01:28:00	0.815485	01:58:00	0.810855
21/06/2021	00:29:00	0.82689	00:59:00	0.812438	01:29:00	0.916432	01:59:00	0.813687

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

O Gráfico 1 mostra os cinco patamares da curva de carga média obtida nas medições realizadas nas metalúrgicas que possuem transformador com potência nominal de 300kVA.

Gráfico 1: Cinco patamares da curva de carga média obtida nas medições realizadas (300kVA)



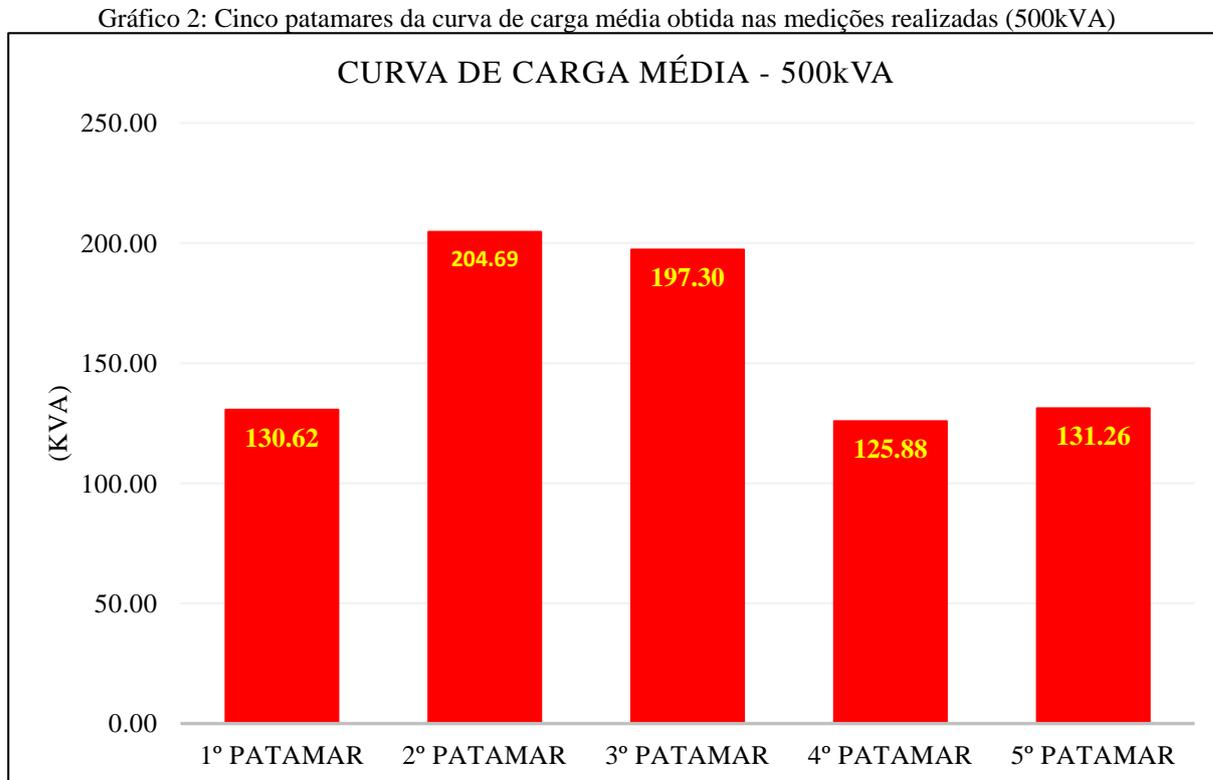
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para metalúrgicas atendidas em média tensão, que possuem transformador elétrico com potência aparente nominal de 300kVA, observou-se que a maior demanda ocorre no segundo patamar, que corresponde ao horário das 06h00 até às 12h00, seguido pelo terceiro patamar, primeiro, quinto e por último o quarto. Já era esperado que o quarto patamar fosse ligeiramente menor que o restante, visto que corresponde ao horário de ponta, das 18h00 às 21h00, e a tarifa de energia elétrica para esse horário é maior, logo as empresas optam por diminuir o consumo de energia nesse período.

O fator de utilização é a razão entre a máxima demanda (158,23kVA) e a capacidade total do sistema (300kVA), resultando em aproximadamente 0,53. Já o fator de carga, que é a razão entre a demanda média (106,39kVA) e a máxima, resultou em 0,67.

4.2.2 Estratificação – 500kVA

O Gráfico 2 mostra os cinco patamares da curva de carga média obtida nas medições realizadas nas metalúrgicas que possuem transformador com potência nominal de 500kVA.



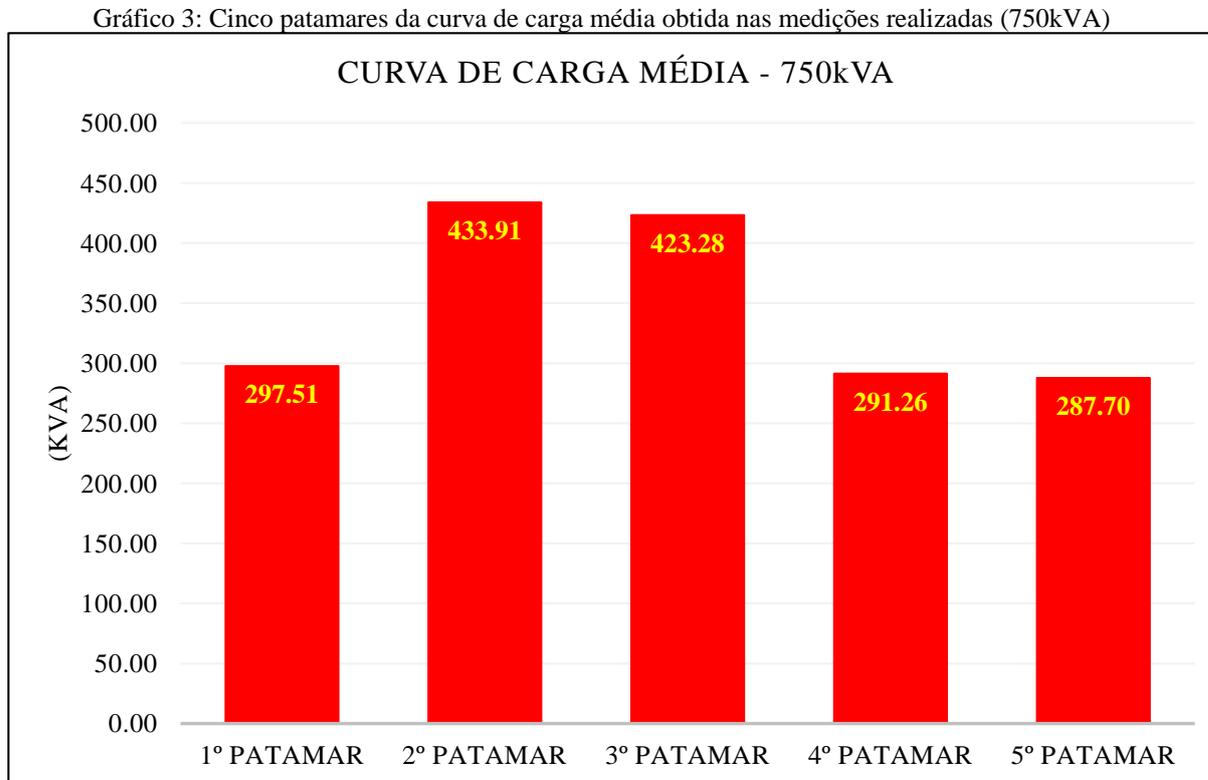
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para metalúrgicas atendidas em média tensão, que possuem transformador elétrico com potência aparente nominal de 500kVA, observou-se que a maior demanda ocorre no segundo patamar, que corresponde ao horário das 06h00 até às 12h00, seguido pelo terceiro patamar, quinto, primeiro e por último o quarto. Do mesmo modo que ocorreu para as empresas de 300kVA, esperava-se que no quarto patamar (das 18h00 às 21h00) a demanda fosse menor, devido ao fato da tarifa da energia elétrica nesse horário (horário de ponta) ser mais cara, as empresas normalmente optam por diminuir o consumo nesse período.

O fator de utilização é a razão entre a máxima demanda (204,69kVA) e a capacidade total do sistema (500kVA), resultando em aproximadamente 0,41. Já o fator de carga, que é a razão entre a demanda média (157,95kVA) e a máxima, resultou em 0,77.

4.2.3 Estratificação – 750kVA

O Gráfico 3 mostra os cinco patamares da curva de carga média obtida nas medições realizadas nas metalúrgicas que possuem transformador com potência nominal de 750kVA.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para metalúrgicas atendidas em média tensão, que possuem transformador elétrico com potência aparente nominal de 750kVA, observou-se que a maior demanda ocorre também no segundo patamar, que corresponde ao horário das 06h00 até às 12h00, seguido pelo terceiro patamar, primeiro, quarto e por último o quinto. Ao contrário das metalúrgicas de 300kVA, o horário de ponta teve uma demanda superior ao quinto patamar, mas ainda assim, significativamente menor do que os valores obtidos no segundo e no terceiro patamar.

O fator de utilização é a razão entre a máxima demanda (433,91kVA) e a capacidade total do sistema (750kVA), resultando em aproximadamente 0,58. Já o fator de carga, que é a razão entre a demanda média (346,73kVA) e a máxima, resultou em 0,80.

4.2.4 Fator de Utilização e Fator de Carga

A partir dos valores médios calculados, foi formulada a Tabela 7, com o resumo dos valores obtidos de fator de utilização, fator de carga e qual seria a potência disponível para adição de cargas no transformador, para cada uma das estratificações. Também foi realizada uma análise desses fatores aplicados para cada um dos cinco patamares de demanda obtidos.

Tabela 7: Resumo fatores obtidos durante todo o período

POTÊNCIA TR	FATOR DE UTILIZAÇÃO	FATOR DE CARGA	POTÊNCIA DISPONÍVEL
300kVA	0,53	0,67	141kVA
500kVA	0,41	0,77	295kVA
750kVA	0,58	0,80	315kVA

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

4.2.4.1 Análise Do Fator De Utilização

O fator de utilização é um índice adimensional que varia de 0 a 1, significando que quanto mais próximo de 1, maior a porcentagem da capacidade total do transformador elétrico está sendo usada, ou seja, um fator de utilização igual a 1 significa que a máxima demanda encontrada corresponde ao valor da potência do transformador.

Se o fator de utilização for maior que 1, significa que o transformador elétrico da empresa está subdimensionado, portanto ou a utilização das cargas deve ser repensada (alterando horários de usos de determinadas máquinas, por exemplo) ou o transformador deve ser substituído por um de maior potência, ou outro transformador deve ser adicionado à instalação, distribuindo as cargas entre eles.

Na Tabela 7, os valores de fator de utilização encontrados indicam que os transformadores possuem grande capacidade de adição de carga, chegando a 315kVA para a média das empresas inspecionadas que possuem transformador de 750kVA, 295kVA para as metalúrgicas de 500kVA e 141kVA para as de 300kVA. A Tabela 8 apresenta os valores de fator de utilização obtidos para cada um dos cinco patamares, individualmente.

Tabela 8: Resumo dos fatores de utilização encontrados para cada patamar

FATOR DE UTILIZAÇÃO

PATAMAR	300kVA	500kVA	750kVA
1° PATAMAR (00h00 - 06h00)	0,314	0,26124	0,39668
2° PATAMAR (06h00 - 12h00)	0,52743	0,40938	0,57855
3° PATAMAR (12h00 - 18h00)	0,5259	0,3946	0,56437
4° PATAMAR (18h00 - 21h00)	0,1991	0,25176	0,38835
5° PATAMAR (21h00 - 00h00)	0,20683	0,26252	0,3836

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A partir da análise dos fatores de utilização encontrados individualmente para cada um dos cinco patamares de demanda, os períodos em que as empresas utilizam menor potência do transformador correspondem ao 4º patamar (18h00 até 21h00) e ao quinto patamar (21h00 até 00h00), sendo esses os períodos mais propícios para outras cargas serem ligadas. Para as empresas de 300kVA, o valor de demanda obtido no 4º patamar chega a significar percentualmente apenas 19,91% da capacidade total da instalação, enquanto o 2º patamar corresponde a 52,74% da carga suportada pelo transformador.

4.2.4.2 Análise Do Fator De Carga

O fator de carga também é um índice adimensional que varia de 0 a 1, e quanto mais próximo de 1, melhor a eficiência energética da instalação. Este resultado próximo a 1 indica que as demandas instantâneas ao longo do dia são próximas da demanda máxima. Portanto, analisando os dados obtidos nas medições realizadas, fica evidente que empresas que possuem maior carga instalada tendem a serem energeticamente mais eficientes.

A análise do fator de carga possibilita identificar os pontos de pico de demanda e avaliar a uniformidade da utilização da energia elétrica, visando o melhor aproveitamento da instalação elétrica e da demanda contratada.

Como é usual que a demanda contratada de uma unidade consumidora seja dimensionada para atender a sua demanda máxima, se uma unidade consumidora tem uma demanda máxima muito elevada em relação a demanda média, significa que a demanda contratada está sendo dimensionada para atender a demanda máxima por um pequeno período de tempo e o resto do tempo ela fica ociosa, ou superdimensionada.

Na Tabela 7 observou-se que o pior fator de carga encontrado foi o das metalúrgicas de

500kVA, no valor de 0,41, o que significa que a demanda média corresponde a 41% do valor da demanda máxima, para as metalúrgicas de 300kVA encontrou-se um fator de 0,53 e para as empresas que possuem transformador elétrico com potência igual a 750kVA, obteve-se o fator igual a 0,58. A Tabela 9 apresenta os valores de fator de carga obtidos para cada um dos cinco patamares, individualmente.

Tabela 9: Resumo dos fatores de carga encontrados para cada patamar

PATAMAR	FATOR DE CARGA		
	300kVA	500kVA	750kVA
1° PATAMAR (00h00 - 06h00)	0,595336	0,638136	0,685649
2° PATAMAR (06h00 - 12h00)	1	1	1
3° PATAMAR (12h00 - 18h00)	0,997093	0,963897	0,975502
4° PATAMAR (18h00 - 21h00)	0,377488	0,614979	0,671245
5° PATAMAR (21h00 - 00h00)	0,392151	0,641262	0,663041

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A partir da análise dos fatores de carga encontrados individualmente para cada um dos cinco patamares de demanda, os períodos em que as empresas são mais ineficientes energeticamente correspondem ao 4° patamar (18h00 até 21h00) e ao quinto patamar (21h00 até 00h00). Então, o ideal seria que as cargas fossem remanejadas, para que a demanda máxima esteja mais próxima possível da demanda média, principalmente nesses períodos em que o fator de carga estava mais próximo de 0.

