



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS DE PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

MARCELO CIRQUEIRA CAVALCANTE BORGES

**ANÁLISE DO IMPACTO DA PENETRAÇÃO DE VEÍCULOS
ELÉTRICOS NA ESTABILIDADE DA REDE DE BAIXA TENSÃO.**

Palmas-TO
2021

Marcelo Cirqueira Cavalcante Borges

**ANÁLISE DO IMPACTO DA PENETRAÇÃO DE VEÍCULOS
ELÉTRICOS NA ESTABILIDADE DA REDE DE BAIXA TENSÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal do Tocantins, Câmpus de Palmas como requisito básico para a conclusão do Curso de Engenharia Elétrica.

Orientador: Professor Dr. Jadiel Caparros da Silva.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- B732a Borges, Marcelo Cirqueira Cavalcante.
 Análise do impacto da penetração de veículos elétricos na
 estabilidade da rede de baixa tensão. / Marcelo Cirqueira Cavalcante
 Borges. – Palmas, TO, 2021.
 146 f.
- Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins –
 Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Elétrica,
 2021.
 Orientador: Jádriel Caparrós da Silva
1. Veículos Elétricos. 2. Motor. 3. Bateria. 4. Rede de distribuição.
I. Título

CDD 621.3

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCELO CIRQUEIRA CAVALCANTE BORGES

ANÁLISE DO IMPACTO DA PENETRAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NA ESTABILIDADE DA REDE DE BAIXA TENSÃO

Trabalho de conclusão do curso foi avaliada e apresentada à UFT - Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Elétrica para obtenção do título de Bacharel e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 15 / 12 / 2021

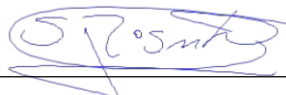
Banca Examinadora



Prof. Dr. Jadiel Caparrós da Silva, UFT.

Documento assinado digitalmente
gov.br KATHY CAMILA CARDOZO OSINSKI SENHORINI
Data: 16/12/2021 18:46:51-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^a. Dr^a. Kathy Camila Cardozo Osinski Senhorini, UFT.



Prof. Dr. Sergio Manuel Rivera Sanhueza, UFT.

Palmas-TO, 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Welda, por sempre fazer de tudo para me apoiar. Agradeço aos meus irmãos, meu pai, minha madrasta e cunhadas. A minha irmã, Larissa, que mesmo longe sempre esteve perto de mim. Meus amigos da faculdade, Alana, Carlos, Isabel, Felix, Michael, Raimundo e Vinicius, que estiveram comigo nesses últimos anos. Sou grato também a alguns familiares, que além de família são amigos.

Agradeço também ao meu orientador, Jadiel, que sempre esteve disposto a me ajudar, que sempre respondeu minhas mensagens em todos os horários. E por último, sou grato ao Programa de Ensino Tutorial (PET)- Engenharia Elétrica, a tutora e a todos os Petianos.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso possui o intuito de analisar o impacto da penetração de Veículos Elétricos (VEs) na estabilidade da rede de baixa tensão. O número de VEs tem aumentado nos últimos anos. Baixas emissões e redução da dependência do petróleo são algumas das vantagens alcançadas com o uso de VEs. No entanto, a falta de padronização para o carregamento dos VEs provavelmente sobrecarregará a rede de distribuição e podem causar quedas de energia, flutuações de tensão, estresse térmico nas linhas e poluição harmônica. Como alternativa ao reforço da rede, o gerenciamento inteligente de carga e o gerenciamento do lado da demanda serão introduzidos para coordenar o carregamento de um grande número de VEs. Serão utilizados os programas *Octave* e *Power factory* para a realização da pesquisa. Por fim, serão analisados cinco estudos de casos, sendo quatro de padrão internacional e um aplicado à cidade de Palmas.

Palavras-chave: Veículos Elétricos. Motor. Bateria. Rede de distribuição. Carregador.

ABSTRACT

This Course Conclusion Work aims to analyze the impact of high penetration of Electric Vehicles (EVs) on the stability of the low voltage network. The number of EVs has increased in recent years. Low emissions and reduced dependence on oil are some of the advantages achieved with the use of EVs. However, the lack of standardization for the charging of EVs will likely overload the distribution network and can cause power outages, voltage fluctuations, thermal stress on the lines and harmonic pollution. As an alternative to grid reinforcement, intelligent load management and demand-side management will be introduced to coordinate the loading of large numbers of EVs. The Octave and Power factory programs will be used to carry out the research. Finally, five case studies will be analyzed, four of which are of international standard and one applied to the city of Palmas.

Keywords: Electric Vehicles. Motor. Batteries. Distribution network. Charger.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conexão de diferentes perfis de usuários a cada hora na rede de distribuição..	37
Figura 2 - Fluxograma de carregamento não coordenado, objetivo 1	41
Figura 3 - Fluxograma do algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga, objetivo 2.....	42
Figura 4 - Fluxograma do algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga, objetivo 3.....	44
Figura 5 - Fluxograma do primeiro cenário do objetivo 4.....	45
Figura 6 - Fluxograma do segundo cenário do objetivo 4.	48
Figura 7 - Seção de carregamento coordenado de computação de script do Octave.....	52
Figura 8 - Cargas residenciais e de VEs.	62
Figura 9 - Resultado do gerenciamento do lado de demanda, cenário 2	75
Figura 10 - Períodos de carregamentos permitidos no terceiro cenário do objetivo 4.	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Os 20 tipos de carros elétricos mais vendidos no mercado global no primeiro semestre de 2018.....	18
Tabela 2: Dados do transformador para a rede de distribuição de baixa tensão.....	30
Tabela 3: Especificações de cabo para cada consumidor residencial de energia na rede de distribuição de baixa tensão norueguesa	31
Tabela 4: Consumo de energia ativa baseado em horas por quatro estações, em uma residência comum de uma única unidade na Noruega	33
Tabela 5: Consumo de energia ativa baseado em horas por quatro estações, em uma residência comum de uma única unidade em Palmas- TO.....	35
Tabela 6: Especificações do Nissan Leaf	36
Tabela 7: Perfil de limite de demanda baseado em hora com consumo máximo de energia em cada consumidor residencial de energia em determinados períodos.	46
Tabela 8: Cargas críticas, cargas de aquecimento e cargas diversas baseadas em horas usadas na simulação de gerenciamento do lado da demanda	47
Tabela 9: Cargas críticas, cargas de aquecimento e cargas diversas baseadas em horas usadas na simulação de gerenciamento do lado da demanda para Palmas- TO.....	49
Tabela 10: Dados de entrada e saída calculados a partir do algoritmo no objetivo 1... ..	50
Tabela 11: Correntes calculadas nos assinantes da rede com VE	51
Tabela 12: As horas de carregamento desejadas do assinante da rede são comparadas com as horas de carregamento permitidas pelo algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga.....	53
Tabela 13: Carregamento permitido dos VEs na rede de distribuição de baixa tensão.....	55
Tabela 14: Diferenciação de cargas na simulação do gerenciamento pelo lado da demanda com prioridade dada na coluna da esquerda	57
Tabela 15: Resultados da entrada e dos baseados em horas da simulação do gerenciamento do lado da demanda	58

Tabela 16: Limite de demanda adaptado para a cidade de Palmas- TO.....	60
Tabela 17: Carregamento permitido dos VEs em Palmas- TO	61
Tabela 18: Resultados de carga para carregamento não coordenado do cenário de inverno, objetivo 1.....	64
Tabela 19: Resultados da validação DIgSILENT PowerFactory para o objetivo 1.....	65
Tabela 20: Resultados de carga para carregamento não coordenado do cenário de inverno do objetivo 3.....	66
Tabela 21: Resultados da validação do DIgSILENT PowerFactory para carregamento não coordenado do objetivo 3.	67
Tabela 22: Horas de carregamento permitidas pelo primeiro algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga quando os VEs fornecidos estão conectados e as restrições que desabilita o carregamento.....	68
Tabela 23: Resultados da validação DIgSILENT PowerFactory para o primeiro algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga.....	69
Tabela 24: Resultados de carga para um cenário de inverno de carregamento coordenado, objetivo 3.....	70
Tabela 25: Resultados da validação DIgSILENT PowerFactory para o segundo algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga com número aumentado de VEs na rede de distribuição de baixa tensão,	71
Tabela 26: Resultados da validação com base em minutos do DIgSILENT PowerFactory para o segundo algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga com número aumentado de VEs na rede de distribuição de baixa tensão.....	72
Tabela 27: Resultados da validação do DIgSILENT PowerFactory para o segundo algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga com número aumentado de VEs e potência de carregamento de 6,6 kW	72
Tabela 28: Resultados do gerenciamento do lado da demanda, cenário 1	74
Tabela 29: Resultado de carga para um cenário de carregamento coordenado, objetivo 3. ...	78

Tabela 30: Comparação de perda de energia entre nenhum VEs na rede, carregamento não coordenado, o programa de gerenciamento inteligente de carga.....79

LISTA DE SIGLAS

VE	Veículo Elétrico
PHEV	Veículos Elétricos Híbridos Plug-In
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
W	Watt
kW	Quilowatts
FP	Fator de Potência
UFT	Universidade Federal do Tocantins
TT	Terra Terra
TI	Terra Isolada
TN	Terra Neutra
PET	Programa de Ensino Tutorial

LISTA DE SÍMBOLOS

R :	Resistência do condutor.
P_f :	Perda de energia no condutor.
I :	Corrente no condutor.
L_1 :	Indutância para cada condutor.
D :	Distância entre condutores.
d :	Diâmetro do condutor.
f :	Frequência.
X :	Reatância por fase e quilômetro
$(U_{f1} - U_{f2})$:	Tensão de fase.
I_2 :	Corrente do condutor de fase.
φ_2 :	Ângulo de fase.
Z :	Impedância.
I_{k2} :	Corrente de curto-circuito bipolar.
U_n :	Tensão de linha.
I_b :	Corrente de Carga.
I_N :	Corrente nominal do fusível.
I_Z :	Condutividade do cabo.
I_b :	Corrente de carga.
I_z :	Condutividade do cabo.
$\sum_0^n P_{Load}$:	Soma de todas as cargas do consumidor de energia.
$P_{Transformador}$:	Capacidade do transformador.
$\sum_0^n P_{Load\ resistance}$:	Soma de todas as cargas residenciais ativas.
$P_{Charger}$:	Potência de carregamento dos VEs.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa	19
1.2	Objetivo	19
1.2.1	Objetivo geral.....	19
1.2.2	Objetivos específicos.....	19
1.3	Metodologia	20
1.4	Veículos Elétricos	20
1.5	Carregamento dos VEs	21
1.6	Tecnologia de bateria dos VEs	22
1.6.1	Baterias de VEs.....	22
1.6.2	Bateria de íon-lítio para VEs.....	23
2	ANÁLISE DO PROBLEMA	24
2.1	Rede de distribuição	24
2.1.1	Topologia das redes de distribuição	24
2.1.2	Regulação do fornecimento do sistema de energia norueguês.....	27
2.1.3	Regulação do fornecimento do sistema de energia Brasileiro	28
2.2	Smart Grid	29
3	SOLUÇÃO DO PROBLEMA	30
3.1	Dados e design da rede Norueguesa	30
3.2	Dados e design da rede de Palmas	32
3.3	Análise de carga	32
3.3.1	Consumo de energia doméstico.....	32
3.3.2	Perfil VE.....	36
3.3.3	Perfis de usuários de VEs, taxa de recarga e participação de VEs.	36
3.3.3.1	Perfis dos usuários de VEs.....	37
3.3.3.2	Taxa de recarga	38
3.3.3.3	Compartilhamento de VEs.....	38
3.4	Restrições do sistema de distribuição	39
3.5	Programas de Gestão	40
3.5.1	Objetivo 1	40
3.5.2	Objetivo 2	41
3.5.3	Objetivo 3	43