4.3 PADRONIZAÇÕES DE DADOS

Após calcular a média das curvas de cada estratificação, foi realizado dois tipos de padronização de dados. O primeiro método proposto é dividir cada patamar pelo valor da demanda média (normalizar) e o segundo é realizar a mesma divisão, porém com o valor máximo de demanda encontrado.

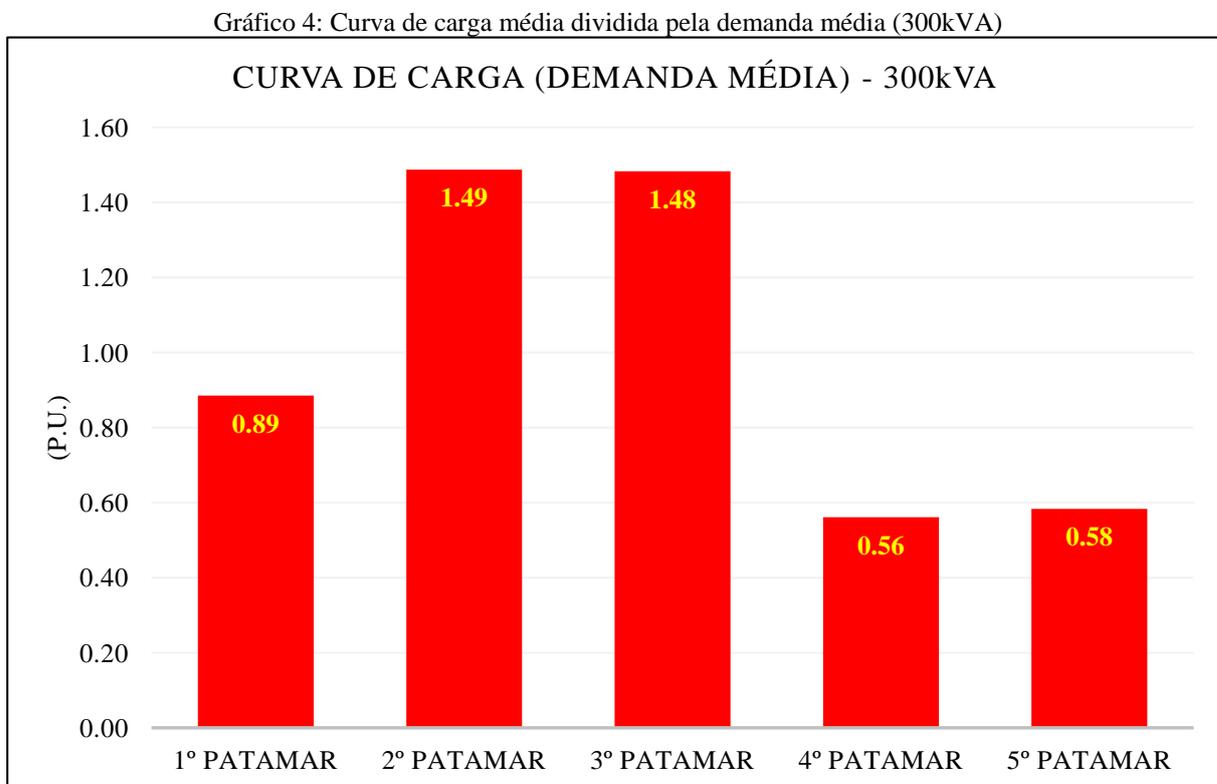
O objetivo da padronização dos dados é alterar os valores do conjunto de dados para uma escala comum, sem distorcer as diferenças nos intervalos de valores.

4.3.1 Demanda Média (Normalização)

A seguir serão apresentadas as curvas médias de carga normalizadas, ou seja, divididas pela sua respectiva demanda média, obtidas nas medições efetuadas nas metalúrgicas, separadas conforme potência do transformador.

4.3.1.1 Estratificação – 300kVA

O Gráfico 4 mostra os cinco patamares da curva de carga média, após a divisão pela demanda média, obtida nas medições realizadas nas metalúrgicas que possuem transformador com potência nominal de 300kVA.



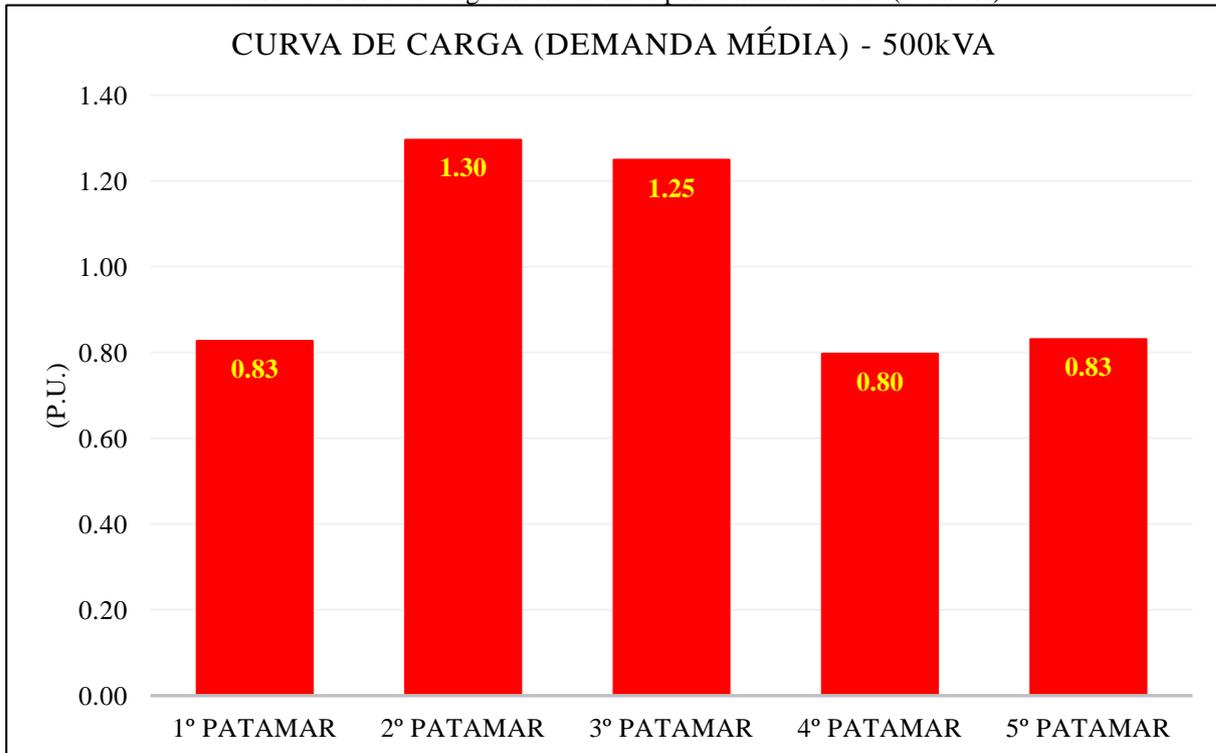
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para metalúrgicas atendidas em média tensão, que possuem transformador elétrico com potência aparente nominal de 300kVA, foi obtida uma demanda média de 106,39kVA, logo todos os patamares foram divididos por esse valor. O segundo patamar chegou a 1,49, que significa que a demanda máxima desse período é 49% maior do que a demanda média, já no quarto patamar, com o valor de 0,56, significa que a demanda máxima desse patamar é apenas 56% do valor de demanda média.

4.3.1.2 Estratificação – 500kVA

O Gráfico 5 mostra os cinco patamares da curva de carga média, após a divisão pela demanda média, obtida nas medições realizadas nas metalúrgicas que possuem transformador com potência nominal de 500kVA.

Gráfico 5: Curva de carga média dividida pela demanda média (500kVA)

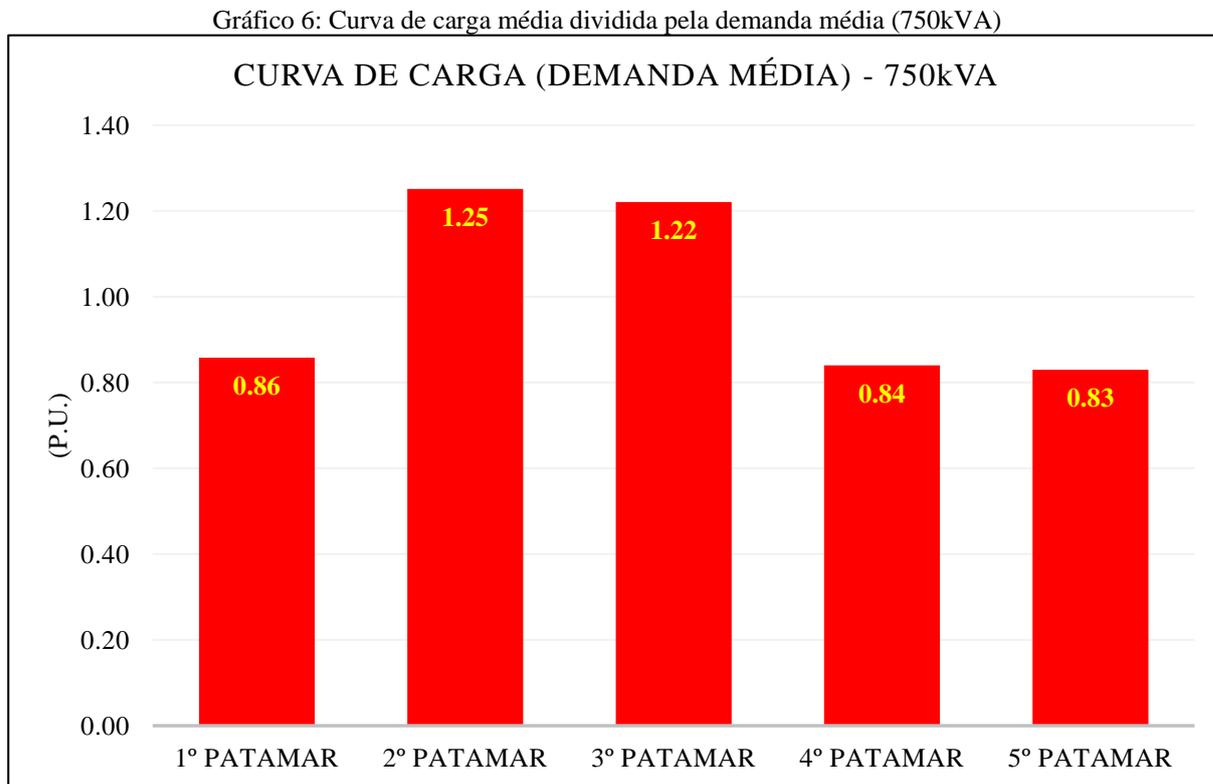


Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para metalúrgicas atendidas em média tensão, que possuem transformador elétrico com potência aparente nominal de 500kVA, foi obtida uma demanda média de 157,95kVA, logo todos os patamares foram divididos por esse valor. O segundo patamar chegou a 1,30, que significa que a demanda máxima desse período é 30% maior do que a demanda média, já no quarto patamar, com o valor de 0,80, significa que a demanda máxima desse patamar é 80% do valor de demanda média. Nota-se que quanto mais próximos de 1 os valores dos patamares, melhor é o fator de carga dos mesmos.

4.3.1.3 Estratificação – 750kVA

O Gráfico 6 mostra os cinco patamares da curva de carga média, após a divisão pela demanda média, obtida nas medições realizadas nas metalúrgicas que possuem transformador com potência nominal de 750kVA.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

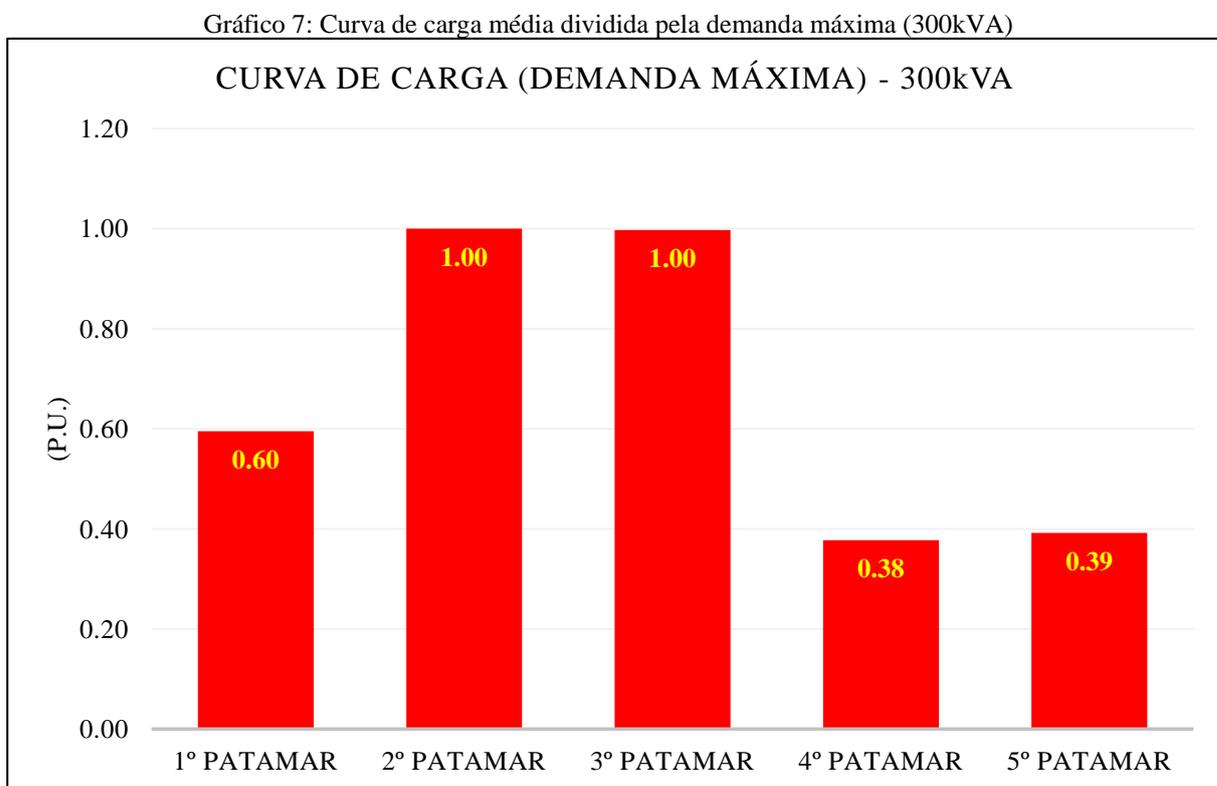
Para metalúrgicas atendidas em média tensão, que possuem transformador elétrico com potência aparente nominal de 750kVA, foi obtida uma demanda média de 346,73kVA, logo todos os patamares foram divididos por esse valor. O segundo patamar chegou a 1,25, que significa que a demanda máxima desse período é 25% maior do que a demanda média, já no quinto patamar, com o valor de 0,83, significa que a demanda máxima desse patamar é 83% do valor de demanda média. De todas as estratificações, essa é a que apresenta melhor fator de carga, já que os valores obtidos nessa padronização ficam mais próximos da unidade.

4.3.2 Demanda Máxima

A seguir serão apresentadas as curvas médias de carga divididas pela sua respectiva demanda máxima, obtidas nas medições efetuadas nas metalúrgicas, separadas conforme potência do transformador.

4.3.2.1 Estratificação – 300kVA

O Gráfico 7 mostra os cinco patamares da curva de carga média, após a divisão pela demanda máxima, obtida nas medições realizadas nas metalúrgicas que possuem transformador com potência nominal de 300kVA.



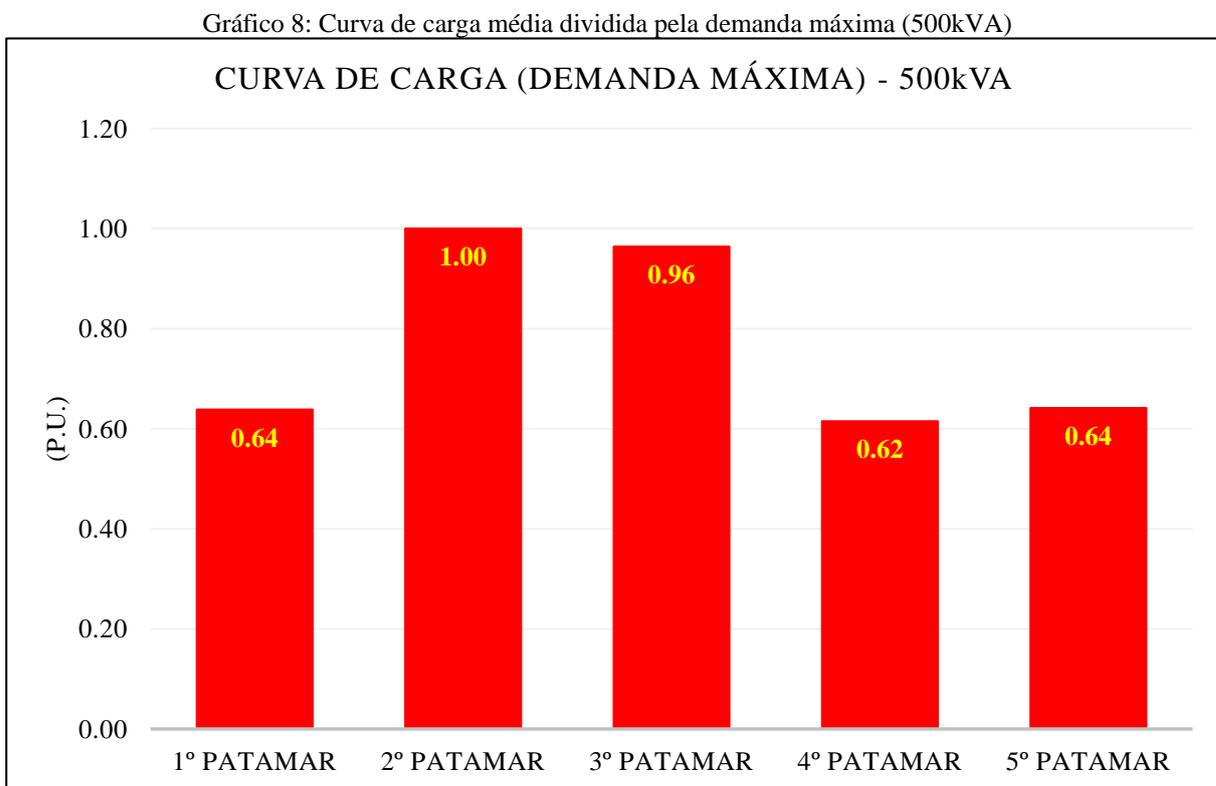
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para metalúrgicas atendidas em média tensão, que possuem transformador elétrico com potência aparente nominal de 300kVA, foi obtida uma demanda máxima de 158,23kVA, logo todos os patamares foram divididos por esse valor. O segundo patamar, por representar o período em que obteve-se a maior demanda, após a padronização ficou com o valor 1. O terceiro patamar, por ser minimamente menor do que o segundo, também ficou no valor de 1, já que, afim de facilitar a compreensão do estudo, optou-se por manter apenas duas casas decimais após a vírgula. Já o quarto

patamar, com o valor de 0,38, significa que a máxima demanda daquele período corresponde a 38% da máxima demanda de todo o período.

4.3.2.2 Estratificação – 500kVA

O Gráfico 8 mostra os cinco patamares da curva de carga média, após a divisão pela demanda máxima, obtida nas medições realizadas nas metalúrgicas que possuem transformador com potência nominal de 500kVA.

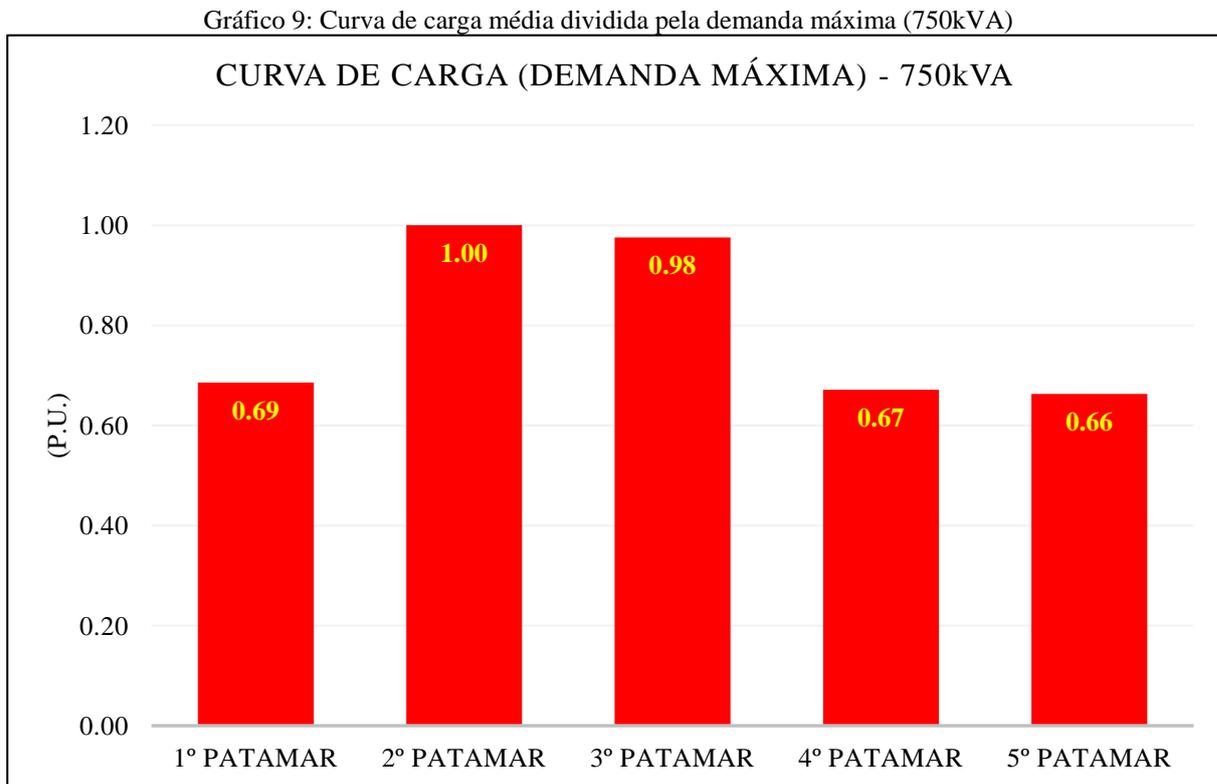


Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para metalúrgicas atendidas em média tensão, que possuem transformador elétrico com potência aparente nominal de 500kVA, foi obtida uma demanda máxima de 204,69kVA, logo todos os patamares foram divididos por esse valor. O segundo patamar, por representar o período em que obteve-se a maior demanda, após a padronização ficou com o valor 1. Já o quarto patamar, com o valor de 0,62, significa que a máxima demanda daquele período corresponde a 62% da máxima demanda de todo o período. Os valores obtidos no primeiro e o quinto patamar correspondem a 64% da demanda máxima total.

4.3.2.3 Estratificação – 750kVA

O Gráfico 9 mostra os cinco patamares da curva de carga média, após a divisão pela demanda máxima, obtida nas medições realizadas nas metalúrgicas que possuem transformador com potência nominal de 750kVA.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para metalúrgicas atendidas em média tensão, que possuem transformador elétrico com potência aparente nominal de 750kVA, foi obtida uma demanda máxima de 433,91kVA, logo todos os patamares foram divididos por esse valor. O segundo patamar, por representar o período em que obteve-se a maior demanda, após a padronização ficou com o valor 1. Já o quinto patamar, com o valor de 0,66, significa que a máxima demanda daquele período corresponde a 66% da máxima demanda de todo o período.

4.4 COMPARAÇÃO ENTRE A CURVA MEDIDA E A CURVA TÍPICA DE CARGA

Na Tabela 10 há um resumo dos valores de cada um dos cinco patamares fornecidos pela concessionária (valor típico) e os valores que foram obtidos durante as medições realizadas nas metalúrgicas (valor medido), separadas conforme estratificação. A primeira parte da tabela apresenta os dados sem tratamento algum, mostrando os valores de demanda em kVA, seguido pelos valores com o primeiro tipo de padronização, representado pela divisão do valor pela demanda média e por fim a padronização referente a divisão do valor pela demanda máxima.

Tabela 10: Valores fornecidos pela concessionária (curva típica de carga) e os medidos

TIPO DE PADRONIZAÇÃO	PATAMAR	VALOR TÍPICO			VALOR MEDIDO		
		300kVA	500kVA	750kVA	300kVA	500kVA	750kVA
SEM PADRONIZAÇÃO (kVA)	1° PATAMAR	105,3	175,5	263,3	94,2	130,62	297,51
	2° PATAMAR	255,1	425,2	637,8	158,23	204,69	433,91
	3° PATAMAR	252,7	421,2	631,7	157,77	197,30	423,28
	4° PATAMAR	184,9	308,1	462,2	59,77	125,88	291,26
	5° PATAMAR	83,55	139,3	208,9	62,05	131,26	287,70
DEMANDA MÉDIA (P.U.)	1° PATAMAR	0,597	0,597	0,597	0,890	0,830	0,860
	2° PATAMAR	1,447	1,447	1,447	1,490	1,300	1,250
	3° PATAMAR	1,433	1,433	1,433	1,480	1,250	1,220
	4° PATAMAR	1,049	1,049	1,049	0,560	0,800	0,840
	5° PATAMAR	0,474	0,474	0,474	0,580	0,830	0,830
DEMANDA MÁXIMA (P.U.)	1° PATAMAR	0,413	0,413	0,413	0,600	0,640	0,690
	2° PATAMAR	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	3° PATAMAR	0,991	0,991	0,991	1,000	0,960	0,980
	4° PATAMAR	0,725	0,725	0,725	0,380	0,620	0,670
	5° PATAMAR	0,328	0,328	0,328	0,390	0,640	0,660

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Nota-se que para as metalúrgicas atendidas em média tensão, que possuem transformador com potência de 300kVA e 500kVA, os valores típicos de demanda, fornecidos pela concessionária, a partir das curvas típicas de carga, são maiores do que os valores obtidos a partir das medição, para todos os cinco patamares. Já para as empresas que possuem transformador de 750kVA de potência, os valores medidos são superiores aos valores típicos para o primeiro e o quinto patamar. A Tabela

11, apresenta um resumo dos métodos comparativos aplicados, para cada uma das padronizações, afim de compreender melhor a diferença entre os valores típicos e os medidos.

Tabela 11: Resumo dos métodos comparativos para cada patamar conforme padronização

TIPO DE PADRONIZAÇÃO	PATAMAR	ERRO (%)			DISTÂNCIA EUCLIDIANA		
		300kVA	500kVA	750kVA	300kVA	500kVA	750kVA
SEM PADRONIZAÇÃO (kVA)	1° PATAMAR	11%	26%	13%	11,1	44,88	34,21
	2° PATAMAR	38%	52%	32%	96,87	220,51	203,89
	3° PATAMAR	38%	53%	33%	94,93	223,9	208,42
	4° PATAMAR	68%	59%	37%	125,13	182,22	170,94
	5° PATAMAR	26%	6%	38%	21,5	8,04	78,8
DEMANDA MÉDIA (P.U.)	1° PATAMAR	49%	39%	44%	0,29	0,23	0,26
	2° PATAMAR	3%	10%	14%	0,04	0,15	0,20
	3° PATAMAR	3%	13%	15%	0,05	0,18	0,21
	4° PATAMAR	47%	24%	20%	0,49	0,25	0,21
	5° PATAMAR	22%	75%	75%	0,11	0,36	0,36
DEMANDA MÁXIMA (P.U.)	1° PATAMAR	45%	55%	67%	0,19	0,23	0,28
	2° PATAMAR	0%	0%	0%	0,00	0,00	0,00
	3° PATAMAR	1%	3%	1%	0,01	0,03	0,01
	4° PATAMAR	48%	14%	8%	0,34	0,10	0,05
	5° PATAMAR	19%	95%	102%	0,06	0,31	0,33

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para as empresas que possuem transformador com potência de 300kVA, o primeiro patamar teve um menor erro percentual, comparando os valores típicos com os medidos, sem nenhuma padronização aplicada, no valor de 11%. Para o segundo, o terceiro e o quinto patamar, o menor erro foi obtido aplicando a padronização da demanda máxima, apresentando respectivamente 0%, 1% e 19% de erro entre os valores. Já para o quarto patamar o menor erro foi obtido aplicando a padronização da demanda média (47%).