3.5.4	Objetivo 4	44
3.5.4.1	Primeiro cenário.....	45
3.5.4.2	Segundo cenário.....	48
3.5.4.3	Terceiro cenário	49
3.6	Teste e validação dos algoritmos	50
3.6.1	Carregamento Não Coordenado - Objetivo 1	50
3.6.2	O Primeiro Algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga - Objetivo 2...	51
3.6.3	O Segundo Algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga - Objetivo 3...	53
3.6.4	Gerenciamento do lado da demanda - Objetivo 4	56
3.6.4.1	Gerenciamento do lado da demanda - Primeiro cenário	56
3.6.4.2	Gerenciamento do lado da demanda - Segundo cenário	59
3.6.4.3	Terceiro Cenário.....	59
3.7	Descrição do DigSILENT PowerFactory	62
4	RESULTADOS.....	63
4.1	Resultados de carregamento não coordenados.....	63
4.1.1	Resultados de carregamento não coordenado - Objetivo 1	63
4.1.2	Resultados de carregamento não coordenado - Objetivo 3	65
4.2	Resultados do gerenciamento inteligente de carga	68
4.2.1	Resultado de Gerenciamento Inteligente de Carga, Objetivo 2.....	68
4.2.2	Resultados de Gerenciamento inteligente de Carga para o Objetivo 3.....	69
4.3	Resultados do Gerenciamento do lado da demanda	73
4.3.1	Resultado do Gerenciamento do lado da demanda, primeiro cenário.....	73
4.3.2	Resultado do Gerenciamento do lado da demanda, segundo cenário.....	75
4.3.3	Resultado do Gerenciamento do lado da demanda, terceiro cenário.....	76
5	CONCLUSÃO	80
5.1	Realidade de Palmas-TO.....	82
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	APÊNDICE A- OBJETIVO 1	88
	APÊNDICE B- OBJETIVO 2.....	98
	APÊNDICE C- OBJETIVO 3.....	110
	APÊNDICE D- OBJETIVO 4, CENÁRIO 1.....	132
	APÊNDICE E- OBJETIVO 4, CENÁRIO 2.....	138

1 INTRODUÇÃO

Os automóveis já são uma realidade há muito tempo, e a maioria da população tem acesso a eles. Ao decorrer dos anos, esses automóveis foram mudando com o desenvolvimento da tecnologia, da necessidade de inovação, da política e da economia presente em cada geração. No mais, o que chama muita atenção é a necessidade de manter a integridade da natureza. Então, a saúde pública, o meio ambiente e a segurança energética sempre serão pontos a serem considerados quando se tratam dos grandes emissores de gases poluentes atualmente utilizados, os automóveis (BRAVO *et al.*, 2014).

Os principais pontos considerados em relação à segurança energética visando os transportes são a alta emissão de poluentes e a possibilidade de escassez de petróleo no futuro. O Acordo de Copenhague tem o objetivo de limitar o aumento da temperatura global em 2°C até 2050. Essa meta foi tomada pelos chefes de estado durante a conferência sobre as Mudanças Climáticas em Paris, sendo responsabilidade das Nações Unidas (VONBUN, 2015).

Outra meta criada foi o Protocolo de Kyoto, em 1997, que tinha o principal objetivo de diminuir as emissões de gases do efeito estufa em 5,2% em relação a 1990, isso nos 37 países que assinaram o protocolo. Além disso, existem outras metas no protocolo de Kyoto que são específicas para cada país (VONBUN, 2015).

Na necessidade da inovação de formas alternativas de tecnologias automobilísticas, que aumentem a eficiência energética, os Veículos Elétricos (VEs) são qualificados como uma opção mais sustentável (BARASSA, 2015). Muitos países já estão demonstrando interesse na substituição dos veículos a gasolina e diesel pelos VEs. O Reino Unido e a França têm metas de proibir a venda desses carros a partir de 2040, a Índia tem a mesma meta para 2030 e a Noruega para 2025. O Brasil também tem uma meta similar, de começar a substituição dos carros movidos a combustíveis fósseis a partir do início de 2030, esse projeto de lei foi aprovado no senado em 2020 (BAPTISTA, 2020).

A Peugeot, Citroen, DS, Vauxhall e Opel começaram a lançar seus modelos de automóveis com versões elétricas ou híbridas desde 2019. A Volvo e Jaguar Land Rover também têm metas de deixar de fabricar veículos a combustão, mesmo que

gradualmente. Enquanto isso, a Renault já pretende focar na produção de apenas carros elétricos (TECMUNDO, 2020).

A princípio, a utilização dos veículos a combustão interna não era tão desejada, mas era a forma mais viável. Como não havia energia liberada em todas as cidades, os VEs não ganharam tanto espaço. Atualmente, com as grandes inovações e avanços das redes de distribuição que estão presentes por todos os territórios, a utilização dos VEs pode se tornar a opção mais viável (CAVAGLIANO, 2020).

De acordo com o *International Energy Agency* (IEA, 2016), os VEs são movidos por motor elétrico e são alimentados por baterias recarregáveis, assim não há liberação de gases poluentes durante o transporte. O seu desenvolvimento é lento na sua fase inicial, devido ao alto custo de fabricação e a falta de recursos de carregamento. Para que eles possam ser mais vistos, muitos países estão elaborando políticas e regulamentos que ajudem a diminuir os obstáculos na sua fabricação. É esperado que em até 2030 tenham-se 130 milhões de VEs no mundo (IEA, 2018).

De acordo com o Conselho de Informação do Tráfego Rodoviário (IEA, 2018), a Noruega se tornou o primeiro país do mundo em que os carros elétricos ultrapassaram 50% dos carros vendidos em um ano, isso em 2020. Para isso, existem políticas que possibilitam benefícios nas compras dos VEs no país, como taxas anuais mais baixas, diminuição no custo de estradas com pedágios e de estacionamentos, entre outros.

Dentre os VEs, também há aqueles chamados de Veículos Elétricos Híbridos Plug-In (do inglês, PHEV). Os PHEV combinam um motor de combustão interna que é movido a gasolina/álcool ou diesel com um motor elétrico, possuindo também um banco de bateria recarregável, e por isso podem causar influências nas redes de distribuição (PORCHERA, 2014).