Para as empresas que possuem transformador com potência de 500kVA, o primeiro e o quinto patamar tiveram um menor erro percentual, comparando os valores típicos com os medidos,

sem nenhuma padronização aplicada, no valor de 26% e 6%, respectivamente. Para o segundo, o terceiro e o quarto patamar, o menor erro foi obtido aplicando a padronização da demanda máxima, apresentando respectivamente 0%, 3% e 14% de erro entre os valores. Para essa estratificação, a padronização pela demanda média não foi eficaz.

Para as empresas que possuem transformador com potência de 750kVA, o primeiro e o quinto patamar tiveram um menor erro percentual, comparando os valores típicos com os medidos, sem nenhuma padronização aplicada, no valor de 13% e 38%, respectivamente. Para o segundo, o terceiro e o quarto patamar, o menor erro foi obtido aplicando a padronização da demanda máxima, apresentando respectivamente 0%, 1% e 8% de erro entre os valores. Para essa estratificação, a padronização pela demanda média não foi eficaz.

Para a medida de similaridade, baseada na distância Euclidiana, os melhores resultados serão comparados apenas entre os índices padronizados, pois é necessário estarem na mesma unidade (P.U.). Para as empresas que possuem transformador com potência de 300kVA, a menor diferença entre os valores típicos e os valores medidos nas metalúrgicas, foi obtida aplicando a padronização da demanda máxima para todos os cinco patamares, significando respectivamente 0,19 P.U., 0,00 P.U., 0,01 P.U., 0,34 P.U. e 0,06 P.U..

Para as empresas que possuem transformador com potência de 500kVA, ambas as padronizações obtiveram o mesmo resultado para o primeiro patamar, com o valor de 0,23 P.U.. Para os demais patamares, a padronização que obteve os melhores resultados foi a da demanda máxima, significando 0,00 P.U., 0,03 P.U., 0,10 P.U. e 0,31 P.U., respectivamente.

Para as empresas que possuem transformador com potência de 750kVA, a padronização da demanda média obteve o melhor resultado para o primeiro patamar, com o valor de 0,26 P.U.. Para os demais patamares, a padronização que obteve os melhores resultados foi a da demanda máxima, significando 0,00 P.U., 0,03 P.U., 0,05 P.U. e 0,33 P.U., respectivamente.

A Tabela 12 apresenta um resumo dos fatores de utilização e de carga obtidos pelos dados fornecidos pela concessionária (valores típicos) e pelos dados obtidos por meio das medições (valores medidos). Como o fator de utilização e o fator de carga são relações entre as demandas médias, máximas e a capacidade do sistema, não há diferença entre aplicar padronizações ou não, já que a proporcionalidade continua a mesma.

Tabela 12: Resumo dos fatores de utilização e de carga dos valores típicos e medidos

FATOR	VALOR TÍPICO			VALOR MEDIDO		
	300kVA	500kVA	750kVA	300kVA	500kVA	750kVA
FATOR DE UTILIZAÇÃO	0,85	0,85	0,85	0,53	0,41	0,58

FATOR DE CARGA	0,69	0,69	0,69	0,67	0,77	0,8
----------------	------	------	------	------	------	-----

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Analisando os fatores de utilização e de carga obtidos através da análise das curvas típicas de carga fornecidas pela concessionária, nota-se que todas as estratificações obtiveram ambos os fatores iguais entre si, sendo o fator de carga igual a 0,85 e o fator de utilização 0,69, sem nenhuma padronização aplicada.

Para os valores obtidos durante as medições, as metalúrgicas que possuem transformador de potência igual a 750kVA obtiveram o maior fator de utilização, no valor de 0,58, seguido pelas empresas de 300kVA, no valor de 0,53 e por último as empresas de 500kVA de potência, com o valor de 0,41. Isso significa que as metalúrgicas de 750kVA utilizam proporcionalmente maior potência do transformador, utilizando 58% da capacidade nominal do mesmo.

Já para o fator de carga obtido durante as medições, as empresas de 750kVA obtiveram o índice igual a 0,8, seguido pelas de 500kVA com o valor de 0,77 e as de 300kVA com o valor de 0,67. Isso significa que as empresas de 750kVA possuem a demanda máxima mais próxima do valor de demanda média, o que torna a empresa mais eficiente energeticamente.

A partir dos resultados coletados durante as medições e dos valores das curvas típicas de carga fornecidos pela concessionária, os fatores de utilização e de carga também foram comparados, aplicando o erro percentual e a distância Euclidiana entre os valores típicos e os medidos. A Tabela 13 apresenta o resumo dos métodos comparativos aplicados entre os fatores de utilização e de carga típicos e medidos, conforme estratificação.

Tabela 13: Resumo dos métodos comparativos para os fatores de utilização e de carga

FATOR	ERRO (%)			DISTÂNCIA EUCLIDIANA		
	300kVA	500kV A	750kVA	300kVA	500kVA	750kV A
FATOR DE UTILIZAÇÃO	37.67%	51.79%	31.80%	0,32	0,44	0,27
FATOR DE CARGA	3.06%	11.41%	15.76%	0,02	0,08	0,11

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para o fator de utilização, o maior erro percentual entre o valor típico e o valor medido foi obtido nas metalúrgicas que possuem transformador de 500kVA de potência, chegando a 51,79% de erro. As metalúrgicas de 300kVA apresentaram um erro de 37,67% para o fator de utilização e as de

750kVA um erro de 31,80%.

Já para o fator de carga, o maior erro percentual entre o valor típico e o valor medido foi obtido nas metalúrgicas que possuem transformador de 750kVA de potência, chegando a 15,76% de erro. As metalúrgicas de 300kVA apresentaram um erro baixo de 3,06% para o fator de utilização e as de 500kVA um erro de 11,41%.

4.5 FATOR DE CORREÇÃO PROPOSTO

Afim de tornar a curva típica de carga mais próxima possível das curvas que foram medidas em metalúrgicas atendidas em média tensão, na cidade de Caxias do Sul, a Tabela 14 apresenta o fator de correção proposto para cada um dos cinco patamares de demanda, conforme estratificação. Como a padronização pela demanda máxima foi a que obteve menor erro percentual e a distância euclidiana para a maioria dos patamares de cada uma das estratificações, o fator de correção proposto foi calculado a partir dos valores dessa padronização.

Tabela 14: Fator de correção proposto para cada patamar conforme estratificação

PATAMAR	FATOR DE CORREÇÃO PROPOSTO		
	300kVA	500kVA	750kVA
1° PATAMAR	1,453	1,550	1,671
2° PATAMAR	1,000	1,000	1,000
3° PATAMAR	1,009	0,969	0,989
4° PATAMAR	0,524	0,855	0,924
5° PATAMAR	1,189	1,951	2,012

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para as metalúrgicas de 300kVA, o coeficiente proposto mais significativo foi o do quarto patamar, no valor de 0,524, alterando o novo valor para 52,4% do valor antigo. Seguido pela primeiro patamar, alterando o novo valor para 145,3% do valor antigo, o quinto com 118,9%, o terceiro com 100,9% e o segundo sem alteração.

Para as metalúrgicas de 500kVA, o coeficiente proposto mais significativo foi o do quinto patamar, no valor de 1,951, alterando o novo valor para 195,1% do valor antigo. Seguido pela primeiro patamar, alterando o novo valor para 155,0% do valor antigo, o quarto com 85,5%, o terceiro com 96,9% e o segundo sem alteração.

Já para as metalúrgicas de 750kVA, o coeficiente proposto mais significativo foi o do quinto patamar, no valor de 2,012, alterando o novo valor para 201,2% do valor antigo. Seguido pela primeiro patamar, alterando o novo valor para 167,1% do valor antigo, o quarto com 92,4%,

o terceiro com 98,9% e o segundo sem alteração.

A nova curva típica de carga, para cada uma das estratificações, deve ser gerada aplicando a equação (20) para cada patamar de demanda, utilizando os fator de correção correspondentes, listados na Tabela 14.

$$D_{típica\ nova\ (i)} = fator_{(i)} \times D_{típica\ antiga\ (i)} \quad (20)$$

Sendo:

fator(i): fator de correção para cada um dos cinco patamares;

D_{típica nova (i)}: O novo valor de demanda que deve ser utilizado nas curvas típicas de carga nas metalúrgicas atendidas em média tensão em Caxias do Sul, para cada um dos cinco patamares, em P.U.;

D_{típica antiga (i)}: Valor de demanda da curva típica de carga fornecida pela concessionária para cada um dos cinco patamares, em P.U..

Lembrando que o novo valor de demanda típico será obtido em P.U., logo para obter o valor em kVA, deve-se multiplicar o valor obtido pela demanda máxima correspondente, conforme equação (21).

$$D_{kVA\ (i)} = D_{máxima} \times D_{típica\ nova\ (i)} \quad (21)$$

Sendo:

D_{kVA}: o valor da nova demanda típica de cada patamar, em kVA.

D_{típica nova (i)}: O novo valor de demanda que deve ser utilizado nas curvas típicas de carga nas metalúrgicas atendidas em média tensão em Caxias do Sul, para cada um dos cinco patamares, em P.U.;

D_{máxima}: O máximo valor de demanda obtido para cada estratificação, em kVA.

5 CONCLUSÃO

Após aplicar dois modelos de padronização de dados, constata-se que com a divisão pela

demanda máxima é possível obter um menor erro percentual entre as curvas típicas de carga e as curvas medidas em metalúrgicas atendidas em média tensão para a maioria dos patamares de demanda. Para o fator de utilização, o maior erro percentual entre o valor típico e o valor medido foi obtido nas metalúrgicas que possuem transformador de 500kVA de potência, chegando a 51,79% de erro. As metalúrgicas de 300kVA apresentaram um erro de 37,67% para o fator de utilização e as de 750kVA um erro de 31,80%. Já para o fator de carga, o maior erro percentual entre o valor típico e o valor medido foi obtido nas metalúrgicas que possuem transformador de 750kVA de potência, chegando a 15,76% de erro. As metalúrgicas de 300kVA apresentaram um erro baixo de 3,06% para o fator de utilização e as de 500kVA um erro de 11,41%.

Os objetivos propostos neste trabalho foram alcançados e superados. Através da comparação das curvas típicas de cargas com as curvas medidas, foi possível conceber coeficientes de ajustes para cada um dos patamares, tornando assim as curvas típicas de carga mais próximas possível da realidade de Caxias do Sul.

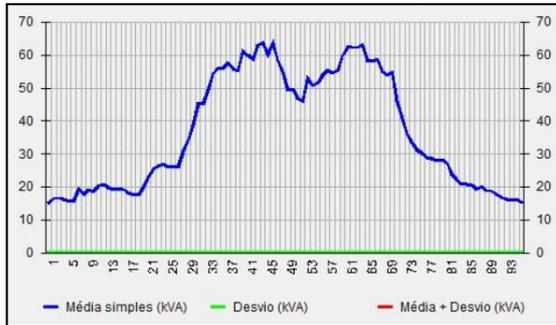
Para as metalúrgicas de 300kVA, o coeficiente proposto mais significativo foi o do quarto patamar, no valor de 0,524, alterando o novo valor para 52,4% do valor antigo. Já para as metalúrgicas de 500kVA, o coeficiente proposto mais significativo foi o do quinto patamar, no valor de 1,951 e para as de 750kVA foi o do quinto patamar, no valor de 2,012.

Em trabalhos futuros, além de ser interessante aumentar o número de amostras, podem ser incluídas outras faixas de demanda para metalúrgicas atendidas em média tensão ou outros tipos de industriais. Uma análise da curva de carga de metalúrgicas atendidas em baixa tensão seria um bom complemento para o estudo, já que para esse nível de tensão, além da curva de carga média também é considerada o desvio padrão da curva de carga.

ANEXO I

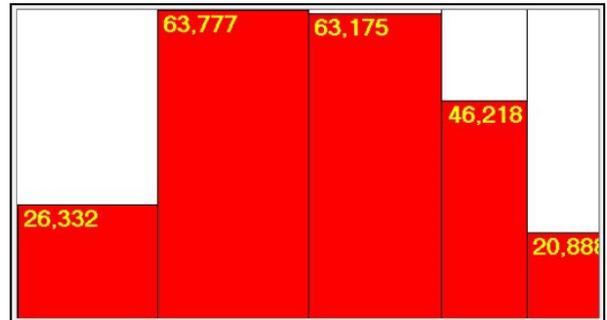
Curvas Típicas de Carga das Metalúrgicas Atendidas em Média Tensão

Figura 23: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 75kVA (96 pontos)



Fonte: RGE (2021).

Figura 24: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 75kVA (5 patamares)



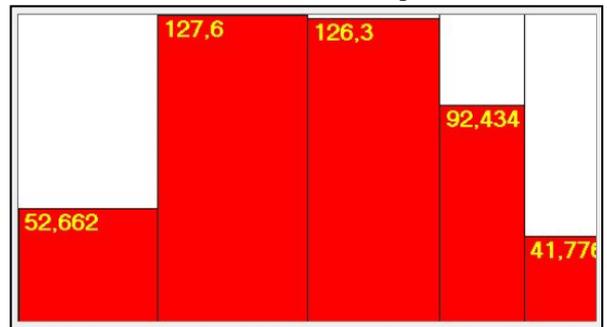
Fonte: RGE (2021).

Figura 25: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 150kVA (96 pontos)



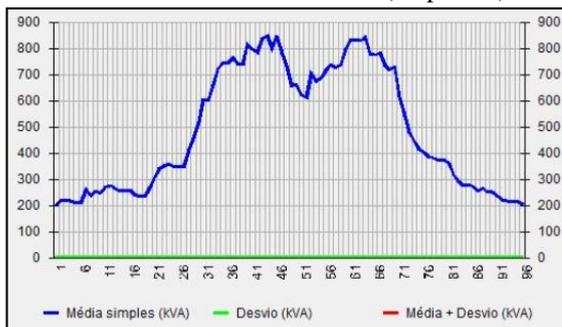
Fonte: RGE (2021).

Figura 26: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 150kVA (5 patamares)



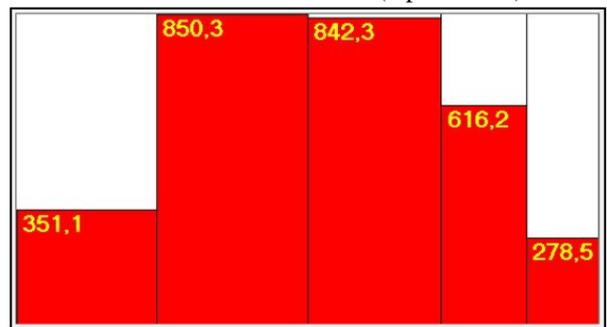
Fonte: RGE (2021).

Figura 27: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 1000kVA (96 pontos)



Fonte: RGE (2021).

Figura 28: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 1000kVA (5 patamares)



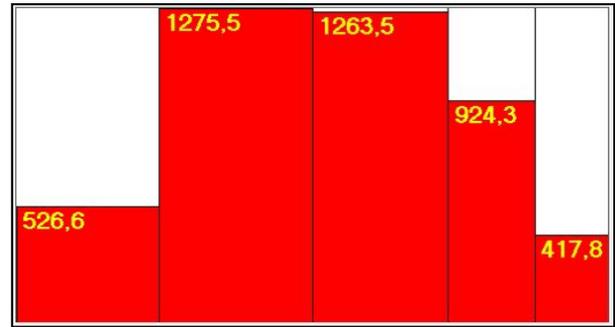
Fonte: RGE (2021).

Figura 29: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 1500kVA (96 pontos)



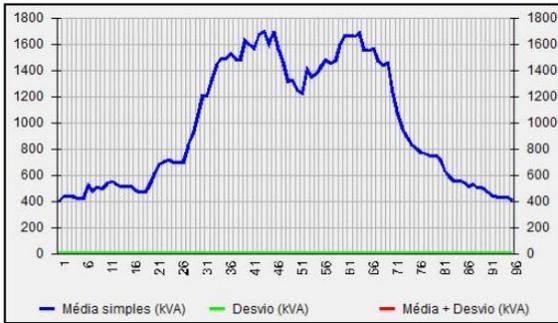
Fonte: RGE (2021).

Figura 30: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 1500kVA (5 patamares)



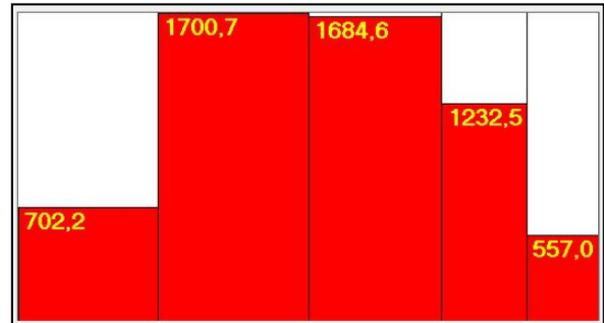
Fonte: RGE (2021).

Figura 31: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 2000kVA (96 pontos)



Fonte: RGE (2021).

Figura 32: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 2000kVA (5 patamares)



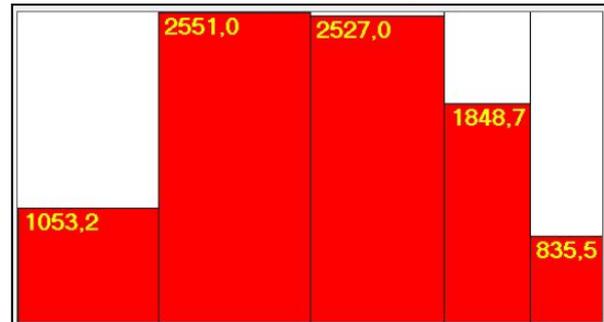
Fonte: RGE (2021).

Figura 33: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 3000kVA (96 pontos)



Fonte: RGE (2021).

Figura 34: Curva típica de carga para metalúrgica atendida em MT – 3000kVA (5 patamares)



Fonte: RGE (2021).

REFERÊNCIAS

- ANEEL, PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. Módulo 2 – Planejamento de Expansão do Sistema de Distribuição, 2016.
- ANEEL, PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição, 2017.
- ANEEL, PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. Módulo 5 – Sistemas de Medição e Procedimentos de Leitura, 2021.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – Resolução Normativa nº800, de 19 de dezembro de 2017. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. Estabelece as condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414comp.pdf>>.
- ANEEL, MCPSE – Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico, p.219, 2014.
- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico – Glossário de Termos Técnicos, submódulo 20.1 – 2020.
- ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica – Módulo V, 2019.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética, Anuário de Energia Elétrica. 2020.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética, Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica, nº 162. Março 2021.
- CONCLA – Comissão Nacional de Classificação. www.concla.ibge.gov.br (disponível em maio de 2021).
- SPGG – Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão - Atlas Rio Grande do Sul. 2021.
- CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz – Aplicação de Curva de Carga Típicas de Consumidores Integradas a Sistemas GIS, na CPFL. 2006.
- CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz – GED 5694. 2021.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Mapa de empresas. 2021
- J. A. JARDINI, C. M. V. TAHAN, S. U. AHN AND S. L. S. CABRAL, Determination of the Typical Daily Load Curve for Residential Area Based on Field Measurements. In IEEE Proceedings Supplements, T&D, Chicago, 1994.

KAGAN, N; OLIVEIRA, C. C. B.; ROBBA, E. J.. Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica. 2ª Edição. São Paulo. Blucher. 2000.

ANDRADE, F. F. Formação de Agrupamentos de Consumidores de Energia Elétrica com Base nos Perfis de Cargas Individuais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

J. A. JARDINI, S. U. AHN, C.M. V. TAHAN AND F. M. FIGUEIREDO, Residential and Commercial Daily Load Curve Representation by Statistical Function for Engineering Studies Purposes. In CIRED International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, Brussels, Belgium, 1995.

J. A. JARDINI, C. M. V. TAHAN, M. R. GOUVÊA, S. U. AHN AND F. M. FIGUEIREDO, Daily Load Profiles for Residential, Commercial and Industrial Low Voltage Consumers. IEEE Transactions on Power Delivery, vol 15 no. 1, 2000.

A. ANDERSSON, A. JANSSON AND J. KLEVAS, Model for Load Simulations by Means of Load Pattern Curves. In CIRED International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, Brighton, UK, 1989.

FRANCISQUINI, A. A.. Estimação de Curvas de Carga em Pontos de Consumo e em Transformadores de Distribuição. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira –SP, 2006.

ALMEIDA, C. S.. Metodologia de Estimação de Curva de Carga de Consumidores de Energia Elétrica Utilizando Métodos Estatísticos de Agrupamento. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Minas Gerais. 2014.

M. R. SPIEGEL, Estatística. Editora McGraw-Hill do Brasil LTDA. São Paulo, 1976.

D. M. FALCÃO AND H. O. HENRIQUES, Load Estimation in Radial Distribution Systems Using Neural Networks and Fuzzy Set Techniques. IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, vol 2, 2001.

JOHNSON, RICHARD A. & WINCHERN, DEAN W.; Applied Multivariate Statistical Analysis, 4 th edition, Prentice-Hall, 1998.

ALDENDERFER, M.S., BLASHFIELD, R.K.; Cluster Analysis, Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, SAGE publications.

JAIN, A.K., DUIN, R.P.W., MAO, J... Statistical Pattern Recognition: A Review, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no 1, January 2000.

PINELE, J.. Geometria do Modelo Estatístico das Distribuições Normais Multivariadas. Tese de doutorado. Campinas, 2017.

PESSENHA, J. F. M., MELO, A. C. G.. Técnicas de Cluster Analysisna Construção de Tipologias de Curva de Carga. 2002.

SCHROCK, D.W. Load Shape Development. Oklahoma: PennWell Publishing Company, 1997.

FERREIRA, R. V. Previsão de demanda: um estudo de caso para o sistema interligado nacional. Universidade Federal de Minas Gerais-Escola de Engenharia-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica-Belo Horizonte, 2006.

APÊNDICE A

Dados referentes a medição de um dia em uma metalúrgica de 300kVA

Tabela 15: Dados do dia 19/06/2021 - Metalúrgica 300kVA (continua)

Data	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)
19/06/2021	00:00:00	0.7794875	00:41:00	0.7857541	01:22:00	0.8005968	02:03:00	0.8022983
19/06/2021	00:01:00	0.7742301	00:42:00	0.7840146	01:23:00	0.7999428	02:04:00	0.7996275
19/06/2021	00:02:00	0.7787992	00:43:00	0.7816363	01:24:00	0.8010891	02:05:00	0.7989325
19/06/2021	00:03:00	0.7816002	00:44:00	0.783675	01:25:00	0.798982	02:06:00	0.8003114
19/06/2021	00:04:00	0.7814311	00:45:00	0.7835307	01:26:00	0.7992972	02:07:00	0.7992891
19/06/2021	00:05:00	0.7840725	00:46:00	0.7840334	01:27:00	0.7970327	02:08:00	0.8035214
19/06/2021	00:06:00	0.7830366	00:47:00	0.7866523	01:28:00	0.7953719	02:09:00	0.8006961
19/06/2021	00:07:00	0.7881575	00:48:00	0.7877601	01:29:00	0.797217	02:10:00	0.8013729
19/06/2021	00:08:00	0.7877799	00:49:00	0.787171	01:30:00	0.7994635	02:11:00	0.800708
19/06/2021	00:09:00	0.7883201	00:50:00	0.7896647	01:31:00	0.7967556	02:12:00	0.7989603
19/06/2021	00:10:00	0.7903127	00:51:00	0.7868761	01:32:00	0.7983587	02:13:00	0.8019459
19/06/2021	00:11:00	0.792532	00:52:00	0.7880495	01:33:00	0.9052318	02:14:00	0.8041432
19/06/2021	00:12:00	0.7892666	00:53:00	0.7914169	01:34:00	0.8887346	02:15:00	0.8063613
19/06/2021	00:13:00	0.7886968	00:54:00	0.7910881	01:35:00	0.8865873	02:16:00	0.8083042
19/06/2021	00:14:00	0.7885875	00:55:00	0.7913334	01:36:00	0.8878968	02:17:00	0.8093184
19/06/2021	00:15:00	0.7897358	00:56:00	0.7935975	01:37:00	0.8874246	02:18:00	0.8073037
19/06/2021	00:16:00	0.7932997	00:57:00	0.7939282	01:38:00	0.8867209	02:19:00	0.8101623
19/06/2021	00:17:00	0.7905382	00:58:00	0.7882108	01:39:00	0.8841844	02:20:00	0.8084803
19/06/2021	00:18:00	0.7891961	00:59:00	0.7895489	01:40:00	0.8827636	02:21:00	0.8081375
19/06/2021	00:19:00	0.8113577	01:00:00	0.7929649	01:41:00	0.8735502	02:22:00	0.8031661
19/06/2021	00:20:00	0.876992	01:01:00	0.7925807	01:42:00	0.7971011	02:23:00	0.8034624
19/06/2021	00:21:00	0.8748231	01:02:00	0.7927401	01:43:00	0.8005112	02:24:00	0.8033358
19/06/2021	00:22:00	0.8709351	01:03:00	0.7923413	01:44:00	0.8013407	02:25:00	0.8036252
19/06/2021	00:23:00	0.8763456	01:04:00	0.7931715	01:45:00	0.8007572	02:26:00	0.8019721
19/06/2021	00:24:00	0.8738092	01:05:00	0.7950332	01:46:00	0.8025222	02:27:00	0.8020124
19/06/2021	00:25:00	0.8719557	01:06:00	0.7940943	01:47:00	0.8002753	02:28:00	0.8035255
19/06/2021	00:26:00	0.8697847	01:07:00	0.7940469	01:48:00	0.7981774	02:29:00	0.8019124
19/06/2021	00:27:00	0.868845	01:08:00	0.7953443	01:49:00	0.7981239	02:30:00	0.7991002
19/06/2021	00:28:00	0.8619232	01:09:00	0.7966051	01:50:00	0.798248	02:31:00	0.7985136
19/06/2021	00:29:00	0.7886789	01:10:00	0.7995295	01:51:00	0.7988739	02:32:00	0.802588
19/06/2021	00:30:00	0.7885569	01:11:00	0.7970981	01:52:00	0.8037372	02:33:00	0.8032029
19/06/2021	00:31:00	0.7900708	01:12:00	0.7972382	01:53:00	0.8001219	02:34:00	0.8063873
19/06/2021	00:32:00	0.7897041	01:13:00	0.7966849	01:54:00	0.7991428	02:35:00	0.8090115
19/06/2021	00:33:00	0.7868248	01:14:00	0.795611	01:55:00	0.8003977	02:36:00	0.8073384
19/06/2021	00:34:00	0.7854097	01:15:00	0.7947212	01:56:00	0.8030525	02:37:00	0.8052824
19/06/2021	00:35:00	0.7859305	01:16:00	0.79548	01:57:00	0.7997395	02:38:00	0.8085005
19/06/2021	00:36:00	0.7891108	01:17:00	0.7978702	01:58:00	0.8003685	02:39:00	0.8095822
19/06/2021	00:37:00	0.7850425	01:18:00	0.7993215	01:59:00	0.7932461	02:40:00	0.8141292
19/06/2021	00:38:00	0.7838162	01:19:00	0.7999324	02:00:00	0.7896413	02:41:00	0.8145791
19/06/2021	00:39:00	0.7852692	01:20:00	0.802115	02:01:00	0.7923214	02:42:00	0.8126962
19/06/2021	00:40:00	0.7857572	01:21:00	0.7989943	02:02:00	0.7939965	02:43:00	0.8160619

(continuação)