Analisando o mercado global de VEs *plug-in*, os que mais chamam a atenção dos fabricantes são os à bateria. A Tabela 1 mostra os 20 tipos de VEs plug-in mais vendidos no mundo em 2018. Dos 20, 13 são de VEs à bateria, correspondendo a 65% das vendas. Para uma autonomia mais longa, esses VEs são produzidos com baterias de grande capacidade, e isso causa um alto custo na fabricação. Nesse quesito, os PHEVs surgem como um recurso temporário até que as tecnologias dos VEs possam evoluir e se tornarem mais fixas. Dos 20 veículos apresentados na Tabela 1, apenas 7 são do tipo PHEV. Suas baterias têm capacidades bem menores

se comparadas às dos VEs, assim o alcance totalmente elétrico dos PHEV é mais curto (ZHENG et al, 2019).

Tabela 1: Os 20 tipos de carros elétricos mais vendidos no mercado global no primeiro semestre de 2018.

Ranking	Marca	País de fabricação	Modelo	Capacidade (kWh)	Alcance total elétrico (km)	Classificação
1	Nissan	Japão	Leaf	30.0	172.0	VE
2	BAIC	China	EC series	20.3/20.5	156.0b/162.0	VE
3	Tesla	América	Model 3	80.0	345.0	VE
4	Toyota	Japão	Prius Prime PHEV	8.8	35.0	PHEV
5	BYD	China	Qin PHEV	23.0	100.0	PHEV
6	Tesla	América	Model S	85.0	550.0	VE
7	Tesla	América	Model X	100.0	552.0	VE
8	BYD	China	Song PHEV	16.9	80.0	PHEV
9	Renault	França	Zoe	22.0	240.0	VE
10	JAC	China	iEV E/S	29.2/41.5	255.0/310.0	VE
11	Mitsubishi	Japão	Outlander PHEV	2.0	52.0	PHEV
12	BYD	China	e5	43.0	305.0	VE
13	BMW	Alemanha	i3	33.0	183.0	VE
14	Roewe	China	i6 PHEV	8.0	60.0	PHEV
15	JMC	China	E200	29.2	252.0	VE
16	Chevrolet	América	Bolt	60.0	383.0	VE
17	Roewe	China	eRX5 PHEV	12.0	60.0	PHEV
18	Zhidou	China	D2 EV	18.0	155.0	VE
19	BMW	Alemanha	530e	9.2	45.0	PHEV
20	BAIC	China	EX series	48	318.0	VE

Fonte: Adaptado de ZHENG et al, 2019

Com o aumento da utilização dos VEs, surgiram diferentes padrões de carregamentos nas redes de distribuição e isso pode acarretar em possíveis sobrecargas, flutuações de tensão, estresse e degradação da eficiência do sistema. Com isso, é necessário fazer uma avaliação do impacto que pode ser causado e criar métodos para que não seja necessário substituir ou reforçar as linhas de energia, pois seria caro e levaria muito tempo (GJELSVIK, 2015).

1.1 Justificativa

Para o desenvolvimento de uma sociedade sustentável, muitas propostas são elaboradas, um dos principais pontos a serem analisados é a utilização de formas menos poluentes de mobilidade urbana. Os VEs não são uma novidade, porém ainda não dominam o mercado em relação aos veículos convencionais.

A utilização dos VEs está aumentando em todo o mundo, e a Noruega foi o primeiro país do mundo a superar cinquenta por cento de carros elétricos vendidos em 2020. A Noruega tem o objetivo de fazer com que todos os carros do país deixem de ter emissões de poluentes a partir de 2025. Em contraste, a alta penetração dos VEs apontam um desafio iminente, se observados em cidades em que as redes elétricas não são preparadas para isso. Se não houver uma programação dos carregamentos dos VEs, haverá demanda extra no sistema de energia além de causar implicações na estabilidade das redes de baixa tensão e gerenciamento de demanda.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o impacto da penetração de VEs em redes de distribuição de baixa tensão.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar possíveis sobrecargas, flutuações de tensão, estresse e degradação da eficiência do sistema, causadas através do consumo de energia descoordenado e possíveis padrões de carregamentos aleatórios dos VEs na rede de distribuição.

- Procurar desenvolver uma solução para o gerenciamento inteligente de carga de VEs em uma rede de distribuição pensando nas concessionárias. Desenvolver estratégias para controlar o gerenciamento inteligente de carga e um algoritmo para que os VEs carreguem fora do horário de pico.
- Desenvolver um algoritmo de carregamento inteligente que pretende reduzir a perda de energia de linha visando uma perspectiva futura onde haverá mais participações de VEs em uma mesma rede de distribuição.
- Desenvolver um algoritmo de carregamento inteligente embasado no gerenciamento pelo lado da demanda. Estipular um limite de demanda fornecido pela operadora da rede de distribuição, isso aplicado a todos os consumidores residenciais de energia conectados à rede de distribuição de baixa tensão.
- Aplicar a metodologia à quatro cenários internacionais (Noruega) e em um cenário na cidade de Palmas- TO.

1.3 Metodologia

Primeiramente haverá uma revisão bibliográfica para analisar todo o conteúdo necessário, utilizando como base a dissertação de mestrado “*Impact of High Penetration of Electric Vehicles on Low Voltage Network Stability and Role of Management Programmes for Electric Vehicle Charging*” (GJELSVIK, 2015). Será feito um estudo minucioso do cenário propício para que os objetivos listados possam ser alcançados. Para o desenvolvimento dos algoritmos, será utilizado um *software* para cálculo numérico e científico de alto nível, o Octave. Posteriormente, a metodologia será aplicada à quatro cenários da Noruega e em um cenário na cidade de Palmas-TO.

1.4 Veículos Elétricos

Para que um veículo seja designado como Veículo Elétrico (VE) é necessário que ele possua pelo menos um motor elétrico para sua propulsão. A alimentação da propulsão é feita a partir de uma bateria recarregável. O primeiro VE foi criado na Inglaterra, em 1837, na época chamado de carruagem elétrica. O auge da utilização

dos VEs foi entre 1890 e 1910, em razão deles não produzirem ruídos exagerados, fumaça e possíveis riscos que os veículos a combustão poderiam causar (CAVAGLIANO, 2021).

Com o avanço das tecnologias e exploração do petróleo, o foco industrial mudou para os automóveis de combustão interna, deste modo os VEs acabaram saindo do mercado e tornando-se menos frequentes nas ruas. O interesse nos VEs retorna com relevância devido a necessidade de inovação tecnológica, a indispensabilidade de métodos sustentáveis que possibilitem a preservação do meio ambiente e a segurança energética dos países (BARAN, 2011).