Data	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)
19/06/2021	02:44:00	0.8164639	03:25:00	0.8010523	04:06:00	0.8794276	04:47:00	0.7923407
19/06/2021	02:45:00	0.8154576	03:26:00	0.8009729	04:07:00	0.8817475	04:48:00	0.7927156
19/06/2021	02:46:00	0.8599776	03:27:00	0.7988144	04:08:00	0.800108	04:49:00	0.7911792
19/06/2021	02:47:00	0.8967396	03:28:00	0.8003155	04:09:00	0.7989538	04:50:00	0.7940499
19/06/2021	02:48:00	0.8984927	03:29:00	0.7985307	04:10:00	0.7979904	04:51:00	0.7987905
19/06/2021	02:49:00	0.8921001	03:30:00	0.7974106	04:11:00	0.7982536	04:52:00	0.8003918
19/06/2021	02:50:00	0.8908069	03:31:00	0.7989132	04:12:00	0.7983156	04:53:00	0.7962353
19/06/2021	02:51:00	0.8907814	03:32:00	0.8031958	04:13:00	0.8012372	04:54:00	0.7993308
19/06/2021	02:52:00	0.8883669	03:33:00	0.8037538	04:14:00	0.7999128	04:55:00	0.7990925
19/06/2021	02:53:00	0.8903624	03:34:00	0.7996135	04:15:00	0.7987422	04:56:00	0.7984923
19/06/2021	02:54:00	0.8882784	03:35:00	0.8024093	04:16:00	0.8009652	04:57:00	0.8026788
19/06/2021	02:55:00	0.8261067	03:36:00	0.8058495	04:17:00	0.8022599	04:58:00	0.8038199
19/06/2021	02:56:00	0.7989944	03:37:00	0.7993732	04:18:00	0.7987146	04:59:00	0.8006867
19/06/2021	02:57:00	0.7973619	03:38:00	0.7997524	04:19:00	0.7949689	05:00:00	0.7990162
19/06/2021	02:58:00	0.7976811	03:39:00	0.7969645	04:20:00	0.7991496	05:01:00	0.7970293
19/06/2021	02:59:00	0.8031152	03:40:00	0.7998486	04:21:00	0.7983785	05:02:00	0.7959045
19/06/2021	03:00:00	0.8019763	03:41:00	0.8005099	04:22:00	0.7967849	05:03:00	0.7958578
19/06/2021	03:01:00	0.8019068	03:42:00	0.8012812	04:23:00	0.7985306	05:04:00	0.795059
19/06/2021	03:02:00	0.8017709	03:43:00	0.8031226	04:24:00	0.7965841	05:05:00	0.7952232
19/06/2021	03:03:00	0.8042065	03:44:00	0.8041205	04:25:00	0.8017445	05:06:00	0.7970107
19/06/2021	03:04:00	0.8038917	03:45:00	0.7998923	04:26:00	0.8033203	05:07:00	0.7962984
19/06/2021	03:05:00	0.8010222	03:46:00	0.8027554	04:27:00	0.8033507	05:08:00	0.7949237
19/06/2021	03:06:00	0.8011637	03:47:00	0.8011493	04:28:00	0.8008375	05:09:00	0.795571
19/06/2021	03:07:00	0.7997919	03:48:00	0.7998769	04:29:00	0.8009226	05:10:00	0.7981874
19/06/2021	03:08:00	0.8005064	03:49:00	0.7980493	04:30:00	0.8005867	05:11:00	0.8288592
19/06/2021	03:09:00	0.7969342	03:50:00	0.8013432	04:31:00	0.8002747	05:12:00	0.8823825
19/06/2021	03:10:00	0.8040025	03:51:00	0.7967215	04:32:00	0.8025885	05:13:00	0.8848526
19/06/2021	03:11:00	0.8044817	03:52:00	0.7974992	04:33:00	0.7972737	05:14:00	0.8827039
19/06/2021	03:12:00	0.8023425	03:53:00	0.8014737	04:34:00	0.7970257	05:15:00	0.879729
19/06/2021	03:13:00	0.8003498	03:54:00	0.7983953	04:35:00	0.7963611	05:16:00	0.8800293
19/06/2021	03:14:00	0.8011237	03:55:00	0.8020726	04:36:00	0.7992204	05:17:00	0.8815386
19/06/2021	03:15:00	0.8028607	03:56:00	0.800384	04:37:00	0.7989612	05:18:00	0.8787845
19/06/2021	03:16:00	0.802204	03:57:00	0.7969217	04:38:00	0.7957698	05:19:00	0.8790253
19/06/2021	03:17:00	0.8035903	03:58:00	0.7962912	04:39:00	0.7947427	05:20:00	0.8645184
19/06/2021	03:18:00	0.801302	03:59:00	0.8878834	04:40:00	0.7956908	05:21:00	0.7929382
19/06/2021	03:19:00	0.7997756	04:00:00	0.8806352	04:41:00	0.7945549	05:22:00	0.7961246
19/06/2021	03:20:00	0.8010707	04:01:00	0.8850999	04:42:00	0.7923428	05:23:00	0.7941244
19/06/2021	03:21:00	0.8044025	04:02:00	0.8843477	04:43:00	0.7907182	05:24:00	0.794352
19/06/2021	03:22:00	0.8038614	04:03:00	0.8862034	04:44:00	0.7912155	05:25:00	0.7956149
19/06/2021	03:23:00	0.8034187	04:04:00	0.8791028	04:45:00	0.788981	05:26:00	0.7961621
19/06/2021	03:24:00	0.8000562	04:05:00	0.8805986	04:46:00	0.787458	05:27:00	0.796543

(continuação)

Data	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)
19/06/2021	05:28:00	0.7938724	06:09:00	0.7998383	06:50:00	0.7918391	07:31:00	0.7979933
19/06/2021	05:29:00	0.7929012	06:10:00	0.8005664	06:51:00	0.7956633	07:32:00	0.795724
19/06/2021	05:30:00	0.7931288	06:11:00	0.7981071	06:52:00	0.793401	07:33:00	0.7966558
19/06/2021	05:31:00	0.7930181	06:12:00	0.7995526	06:53:00	0.795574	07:34:00	0.7937999
19/06/2021	05:32:00	0.797071	06:13:00	0.7977869	06:54:00	0.7940588	07:35:00	0.8162562
19/06/2021	05:33:00	0.7976801	06:14:00	0.7990999	06:55:00	0.7938299	07:36:00	0.8888114
19/06/2021	05:34:00	0.7950865	06:15:00	0.7993132	06:56:00	0.7938422	07:37:00	0.8877806
19/06/2021	05:35:00	0.7946625	06:16:00	0.7967239	06:57:00	0.7952426	07:38:00	0.8858839
19/06/2021	05:36:00	0.7964816	06:17:00	0.7976786	06:58:00	0.794757	07:39:00	0.8845415
19/06/2021	05:37:00	0.7948928	06:18:00	0.7952786	06:59:00	0.7980076	07:40:00	0.8853656
19/06/2021	05:38:00	0.7950684	06:19:00	0.7949116	07:00:00	0.7962138	07:41:00	0.8793915
19/06/2021	05:39:00	0.7935137	06:20:00	0.7973082	07:01:00	0.7936651	07:42:00	0.8751886
19/06/2021	05:40:00	0.7931019	06:21:00	0.7945779	07:02:00	0.7917469	07:43:00	0.8809026
19/06/2021	05:41:00	0.7938955	06:22:00	0.7945896	07:03:00	0.7903341	07:44:00	0.8484031
19/06/2021	05:42:00	0.7934524	06:23:00	0.796719	07:04:00	0.7907659	07:45:00	0.7913339
19/06/2021	05:43:00	0.7928977	06:24:00	0.8759079	07:05:00	0.7893602	07:46:00	0.7922686
19/06/2021	05:44:00	0.7933214	06:25:00	0.8798302	07:06:00	0.7910029	07:47:00	0.7858175
19/06/2021	05:45:00	0.7932598	06:26:00	0.8813948	07:07:00	0.7908403	07:48:00	0.7880092
19/06/2021	05:46:00	0.7933473	06:27:00	0.8781914	07:08:00	0.793988	07:49:00	0.7901833
19/06/2021	05:47:00	0.7943077	06:28:00	0.8797597	07:09:00	0.798847	07:50:00	0.7909977
19/06/2021	05:48:00	0.794178	06:29:00	0.8752396	07:10:00	0.7954238	07:51:00	0.7933132
19/06/2021	05:49:00	0.7908052	06:30:00	0.8754179	07:11:00	0.7988329	07:52:00	0.7503122
19/06/2021	05:50:00	0.7936678	06:31:00	0.8752557	07:12:00	0.7988965	07:53:00	0.693234
19/06/2021	05:51:00	0.7956695	06:32:00	0.874128	07:13:00	0.7956254	07:54:00	0.6932084
19/06/2021	05:52:00	0.7925146	06:33:00	0.8008961	07:14:00	0.7962632	07:55:00	0.6933114
19/06/2021	05:53:00	0.7916189	06:34:00	0.789832	07:15:00	0.7966679	07:56:00	0.697172
19/06/2021	05:54:00	0.7923359	06:35:00	0.7927991	07:16:00	0.8004887	07:57:00	0.6975338
19/06/2021	05:55:00	0.7950599	06:36:00	0.7911141	07:17:00	0.8004093	07:58:00	0.696512
19/06/2021	05:56:00	0.7966777	06:37:00	0.7895331	07:18:00	0.7996124	07:59:00	0.7012273
19/06/2021	05:57:00	0.7952276	06:38:00	0.7925291	07:19:00	0.7969668	08:00:00	0.6987289
19/06/2021	05:58:00	0.7938664	06:39:00	0.7911663	07:20:00	0.7945949	08:01:00	0.702128
19/06/2021	05:59:00	0.7926728	06:40:00	0.7928077	07:21:00	0.7921788	08:02:00	0.950101
19/06/2021	06:00:00	0.7944008	06:41:00	0.7931152	07:22:00	0.7977019	08:03:00	0.9822151
19/06/2021	06:01:00	0.7974038	06:42:00	0.7944201	07:23:00	0.7958004	08:04:00	0.9957428
19/06/2021	06:02:00	0.8002664	06:43:00	0.7904705	07:24:00	0.7966742	08:05:00	1.0004827
19/06/2021	06:03:00	0.8008147	06:44:00	0.7948493	07:25:00	0.7955441	08:06:00	1.0059355
19/06/2021	06:04:00	0.8016235	06:45:00	0.7946362	07:26:00	0.8005832	08:07:00	0.9994906
19/06/2021	06:05:00	0.8004669	06:46:00	0.7956018	07:27:00	0.8012817	08:08:00	0.9930222
19/06/2021	06:06:00	0.7994661	06:47:00	0.7950439	07:28:00	0.7934861	08:09:00	0.9884217
19/06/2021	06:07:00	0.8004139	06:48:00	0.7930615	07:29:00	0.7956752	08:10:00	0.9894092
19/06/2021	06:08:00	0.8032816	06:49:00	0.7911321	07:30:00	0.7970897	08:11:00	0.9901467

(continuação)

Data	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)
19/06/2021	08:12:00	0.9894765	08:53:00	1.5756748	09:34:00	0.6820809	10:15:00	0.6801265
19/06/2021	08:13:00	0.998518	08:54:00	1.6783276	09:35:00	0.6810027	10:16:00	0.678607
19/06/2021	08:14:00	0.9948609	08:55:00	2.2572969	09:36:00	0.6810959	10:17:00	0.677189
19/06/2021	08:15:00	0.9904175	08:56:00	2.239598	09:37:00	0.682901	10:18:00	0.68012
19/06/2021	08:16:00	0.9917315	08:57:00	2.2453798	09:38:00	0.6847665	10:19:00	0.6784012
19/06/2021	08:17:00	0.9936832	08:58:00	2.2497978	09:39:00	0.6826696	10:20:00	0.676985
19/06/2021	08:18:00	0.992111	08:59:00	2.2530023	09:40:00	0.6813855	10:21:00	0.6808697
19/06/2021	08:19:00	0.9884669	09:00:00	2.2607243	09:41:00	0.678757	10:22:00	0.6818789
19/06/2021	08:20:00	0.9891322	09:01:00	2.1549875	09:42:00	0.6798501	10:23:00	0.6807283
19/06/2021	08:21:00	0.9879519	09:02:00	1.3943791	09:43:00	0.6775365	10:24:00	0.6812334
19/06/2021	08:22:00	0.9842628	09:03:00	0.9803078	09:44:00	0.6775011	10:25:00	0.6807038
19/06/2021	08:23:00	0.9852697	09:04:00	1.2740142	09:45:00	0.6794313	10:26:00	0.6784101
19/06/2021	08:24:00	0.987407	09:05:00	0.7009243	09:46:00	0.6804294	10:27:00	0.6784478
19/06/2021	08:25:00	0.9900757	09:06:00	1.4552355	09:47:00	0.6809504	10:28:00	0.677667
19/06/2021	08:26:00	0.878292	09:07:00	1.4433413	09:48:00	0.6796368	10:29:00	0.6754605
19/06/2021	08:27:00	1.1404949	09:08:00	1.442321	09:49:00	0.678777	10:30:00	0.6775413
19/06/2021	08:28:00	0.8066177	09:09:00	1.441924	09:50:00	0.6795383	10:31:00	0.6771119
19/06/2021	08:29:00	0.9049845	09:10:00	1.4416087	09:51:00	0.679612	10:32:00	0.677826
19/06/2021	08:30:00	0.7364782	09:11:00	0.7947945	09:52:00	0.6775703	10:33:00	0.676078
19/06/2021	08:31:00	0.7386669	09:12:00	0.691222	09:53:00	0.6804465	10:34:00	0.6772021
19/06/2021	08:32:00	0.7368826	09:13:00	0.6927386	09:54:00	0.7720063	10:35:00	0.678572
19/06/2021	08:33:00	0.7059773	09:14:00	0.6880141	09:55:00	0.7689416	10:36:00	0.6784994
19/06/2021	08:34:00	0.7199016	09:15:00	0.6898072	09:56:00	0.7689183	10:37:00	0.6772069
19/06/2021	08:35:00	0.7080826	09:16:00	0.6904228	09:57:00	0.7685895	10:38:00	0.6784114
19/06/2021	08:36:00	0.6959968	09:17:00	0.6869585	09:58:00	0.7664577	10:39:00	0.6780514
19/06/2021	08:37:00	0.6991501	09:18:00	0.6869049	09:59:00	0.7658794	10:40:00	0.6768827
19/06/2021	08:38:00	0.6988705	09:19:00	0.6855725	10:00:00	0.7639715	10:41:00	0.6758635
19/06/2021	08:39:00	0.6961263	09:20:00	0.6870816	10:01:00	0.7614479	10:42:00	0.6793252
19/06/2021	08:40:00	0.6962484	09:21:00	0.6861946	10:02:00	0.7606877	10:43:00	0.6797928
19/06/2021	08:41:00	0.6940629	09:22:00	0.6864677	10:03:00	0.6767427	10:44:00	0.6781533
19/06/2021	08:42:00	0.6952701	09:23:00	0.6867761	10:04:00	0.6781801	10:45:00	0.6788866
19/06/2021	08:43:00	0.9089251	09:24:00	0.6858387	10:05:00	0.6778341	10:46:00	0.6726071
19/06/2021	08:44:00	1.2728219	09:25:00	0.6878336	10:06:00	0.6786644	10:47:00	0.6714398
19/06/2021	08:45:00	1.387218	09:26:00	0.6833646	10:07:00	0.6772077	10:48:00	0.6761046
19/06/2021	08:46:00	1.3990233	09:27:00	0.6821925	10:08:00	0.6778482	10:49:00	0.690828
19/06/2021	08:47:00	2.0310791	09:28:00	0.680734	10:09:00	0.6781524	10:50:00	0.6751892
19/06/2021	08:48:00	1.8695324	09:29:00	0.6803724	10:10:00	0.6788195	10:51:00	0.6751266
19/06/2021	08:49:00	1.7937304	09:30:00	0.6816126	10:11:00	0.6785397	10:52:00	0.6874789
19/06/2021	08:50:00	1.8236497	09:31:00	0.6830829	10:12:00	0.6799326	10:53:00	0.6767054
19/06/2021	08:51:00	1.8359819	09:32:00	0.6816701	10:13:00	0.6785489	10:54:00	0.6744335
19/06/2021	08:52:00	1.6868882	09:33:00	0.6845367	10:14:00	0.6783121	10:55:00	0.6797611