Podem ser considerados VEs os carros, motos, caminhões, trens, aviões e barcos. Dentre esses, o foco deste trabalho será aplicado aos carros elétricos, visto que eles são os mais utilizados nas áreas residenciais e estão mais presentes na realidade estudada neste trabalho.

Os componentes dos VEs se diferenciam em certos aspectos dos veículos com motor a combustão interna, sendo que o componente a ser destacado é a bateria, que corresponde a uma parte importante do custo do VE. Foi feita uma aferição e tem-se que mais de 50% do valor de um VE relaciona-se à sua bateria (CASTRO e FERREIRA, 2010). Outros componentes a serem citados para a transmissão de força de um carro elétrico são o motor elétrico, o acionamento do motor elétrico e o controlador. A tração é fornecida pelos motores, sendo eles de corrente contínua (CC) ou de corrente alternada (CA). Como as baterias geram tensão em CC, é necessário equipamentos mais caros para que os motores CA possam converter a CA em CC. A potência dos motores elétricos pode variar de acordo com o tamanho, variando de alguns watts (W) a centenas de quilowatts (kW). Mesmo com a mesma potência, os motores CA são mais leves que os motores CC, porém, os motores CC necessitam de acionamentos elétricos menos complexos (MATTEDE, 2019).

O conversor tem a função de elevar e reduzir a voltagem utilizada. O inversor é responsável por converter a tensão CC gerada pela bateria em tensão CA (VILLAR, 2006).

1.5 Carregamento dos VEs

Um quesito importante ao se tratar dos VEs é o carregamento. Juntamente com a capacidade de condução de longo alcance, o carregamento rápido é amplamente

discutido pelos compradores ao fazerem uma negociação para adquirir seu VE (GJELSVIK, 2015).

O carregamento pode ser feito por um carregador que está localizado dentro ou fora do veículo, sendo respectivamente chamados de carregamento a bordo e fora de bordo. Os carregadores a bordo devem ser feitos do menor tamanho possível, para não comprometer o espaço dentro do veículo, porém isso acaba implicando numa limitação da potência. Os carregadores fora de bordo normalmente têm um foco no carregamento rápido dos VEs, e assim não se limitam ao tamanho, devido não terem restrições de espaço a serem armazenados (NeoCharge, 2021).

Nos VEs, os indutores são adicionados em carregadores como filtro de corrente para que protejam de ondulações de corrente. Esses carregadores devem manter a distorção harmônica o mais baixo possível, mantendo-se dentro dos padrões da rede elétrica. Para maximizar a potência real disponível na tomada utilizada para carregar os VEs, os carregadores devem obter um Fator de Potência (FP) alto, para isso, eles geralmente contêm um conversor de reforço para corrigir esse FP. Normalmente é esperado que os carregadores sejam adequados aos diversos tipos de baterias e modelos de carro (SBORDONA et al, 2015).

1.6 Tecnologia de bateria dos VEs

A bateria de um VE é um acumulador de energia onde se armazena a eletricidade que será transmitida ao motor de corrente alternada ou contínua. Há muitas pesquisas em relação às baterias dos VEs para que melhorem as tecnologias e o custo, visto que elas correspondem a grande parte do preço dos VEs (GJELSVIK, 2015).

1.6.1 Baterias de VEs

Entre os tipos de baterias para VEs, as mais comuns e utilizadas são as de chumbo-ácido (PbA), as de níquel-hidreto metálico (NiMH) e as de íon-lítio (SANTOS e ROCHA, 2017).

As baterias de chumbo-ácido são frequentemente utilizadas em veículos com motor a combustão. Elas possuem baixo custo e mínimas perdas em *standby*, termo utilizado para se referir a eletricidade utilizada pelos equipamentos quando estão

desligados ou não estão executando sua função primária. Em contrapartida as baterias de chumbo-ácido se comparadas a outros tipos de baterias, são sensíveis a temperatura, além de possuir volume e peso elevados. O Brasil não é autossuficiente em chumbo, assim é necessário importar cerca de 40% dele, o que pode aumentar o custo desse tipo de bateria (CASTRO e FERREIRA, 2010).

As baterias de níquel-hidreto metálico são mais confiáveis, têm mais vida útil e maior relação potência/peso se comparadas às de chumbo-ácido. Mas elas têm alto custo, devido à quantidade de níquel utilizado, peso elevado e alta autodescarga (AMBROSIO e TICIANELLI, 2000).

As baterias de íon-lítio, se comparadas às de chumbo-ácido e de níquel-hidreto metálico, têm baixa autodescarga e alta eficiência energética. No Brasil há a vantagem do menor custo do metal (lítio, se comparado ao níquel). Existem alguns tipos de baterias de íon-lítio, sendo a LCO (óxido de lítio-cobalto) mais presente em aplicações comerciais como telefones celulares, laptops e outros eletrônicos (VILLALVA, 2021).

1.6.2 Bateria de íon-lítio para VEs

Na realidade norueguesa, as baterias de íon-lítio vêm-se apresentando como as mais apropriadas para aplicação nos VEs. Sua capacidade de energia varia de 5 kWh a 53 kWh (GJELSVIK, 2015).

As células das baterias são formadas por um cátodo e um ânodo. O cátodo é o maior determinante da energia, da segurança, da vida útil e do custo de uma bateria. As baterias de íon-lítio seguem esse esquema. Normalmente, o ânodo é de grafite, já o cátodo pode variar de acordo com o fabricante das células. Em VEs, o mais comum é um cátodo de lítio-dióxido de manganês, lítio fosfato de ferro ou lítio óxido níquel manganês cobalto, devido a segurança, alto poder específico e longa vida útil. O fabricante pode variar também a quantidade de células e colocá-las em série e paralelo para obterem as tensões e correntes desejadas (NOCE, 2009).