(continuação)

Data	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)
19/06/2021	10:56:00	0.6755782	11:37:00	0.685156	12:18:00	0.7877672	12:59:00	0.7022875
19/06/2021	10:57:00	0.6804293	11:38:00	0.6861252	12:19:00	0.7848878	13:00:00	0.7006071
19/06/2021	10:58:00	0.6811286	11:39:00	0.6873859	12:20:00	0.7869731	13:01:00	0.7026309
19/06/2021	10:59:00	0.6852093	11:40:00	0.6884422	12:21:00	0.7866586	13:02:00	0.6996397
19/06/2021	11:00:00	0.6983685	11:41:00	0.686319	12:22:00	0.7040531	13:03:00	0.699199
19/06/2021	11:01:00	0.68762	11:42:00	0.6873666	12:23:00	0.699785	13:04:00	0.7013393
19/06/2021	11:02:00	0.6870479	11:43:00	0.689207	12:24:00	0.6982868	13:05:00	0.7024912
19/06/2021	11:03:00	0.734469	11:44:00	0.6894468	12:25:00	0.7003065	13:06:00	0.7027764
19/06/2021	11:04:00	0.7742399	11:45:00	0.6888009	12:26:00	0.7007472	13:07:00	0.7020893
19/06/2021	11:05:00	0.7721839	11:46:00	0.6897719	12:27:00	0.6981952	13:08:00	0.7008969
19/06/2021	11:06:00	0.772056	11:47:00	0.6937862	12:28:00	0.6992751	13:09:00	0.7026154
19/06/2021	11:07:00	0.7721352	11:48:00	0.6913863	12:29:00	0.7018634	13:10:00	0.7032237
19/06/2021	11:08:00	0.772418	11:49:00	0.6918428	12:30:00	0.7015959	13:11:00	0.7047819
19/06/2021	11:09:00	0.7726856	11:50:00	0.6871156	12:31:00	0.7022505	13:12:00	0.7024121
19/06/2021	11:10:00	0.7721739	11:51:00	0.6930272	12:32:00	0.701997	13:13:00	0.7061633
19/06/2021	11:11:00	0.7697848	11:52:00	0.6940313	12:33:00	0.7014525	13:14:00	0.7083187
19/06/2021	11:12:00	0.7352237	11:53:00	0.6925075	12:34:00	0.6984629	13:15:00	0.7032948
19/06/2021	11:13:00	0.6838482	11:54:00	0.6937939	12:35:00	0.6969819	13:16:00	0.7060005
19/06/2021	11:14:00	0.6836073	11:55:00	0.6940052	12:36:00	0.6969244	13:17:00	0.7062135
19/06/2021	11:15:00	0.6867957	11:56:00	0.6937974	12:37:00	0.6970452	13:18:00	0.7079787
19/06/2021	11:16:00	0.6877103	11:57:00	0.6971492	12:38:00	0.6947472	13:19:00	0.7055683
19/06/2021	11:17:00	0.6841335	11:58:00	0.6936998	12:39:00	0.696917	13:20:00	0.7623745
19/06/2021	11:18:00	0.6837195	11:59:00	0.6962052	12:40:00	0.6998045	13:21:00	0.7964679
19/06/2021	11:19:00	0.6870821	12:00:00	0.699388	12:41:00	0.7024408	13:22:00	0.7935993
19/06/2021	11:20:00	0.6854983	12:01:00	0.6983531	12:42:00	0.7003914	13:23:00	0.7923119
19/06/2021	11:21:00	0.6890418	12:02:00	0.6982404	12:43:00	0.7017519	13:24:00	0.7935114
19/06/2021	11:22:00	0.6877146	12:03:00	0.6984775	12:44:00	0.7019869	13:25:00	0.7894866
19/06/2021	11:23:00	0.6902993	12:04:00	0.7014703	12:45:00	0.7030387	13:26:00	0.78985
19/06/2021	11:24:00	0.6921407	12:05:00	0.7003984	12:46:00	0.704604	13:27:00	0.7878678
19/06/2021	11:25:00	0.6858303	12:06:00	0.7028603	12:47:00	0.6998241	13:28:00	0.785593
19/06/2021	11:26:00	0.6857976	12:07:00	0.7014745	12:48:00	0.7019813	13:29:00	0.7406071
19/06/2021	11:27:00	0.6874974	12:08:00	0.7020286	12:49:00	0.7046114	13:30:00	0.699798
19/06/2021	11:28:00	0.6905648	12:09:00	0.7015794	12:50:00	0.7012621	13:31:00	0.6989341
19/06/2021	11:29:00	0.9104915	12:10:00	0.7045127	12:51:00	0.7002949	13:32:00	0.6971543
19/06/2021	11:30:00	0.7767279	12:11:00	0.701478	12:52:00	0.7075048	13:33:00	0.6975496
19/06/2021	11:31:00	0.6865715	12:12:00	0.7022555	12:53:00	0.7067627	13:34:00	0.695932
19/06/2021	11:32:00	0.8726733	12:13:00	0.8078548	12:54:00	0.7042467	13:35:00	0.6972425
19/06/2021	11:33:00	0.6833778	12:14:00	0.7928571	12:55:00	0.702036	13:36:00	0.6976783
19/06/2021	11:34:00	0.6857165	12:15:00	0.7929538	12:56:00	0.7080175	13:37:00	0.6978319
19/06/2021	11:35:00	0.6853522	12:16:00	0.7930802	12:57:00	0.7078294	13:38:00	0.6939719
19/06/2021	11:36:00	0.6852719	12:17:00	0.7899893	12:58:00	0.7022768	13:39:00	0.6987785

(continuação)

Data	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)
19/06/2021	13:40:00	0.7022781	14:21:00	0.7011745	15:02:00	0.7068742	15:43:00	0.7076745
19/06/2021	13:41:00	0.700548	14:22:00	0.7003919	15:03:00	0.7046602	15:44:00	0.7072996
19/06/2021	13:42:00	0.7012392	14:23:00	0.700957	15:04:00	0.7074935	15:45:00	0.7046435
19/06/2021	13:43:00	0.6991159	14:24:00	0.7098171	15:05:00	0.7068783	15:46:00	0.7063987
19/06/2021	13:44:00	0.7030882	14:25:00	0.7073038	15:06:00	0.7069899	15:47:00	0.7028596
19/06/2021	13:45:00	0.700456	14:26:00	0.7509739	15:07:00	0.7006668	15:48:00	0.7061924
19/06/2021	13:46:00	0.7042186	14:27:00	0.7974395	15:08:00	0.7039595	15:49:00	0.7067244
19/06/2021	13:47:00	0.7049868	14:28:00	0.7983193	15:09:00	0.7064695	15:50:00	0.7067828
19/06/2021	13:48:00	0.7023499	14:29:00	0.7956616	15:10:00	0.7050427	15:51:00	0.7045185
19/06/2021	13:49:00	0.7043608	14:30:00	0.7898827	15:11:00	0.7037423	15:52:00	0.7070052
19/06/2021	13:50:00	0.7040965	14:31:00	0.7933602	15:12:00	0.7065351	15:53:00	0.7060328
19/06/2021	13:51:00	0.7027952	14:32:00	0.7933158	15:13:00	0.7033601	15:54:00	0.7040935
19/06/2021	13:52:00	0.7041682	14:33:00	0.7907721	15:14:00	0.7036507	15:55:00	0.7025538
19/06/2021	13:53:00	0.7021478	14:34:00	0.7946216	15:15:00	0.707196	15:56:00	0.7008521
19/06/2021	13:54:00	0.7021095	14:35:00	0.7655442	15:16:00	0.7055311	15:57:00	0.7035908
19/06/2021	13:55:00	0.7031544	14:36:00	0.7041045	15:17:00	0.7056518	15:58:00	0.703718
19/06/2021	13:56:00	0.7018228	14:37:00	0.7031833	15:18:00	0.711864	15:59:00	0.7012214
19/06/2021	13:57:00	0.7051656	14:38:00	0.7034828	15:19:00	0.710477	16:00:00	0.7150347
19/06/2021	13:58:00	0.7045669	14:39:00	0.7011347	15:20:00	0.712486	16:01:00	0.7036816
19/06/2021	13:59:00	0.7012865	14:40:00	0.7012527	15:21:00	0.7133156	16:02:00	0.7040899
19/06/2021	14:00:00	0.7028946	14:41:00	0.7013464	15:22:00	0.7130433	16:03:00	0.7033104
19/06/2021	14:01:00	0.7035696	14:42:00	0.70047	15:23:00	0.7135972	16:04:00	0.7036834
19/06/2021	14:02:00	0.6985853	14:43:00	0.7001833	15:24:00	0.7150715	16:05:00	0.6995284
19/06/2021	14:03:00	0.697847	14:44:00	0.7024351	15:25:00	0.7131891	16:06:00	0.7025407
19/06/2021	14:04:00	0.7019655	14:45:00	0.6987586	15:26:00	0.7140365	16:07:00	0.7033738
19/06/2021	14:05:00	0.702473	14:46:00	0.6975985	15:27:00	0.7107751	16:08:00	0.7016335
19/06/2021	14:06:00	0.7010253	14:47:00	0.6970002	15:28:00	0.708107	16:09:00	0.7008816
19/06/2021	14:07:00	0.7021008	14:48:00	0.7021667	15:29:00	0.7041356	16:10:00	0.6988413
19/06/2021	14:08:00	0.7035846	14:49:00	0.7069502	15:30:00	0.7047089	16:11:00	0.6989547
19/06/2021	14:09:00	0.7054209	14:50:00	0.7049239	15:31:00	0.7003549	16:12:00	0.7004964
19/06/2021	14:10:00	0.7035135	14:51:00	0.70238	15:32:00	0.7852115	16:13:00	0.700443
19/06/2021	14:11:00	0.7057767	14:52:00	0.7009281	15:33:00	0.7942461	16:14:00	0.6962823
19/06/2021	14:12:00	0.7013026	14:53:00	0.7013055	15:34:00	0.7943519	16:15:00	0.6957388
19/06/2021	14:13:00	0.7004694	14:54:00	0.7065714	15:35:00	0.7951434	16:16:00	0.6971147
19/06/2021	14:14:00	0.7003113	14:55:00	0.7064337	15:36:00	0.7985471	16:17:00	0.6957529
19/06/2021	14:15:00	0.7034007	14:56:00	0.7044248	15:37:00	0.7967797	16:18:00	0.6957932
19/06/2021	14:16:00	0.7005021	14:57:00	0.7060991	15:38:00	0.7943505	16:19:00	0.6968045
19/06/2021	14:17:00	0.7047347	14:58:00	0.706545	15:39:00	0.7928242	16:20:00	0.6984691
19/06/2021	14:18:00	0.6992253	14:59:00	0.7069729	15:40:00	0.7984923	16:21:00	0.700518
19/06/2021	14:19:00	0.6992989	15:00:00	0.7056747	15:41:00	0.7122787	16:22:00	0.7038424
19/06/2021	14:20:00	0.701697	15:01:00	0.7060763	15:42:00	0.7044809	16:23:00	0.7040504

(continuação)