2 ANÁLISE DO PROBLEMA

2.1 Rede de distribuição

Será apresentada a análise desenvolvida e a partir dela poderá ser observado que a penetração dos VEs impacta de forma mais sólida as redes de distribuição de baixa tensão. As redes de distribuição podem ser afetadas negativamente pelos seguintes cenários: grande potência de carga, alta frequência de carregamento e distorção senoidal causada pelos carregadores dos VEs. Caso as redes elétricas tenham alta impedância, tendo assim baixo desempenho de curto-circuito, distúrbios de tensão podem acabar ocorrendo e conseqüentemente os cenários citados podem causar impactos mais graves (GJELSVIK, 2015).

A qualidade de energia pode ficar em risco e o valor da tensão *Root Mean Square* (RMS) pode ficar abaixo do valor aceito em residências caso a potência e a frequência de carga forem muito altas. Isso ocorre quando há alta penetração de VEs em uma área específica. Além disso, o carregador dos VEs pode causar distorções na corrente senoidal fornecida e isso pode acarretar em perdas de calor nos transformadores e em outros dispositivos elétricos (AZEVEDO, ROMÃO e MENEGATTI, 2019).

2.1.1 Topologia das redes de distribuição

Nesta subseção será descrito o funcionamento da topologia das redes de distribuição que serão utilizadas neste trabalho, sendo uma topologia das redes de distribuição da Noruega e uma topologia da cidade de Palmas.

Na Noruega, as linhas de alta tensão têm capacidade de até 22 kV e são usadas em amplas distâncias para diminuir as perdas de energia. As linhas de baixa tensão variam, sendo de 230 V ou de 400 V para alimentar as residências. O comum é que as redes de distribuição de alta tensão operem com 22 kV ou 11 kV. E as linhas são fortificadas com protetores de sobrecarga para casos de curto-circuito (GJELSVIK, 2015).

Em Palmas há um novo ponto de conexão com a rede básica (230 kV) que foi finalizada em 2020, sendo a Linha de Distribuição 230 kV Lajeado - Palmas, as linhas

de baixa tensão são de 220/380 V para alimentar as residências e indústrias (CANAL ENERGIA, 2019).

O padrão das redes de distribuição de baixa tensão são divididas em três categorias. Essas categorias se alteram em Terra Terra (TT), que o neutro do transformador e as cargas na rede estão aterrados, Terra Isolada (TI), que o neutro do transformador é isolado e as cargas são aterradas e o Terra Neutra (TN) que se divide em subcategorias (ALVES, COSTA e XAVIER, 2018)

No sistema TN as cargas da rede estão conectadas ao neutro do transformador com um condutor PEN/PE. Nesse sistema há duas subcategorias, o TN-S, onde o condutor PE é separado do condutor N e o TN-C, onde o condutor PE e N são combinados até a primeira distribuição. A Figura 1 mostra o diagrama de linha dos diferentes sistemas de rede de baixa distribuição (ALVES, COSTA e XAVIER, 2018).

A seguir serão apresentadas algumas equações necessárias para o trabalho. Onde a equação (1) calcula a resistência em uma linha aérea ou cabo. A Equação (2) calcula a indutância para linhas bifásicas e linhas trifásicas simétricas. A Equação (3) calcula os arranjos trifásicos assimétricos. E a equação (4) calcula a reatância por fase e quilômetro (SEBERGSEN e SVARTE, 2008).

$$R = \frac{P_f}{I^2} [\Omega] \quad (1)$$

Onde:

R : Resistência do condutor.

P_f : Perda de energia no condutor.

I : Corrente no condutor.

$$L_1 = (0,5 + 4,6 * \lg \frac{2D}{d}) * 10^{-4} \left[\frac{H}{km} \right] \quad (2)$$

$$L_1 = (0,5 + 4,6 * \lg \frac{2^3 \sqrt{D_1 D_2 D_3}}{d}) * 10^{-4} \left[\frac{H}{km} \right] \quad (3)$$

Onde:

L_1 : Indutância para cada condutor.

D : Distância entre condutores.

d : Diâmetro do condutor.

$$X = \omega * L_1 \left[\frac{n}{km} \right] \quad (4)$$

Onde:

ω : $2 * \pi * f$:

f : Frequência.

X : Reatância por fase e quilômetro.

A partir da equação (5) pode-se calcular a queda de tensão nas linhas. A queda de tensão é calculada de um barramento a outro, o 1 indica o primeiro barramento e o 2 indica o segundo (SEBERGSEN e SVARTE, 2008).

$$\Delta U = \sqrt{3}(U_{f1} - U_{f2}) = \sqrt{3}(R * I_2 * \cos \varphi_2 + X * I_2 * \sin \varphi_2) \text{ [V]} \quad (5)$$

Onde:

$(U_{f1} - U_{f2})$: Tensão de fase. Queda de tensão entre os barramentos.

I_2 : Corrente do condutor de fase.

φ_2 : Ângulo de fase.

A partir da equação (6), pode-se calcular a corrente do condutor de fase (SEBERGSEN e SVARTE, 2008).

$$I = \frac{P_2}{\sqrt{3} * U_2 * \cos \varphi_2} \text{ [A]} \quad (6)$$

Com a equação (7), pode-se calcular a impedância total e com a equação (8), calcula-se a corrente de curto-circuito bipolar (SEBERGSEN e SVARTE, 2008).

$$Z = R + jX \text{ [\Omega]} \quad (7)$$

Onde:

Z: Impedância.

$$I_{k2} = \frac{U_n}{2*Z} [A] \quad (8)$$

Onde:

I_{k2} : Corrente de curto-circuito bipolar.

U_n : Tensão de linha.

A equação (9), é utilizada para calcular a corrente de carga permitida dentro dos limites da norma eletrotécnica, a classificação do fusível e a condutividade do cabo (NEK 400,2010).

$$I_b \leq I_N \leq I_Z[A] \quad (9)$$

Onde:

I_b : Corrente de Carga.

I_N : Corrente nominal do fusível.

I_Z : Condutividade do cabo.

A partir da equação (10), pode-se calcular a perda de potência nas linhas de distribuição (SEBERGSEN e SVARTE, 2008).

$$P_{loss} = R * I_b^2 + X * I_b^2 \quad (10)$$

2.1.2 Regulação do fornecimento do sistema de energia norueguês

A Noruega tem sua própria regulamentação sobre fornecimento no sistema de energia. A seguir serão apresentados os trechos da regulamentação norueguesa que serão utilizados neste trabalho (Ministério do Petróleo e Energia da Noruega, 2020):

- 3-2. Frequência de tensão: O operador do sistema deve, em áreas que estão temporariamente sem conexão física com redes de transmissão adjacentes, garantir que a frequência de tensão seja normalmente mantida dentro de 50 Hz \pm 2%.

- 3-3. Variações lentas no valor RMS da tensão: O operador da rede de distribuição deve garantir que as variações lentas no valor RMS da tensão estejam dentro da faixa de $\pm 10\%$ da tensão nominal, medida como uma média de dez minutos, no ponto de conexão na rede de baixa tensão.
- 3-4. Sobretensão transitória, subtensão e queda de tensão: O operador da rede de distribuição deve garantir que o desvio de tensão por sobretensão transitória, subtensão e queda de tensão não exceda os seguintes limites no ponto de conexão com o respectivo nível de tensão nominal, 4P, para o respectivo tempo intervalo.
- 3-6. Assimetria de tensão: O operador da rede de distribuição deve assegurar que o grau de assimetria de tensão não exceda 2% nos pontos de conexão, medidos em média de dez minutos.
- 3-7. Sobre-harmônicas: O operador da rede de distribuição deve garantir que a distorção harmônica total da forma de onda da tensão não exceda 8% e 5%, medida em uma média de dez minutos e uma semana, em pontos de conexão com tensões nominais de 230 V a 35 kV.
- 3-10. Transientes: A Diretoria de Recursos Hídricos e Energia da Noruega pode ordenar que aqueles abrangidos por estes regulamentos implementem medidas para reduzir o escopo ou as consequências de sobretensões transitórias.

2.1.3 Regulação do fornecimento do sistema de energia Brasileiro.

O sistema de distribuição brasileiro é constituído pela rede elétrica e pelo conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam em baixa, média e alta tensão. A alta tensão variando de 69 kV a 230 kV, a média tensão varia de 1 kV a 69 kV e a baixa tensão sendo igual ou inferior a 1 kV (ANEEL, 2018).

As tensões habituais de transmissão empregadas no Brasil, em corrente alternada, podem variar de 138 kV até 765 kV podendo ter variações de 230 kV, 345 kV, 440 kV e 500 kV.

Algumas normas para a cidade de Palmas -TO podem ser vistas nas Normas de Distribuição Unificada (NDU). A principal norma utilizada neste trabalho será (PIMENTA, 2010):

- Art 46. Nos serviços de energia elétrica será adotada a corrente alternativa, trifásica, sendo admitida, enquanto não for unificada a frequência no país, as frequências de 50 e 60 ciclos por segundo, de acordo com a zona em que estiverem instaladas.

2.5 Smart Grid

Para sistemas de gerenciamento exitosos para VEs, é fundamental que sejam desenvolvidas infraestrutura de medição avançada e coleta de dados em tempo real. Um sistema elétrico inteligente deve dispor de capacidade, sustentabilidade, eficiência e confiabilidade para fornecer mais eletricidade e atender a demanda crescente. Para ter tal capacidade, é necessário aumentar a confiabilidade e a capacidade das fontes de alimentação, isso é possível agregando fontes de energia de baixo carbono às redes e aumentando a eficiência energética (ROSSEBO, 2014).

Uma rede elétrica inteligente é um sistema inteligente com essência a aplicação de novas tecnologias digitais e de comunicação nas redes de transmissão e distribuição de energia, usando embasamento em padrões de toda a indústria que fornecem energia elétrica estável, segura e sustentável. A tendência para o futuro é que cada vez mais as redes fiquem mais inteligentes (ROSSEBO, 2014).

3 SOLUÇÃO DO PROBLEMA

3.1 Dados e *design* da rede Norueguesa

Para o desenvolvimento da solução do problema, foi analisada a rede de distribuição de uma área residencial antiga. Os proprietários das linhas são marcados com etiquetas de nove dígitos. A área possui um sistema em TI com tensão nominal de 230 V. O transformador é conectado em estrela-estrela e abastece 20 residências, tendo saída de baixa tensão de 238 V. A Tabela 2 mostra os dados do transformador para a rede de distribuição de baixa tensão (GJELSVIK, 2015).

Tabela 2: Dados do transformador para a rede de distribuição de baixa tensão.

Dados do Transformador:

Classificação	150kVA
Transformador de 2 enrolamentos	
Tensão Nominal AT	22 kV
Tensão Nominal BT	0,24 kV
Fase	3 fases
Frequência	50 Hz sujeito a flutuação de 5%
Conexão AT	Estrela
Conexão BT	Estrela
Grupo vetorial	Yy0

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

A Tabela 3 está relacionada às linhas conectadas com as devidas residências. Os cabos podem acabar sendo empecilhos para os moradores que consomem muita energia. Se todas as residências conectadas consumirem uma grande quantidade de energia ao mesmo tempo, os alimentadores podem sobrecarregar. O limite do transformador é de 150 kVA e a partir da equação (9) observa-se que a corrente de carga deve ser menor que a capacidade do cabo apresentado na Tabela 3. E a maioria das residências tem carga bifásica, então a corrente total da carga é dividida pela raiz quadrada de 3, se comparada a entrada de energia trifásica (GJELSVIK, 2015).

Tabela 3: Especificações de cabo para cada consumidor residencial de energia na rede de distribuição de baixa tensão norueguesa.