Data	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)
19/06/2021	16:24:00	0.7053137	17:05:00	0.7102679	17:46:00	0.8949405	18:27:00	0.8772434
19/06/2021	16:25:00	0.7075714	17:06:00	0.71321	17:47:00	0.8949902	18:28:00	0.8767377
19/06/2021	16:26:00	0.7027632	17:07:00	0.771941	17:48:00	0.8915085	18:29:00	0.8809562
19/06/2021	16:27:00	0.7039227	17:08:00	0.8134541	17:49:00	0.8956421	18:30:00	0.8760421
19/06/2021	16:28:00	0.7027548	17:09:00	0.8123367	17:50:00	0.8330801	18:31:00	0.8821364
19/06/2021	16:29:00	0.7049035	17:10:00	0.8162041	17:51:00	0.813204	18:32:00	0.8788704
19/06/2021	16:30:00	0.7033235	17:11:00	0.8154251	17:52:00	0.816003	18:33:00	0.8761922
19/06/2021	16:31:00	0.7036613	17:12:00	0.8141112	17:53:00	0.8206624	18:34:00	0.8746593
19/06/2021	16:32:00	0.7042198	17:13:00	0.8152049	17:54:00	0.8216334	18:35:00	0.8711817
19/06/2021	16:33:00	0.706243	17:14:00	0.8114866	17:55:00	0.8213057	18:36:00	0.8699705
19/06/2021	16:34:00	0.7076673	17:15:00	0.8153435	17:56:00	0.8204041	18:37:00	0.8748337
19/06/2021	16:35:00	0.7055282	17:16:00	0.8131445	17:57:00	0.8190963	18:38:00	0.8776619
19/06/2021	16:36:00	0.8062483	17:17:00	0.8132018	17:58:00	0.8162992	18:39:00	0.8802102
19/06/2021	16:37:00	0.7994286	17:18:00	0.8120383	17:59:00	0.8172688	18:40:00	0.8788506
19/06/2021	16:38:00	0.793748	17:19:00	0.8128477	18:00:00	0.8203838	18:41:00	0.8802715
19/06/2021	16:39:00	0.7941169	17:20:00	0.8141154	18:01:00	0.8200684	18:42:00	0.8795027
19/06/2021	16:40:00	0.7910648	17:21:00	0.8132341	18:02:00	0.8140193	18:43:00	0.8811997
19/06/2021	16:41:00	0.7933985	17:22:00	0.8168014	18:03:00	0.8130193	18:44:00	0.882557
19/06/2021	16:42:00	0.7919758	17:23:00	0.816577	18:04:00	0.8181393	18:45:00	0.9530932
19/06/2021	16:43:00	0.7945325	17:24:00	0.821242	18:05:00	0.8163431	18:46:00	0.9733483
19/06/2021	16:44:00	0.7956144	17:25:00	0.8238377	18:06:00	0.8164464	18:47:00	0.975194
19/06/2021	16:45:00	0.7137887	17:26:00	0.8193955	18:07:00	0.8145491	18:48:00	0.974478
19/06/2021	16:46:00	0.7133799	17:27:00	0.8153367	18:08:00	0.8144297	18:49:00	0.9796364
19/06/2021	16:47:00	0.7125456	17:28:00	0.8123009	18:09:00	0.8193306	18:50:00	0.9835769
19/06/2021	16:48:00	0.7133386	17:29:00	0.810674	18:10:00	0.8144652	18:51:00	0.985063
19/06/2021	16:49:00	0.7126889	17:30:00	0.8122588	18:11:00	0.8151529	18:52:00	0.977187
19/06/2021	16:50:00	0.7120224	17:31:00	0.81301	18:12:00	0.8149401	18:53:00	0.9804064
19/06/2021	16:51:00	0.7109774	17:32:00	0.8145054	18:13:00	0.8169439	18:54:00	0.9000659
19/06/2021	16:52:00	0.7136387	17:33:00	0.8133646	18:14:00	0.8154681	18:55:00	0.8928593
19/06/2021	16:53:00	0.7144682	17:34:00	0.8149451	18:15:00	0.8159915	18:56:00	0.8928856
19/06/2021	16:54:00	0.7103777	17:35:00	0.814273	18:16:00	0.8154385	18:57:00	0.895443
19/06/2021	16:55:00	0.7074786	17:36:00	0.8102417	18:17:00	0.819342	18:58:00	0.8919198
19/06/2021	16:56:00	0.7098093	17:37:00	0.8099475	18:18:00	0.8187563	18:59:00	0.8918148
19/06/2021	16:57:00	0.7106054	17:38:00	0.8142193	18:19:00	0.8181368	19:00:00	0.8896173
19/06/2021	16:58:00	0.7102281	17:39:00	0.8173568	18:20:00	0.8188474	19:01:00	0.8905646
19/06/2021	16:59:00	0.7092588	17:40:00	0.813093	18:21:00	0.8317818	19:02:00	0.8929014
19/06/2021	17:00:00	0.7079761	17:41:00	0.8853482	18:22:00	0.8755995	19:03:00	0.8932818
19/06/2021	17:01:00	0.7087412	17:42:00	0.9004505	18:23:00	0.8732236	19:04:00	0.8893173
19/06/2021	17:02:00	0.7066032	17:43:00	0.9014094	18:24:00	0.8740595	19:05:00	0.8882408
19/06/2021	17:03:00	0.7082445	17:44:00	0.9007836	18:25:00	0.8772085	19:06:00	0.8898225
19/06/2021	17:04:00	0.7092894	17:45:00	0.8962598	18:26:00	0.8774208	19:07:00	0.8864369

(continuação)

Data	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)
19/06/2021	19:08:00	0.885109	19:49:00	0.8539707	20:30:00	0.8193273	21:11:00	0.8279378
19/06/2021	19:09:00	0.8901291	19:50:00	0.8967704	20:31:00	0.827273	21:12:00	0.8261908
19/06/2021	19:10:00	0.8903084	19:51:00	0.8989314	20:32:00	0.8271319	21:13:00	0.8255853
19/06/2021	19:11:00	0.8876967	19:52:00	0.8955936	20:33:00	0.8225301	21:14:00	0.8247504
19/06/2021	19:12:00	0.8149794	19:53:00	0.9054323	20:34:00	0.8275859	21:15:00	0.8239421
19/06/2021	19:13:00	0.8125862	19:54:00	0.9051776	20:35:00	0.8260686	21:16:00	0.8264737
19/06/2021	19:14:00	0.8126705	19:55:00	0.9089858	20:36:00	0.832339	21:17:00	0.8207617
19/06/2021	19:15:00	0.8105486	19:56:00	0.9075417	20:37:00	0.8328532	21:18:00	0.8174051
19/06/2021	19:16:00	0.812142	19:57:00	0.9064896	20:38:00	0.8292339	21:19:00	0.8206703
19/06/2021	19:17:00	0.8082057	19:58:00	0.8719507	20:39:00	0.8257232	21:20:00	0.8201122
19/06/2021	19:18:00	0.8093959	19:59:00	0.8241718	20:40:00	0.8292229	21:21:00	0.8198421
19/06/2021	19:19:00	0.8076466	20:00:00	0.8245164	20:41:00	0.8269277	21:22:00	0.819767
19/06/2021	19:20:00	0.808444	20:01:00	0.8260715	20:42:00	0.8232555	21:23:00	0.8138931
19/06/2021	19:21:00	0.8081851	20:02:00	0.8249961	20:43:00	0.8226928	21:24:00	0.8151689
19/06/2021	19:22:00	0.809402	20:03:00	0.8224597	20:44:00	0.8221875	21:25:00	0.812883
19/06/2021	19:23:00	0.8076257	20:04:00	0.8181042	20:45:00	0.8208524	21:26:00	0.8124354
19/06/2021	19:24:00	0.8107387	20:05:00	0.8229064	20:46:00	0.8209754	21:27:00	0.8180607
19/06/2021	19:25:00	0.8116071	20:06:00	0.8227372	20:47:00	0.822695	21:28:00	0.8163702
19/06/2021	19:26:00	0.8134063	20:07:00	0.8217246	20:48:00	0.8199709	21:29:00	0.8171448
19/06/2021	19:27:00	0.8140465	20:08:00	0.8176681	20:49:00	0.8217669	21:30:00	0.8142802
19/06/2021	19:28:00	0.8122896	20:09:00	0.8202322	20:50:00	0.8252952	21:31:00	0.8151726
19/06/2021	19:29:00	0.8124264	20:10:00	0.8200317	20:51:00	0.824976	21:32:00	0.8186113
19/06/2021	19:30:00	0.8127287	20:11:00	0.8203281	20:52:00	0.8228062	21:33:00	0.819591
19/06/2021	19:31:00	0.8125583	20:12:00	0.817816	20:53:00	0.8242649	21:34:00	0.8223431
19/06/2021	19:32:00	0.8113449	20:13:00	0.8130203	20:54:00	0.8221702	21:35:00	0.825129
19/06/2021	19:33:00	0.8108926	20:14:00	0.8149735	20:55:00	0.8230012	21:36:00	0.822857
19/06/2021	19:34:00	0.8106673	20:15:00	0.814503	20:56:00	0.8732058	21:37:00	0.8215472
19/06/2021	19:35:00	0.8110721	20:16:00	0.8168812	20:57:00	0.9115512	21:38:00	0.8187073
19/06/2021	19:36:00	0.8098594	20:17:00	0.8185835	20:58:00	0.9120636	21:39:00	0.8241234
19/06/2021	19:37:00	0.8127336	20:18:00	0.8222248	20:59:00	0.9122822	21:40:00	0.8217233
19/06/2021	19:38:00	0.8134941	20:19:00	0.819875	21:00:00	0.9106998	21:41:00	0.822969
19/06/2021	19:39:00	0.8107686	20:20:00	0.8237855	21:01:00	0.9090394	21:42:00	0.8185155
19/06/2021	19:40:00	0.8143598	20:21:00	0.8258184	21:02:00	0.9107652	21:43:00	0.8223635
19/06/2021	19:41:00	0.8128144	20:22:00	0.8271225	21:03:00	0.9124564	21:44:00	0.8197344
19/06/2021	19:42:00	0.8159908	20:23:00	0.8247378	21:04:00	0.9117163	21:45:00	0.8179304
19/06/2021	19:43:00	0.814624	20:24:00	0.8252141	21:05:00	0.8700366	21:46:00	0.817182
19/06/2021	19:44:00	0.8149671	20:25:00	0.8261906	21:06:00	0.82921	21:47:00	0.8156315
19/06/2021	19:45:00	0.8097734	20:26:00	0.8259707	21:07:00	0.8291949	21:48:00	0.8178614
19/06/2021	19:46:00	0.81018	20:27:00	0.8262747	21:08:00	0.8317347	21:49:00	0.8181465
19/06/2021	19:47:00	0.8093354	20:28:00	0.8216994	21:09:00	0.8323093	21:50:00	0.8111644
19/06/2021	19:48:00	0.8145856	20:29:00	0.8211946	21:10:00	0.8295622	21:51:00	0.8078503

(conclusão)

Data	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)	Hora	St(kVA)
19/06/2021	21:52:00	0.8111429	22:33:00	0.8125184	23:14:00	0.8064941	23:55:00	0.816524
19/06/2021	21:53:00	0.8189474	22:34:00	0.8147778	23:15:00	0.8083143	23:56:00	0.8152269
19/06/2021	21:54:00	0.8161121	22:35:00	0.8180024	23:16:00	0.8069236	23:57:00	0.8147984
19/06/2021	21:55:00	0.8110294	22:36:00	0.8199863	23:17:00	0.8086697	23:58:00	0.8157437
19/06/2021	21:56:00	0.8120386	22:37:00	0.8233757	23:18:00	0.8089427	23:59:00	0.8142149
19/06/2021	21:57:00	0.8085389	22:38:00	0.8209022	23:19:00	0.8103423		
19/06/2021	21:58:00	0.8114624	22:39:00	0.8222463	23:20:00	0.8058877		
19/06/2021	21:59:00	0.8090684	22:40:00	0.8207798	23:21:00	0.8090488		
19/06/2021	22:00:00	0.8943013	22:41:00	0.8177963	23:22:00	0.806452		
19/06/2021	22:01:00	0.8944111	22:42:00	0.8187403	23:23:00	0.8085228		
19/06/2021	22:02:00	0.897826	22:43:00	0.8171398	23:24:00	0.8082147		
19/06/2021	22:03:00	0.8990587	22:44:00	0.8175599	23:25:00	0.8068431		
19/06/2021	22:04:00	0.8958931	22:45:00	0.8171458	23:26:00	0.8052728		
19/06/2021	22:05:00	0.8926602	22:46:00	0.8150479	23:27:00	0.8093183		
19/06/2021	22:06:00	0.888292	22:47:00	0.817687	23:28:00	0.8086165		
19/06/2021	22:07:00	0.8880784	22:48:00	0.8177191	23:29:00	0.8116347		
19/06/2021	22:08:00	0.8823416	22:49:00	0.8160024	23:30:00	0.8094866		
19/06/2021	22:09:00	0.8037853	22:50:00	0.8202081	23:31:00	0.8058539		
19/06/2021	22:10:00	0.8045811	22:51:00	0.8175539	23:32:00	0.806499		
19/06/2021	22:11:00	0.8056506	22:52:00	0.8131231	23:33:00	0.8032737		
19/06/2021	22:12:00	0.8010766	22:53:00	0.8140542	23:34:00	0.8078158		
19/06/2021	22:13:00	0.8052811	22:54:00	0.8175201	23:35:00	0.8087245		
19/06/2021	22:14:00	0.8064971	22:55:00	0.8118566	23:36:00	0.8093037		
19/06/2021	22:15:00	0.8047629	22:56:00	0.8137377	23:37:00	0.8121112		
19/06/2021	22:16:00	0.8073806	22:57:00	0.8117546	23:38:00	0.8137861		
19/06/2021	22:17:00	0.8055811	22:58:00	0.8113422	23:39:00	0.8194214		
19/06/2021	22:18:00	0.8028839	22:59:00	0.8151334	23:40:00	0.817133		
19/06/2021	22:19:00	0.8068867	23:00:00	0.8166666	23:41:00	0.8201647		
19/06/2021	22:20:00	0.8077279	23:01:00	0.8115889	23:42:00	0.8191133		
19/06/2021	22:21:00	0.8046666	23:02:00	0.8149681	23:43:00	0.8213054		
19/06/2021	22:22:00	0.8056081	23:03:00	0.8196112	23:44:00	0.8189741		
19/06/2021	22:23:00	0.8034358	23:04:00	0.8143373	23:45:00	0.8191081		
19/06/2021	22:24:00	0.8078102	23:05:00	0.9056327	23:46:00	0.8174242		
19/06/2021	22:25:00	0.8030758	23:06:00	0.8949627	23:47:00	0.8178247		
19/06/2021	22:26:00	0.8115752	23:07:00	0.8965158	23:48:00	0.818254		
19/06/2021	22:27:00	0.8131746	23:08:00	0.8951978	23:49:00	0.8168063		
19/06/2021	22:28:00	0.8155797	23:09:00	0.8897589	23:50:00	0.8150654		
19/06/2021	22:29:00	0.8189122	23:10:00	0.8898165	23:51:00	0.811487		
19/06/2021	22:30:00	0.8160502	23:11:00	0.8912656	23:52:00	0.8155297		
19/06/2021	22:31:00	0.8120876	23:12:00	0.8914463	23:53:00	0.820495		
19/06/2021	22:32:00	0.8129393	23:13:00	0.87142	23:54:00	0.8188303		

Fonte: Elaborado pela autora (2021).