Assinante de rede	Cabo	Tipo	Comprimento (km)	Resistência (Ω)	Reatância (Ω)	Condutividade (A)
144503089	TFXP 4X95 AL	Terra	0,135	0,0432	0,0101	220
144503070	PFSP 3X50 AL	Terra	0,103	0,0661	0,0103	150
144502932	TFXP 4X50 AL	Terra	0,041	0,0263	0,0032	150
144500731	EX 3X25 AL	Aéreo	0,042	0,0266	0,0033	115
144500771	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0018	0,0216	0,0024	115
114500751	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0016	0,0192	0,0013	115
144500615	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0011	0,0156	0,0011	115
144500741	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0012	0,0144	0,0095	115
144500619	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0005	0,0072	0,0005	115
144500621	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0034	0,0504	0,0034	115
144509621	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0021	0,03	0,0021	115
144500781	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0044	0,5304	0,0036	115
144500751	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0021	0,03	0,0021	115
144500611	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0008	0,012	0,0008	115
144500525	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0009	0,0132	0,0009	115
144500721	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0017	0,0227	0,0017	115
144500517	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0015	0,0216	0,0015	115
144500622	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0129	0,1884	0,0129	115
144500791	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0268	0,3216	0,022	115
144500711	EX 3X25 AL	Aéreo	0,0129	0,1884	0,0129	115

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

3.2 Dados e *Design* da rede de Palmas.

A NDU- 001 apresenta os requisitos mínimos e diretrizes que são utilizadas para projetos e execução das instalações de entradas de serviços das unidades consumidoras de baixa tensão nas concessionárias do Grupo Energisa. Essa norma é utilizada para cargas instaladas nas unidades de até 75 kW. Juntamente com as NDUs 002 e 003, essas normas gerem o sistema de energia da cidade de Palmas (ENERGISA, 2017).

Na Universidade Federal do Tocantins (UFT) estão instalados e em operação dois transformadores de 750 kVA, dois de 500 kVA, quatro de 300 kVA, quatro de 225 kVA e um de 45 kVA interligados a linha de energia da Energisa (AULER, 2016).

Para este trabalho, será selecionado um cenário em Palmas para obtenção de um dos resultados. Será analisada uma residência comum na cidade de Palmas. Alguns valores serão adaptados a partir dos dados da rede norueguesa.

3.3 Análise de carga

Os dados das cargas serão divididos com base nas horas gastas pelas residências e pelas cargas dos VEs. Sendo os dados das residências divididos de acordo com os gastos nas quatro estações.

3.3.1 Consumo de energia doméstico

O consumo de energia elétrica para cada residência foi dividido em quatro perfis de acordo com as estações do ano, isso porque o consumo muda de acordo com a estação e o clima. A Tabela 4 exibe o consumo de energia ativa baseada nas horas do dia (24h) em uma área selecionada de acordo com as estações: verão, outono, inverno e primavera. As residências tem mais de 149 m² e tem uma família por residência (STATISTISK SENTRALBYRA, 2012).

Tabela 4: Consumo de energia ativa baseado em horas por quatro estações, em uma residência comum de uma única unidade na Noruega.

Horário	Verão	Outono	Inverno	Primavera
	Energia Ativa [kW]	Energia Ativa [kW]	Energia Ativa [kW]	Energia Ativa [kW]
00:00	0,97	1,58	2,77	1,29
01:00	0,97	1,58	2,77	1,29
02:00	0,97	1,58	2,77	1,29
03:00	0,97	1,58	2,77	1,29
04:00	0,97	1,58	2,77	1,29
05:00	0,97	1,58	2,77	1,29
06:00	1,62	2,97	3,24	1,29
07:00	3,24	4,45	4,04	2,16
08:00	3,24	4,45	4,04	2,16
09:00	0,81	1,58	3,24	1,48
10:00	0,86	1,58	3,24	1,48
11:00	0,86	1,58	3,24	1,48
12:00	0,86	1,58	3,24	1,48
13:00	0,86	1,58	3,24	1,48
14:00	0,86	1,58	3,24	1,48
15:00	0,86	2,97	3,24	1,48
16:00	3,88	5,93	6,93	4,71
17:00	3,53	5,93	8,09	4,31
18:00	2,16	5,93	6,93	3,7
19:00	2,16	5,08	6,93	3,24
20:00	2,16	4,45	6,47	2,88
21:00	1,94	3,95	4,85	2,59
22:00	1,62	2,97	4,85	2,35
23:00	1,62	2,97	4,04	2,16
Total	38,96	71,01	99,71	49,65

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

A Tabela 5 apresenta o consumo de energia, assim como a Tabela 4, baseado em horas, mas em uma residência comum na cidade de Palmas- TO, de acordo com as estações do ano. A residência com uma família comum.

Tabela 5: Consumo de energia ativa baseado em horas por quatro estações, em uma residência comum de uma única unidade em Palmas- TO.

Horário	Verão	Outono	Inverno	Primavera
	Energia Ativa [kW]	Energia Ativa [kW]	Energia Ativa [kW]	Energia Ativa [kW]
00:00	0,75	0,66	1,1	0,7
01:00	0,75	0,66	1,1	0,7
02:00	0,75	0,66	1,1	0,7
03:00	0,75	0,66	1,1	0,7
04:00	0,75	0,66	1,1	0,7
05:00	0,75	0,66	1,1	0,7
06:00	1,20	1,36	1,4	0,7
07:00	1,40	2,00	1,6	1,25
08:00	1,40	1,87	1,6	1,25
09:00	0,60	0,66	1,28	0,83
10:00	0,65	0,66	1,28	0,83
11:00	0,65	0,66	1,28	0,83
12:00	1,65	1,28	1,28	1,4
13:00	1,65	1,28	1,28	1,47
14:00	0,65	0,66	1,28	0,83
15:00	0,65	0,66	1,28	0,83
16:00	0,65	0,66	1,6	0,83
17:00	0,65	0,66	1,8	0,83
18:00	2,64	2,5	3	2,4
19:00	3,00	3,00	3,4	3
20:00	3,00	2,66	3	2,8
21:00	2,50	2,66	3	1,8
22:00	1,20	1,21	2,8	1,25
23:00	1,12	1,21	1,6	1,25
Total	29,76	30,17	40	27,78

Fonte: Próprio Autor.

3.3.2 Perfil VE

Quase 40% do mercado de VEs e PHEVs da Noruega pertence à Nissan, assim as simulações utilizaram as especificações do Nissan *Leaf* como modelo e estão presentes na Tabela 6. É suposto que o FP do carregador seja muito grande, o que resultará apenas na potência ativa fornecida à bateria (BIL, 2014).

Tabela 6: Especificações do Nissan Leaf.

Parâmetros	Valor
Max_Bat	21kWh
Min_Bat	0 %
Cons_C	0,12 kWh/km
Dist_C	175 km
P_Charger	3,3 / 6,6 kW
MAX_Soc	100 %
MIN_Soc	0 %
Charge_Eff	93,00 %
Trans_Eff	86,50 %

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

Sendo "Max_bat" a capacidade total da bateria, "Min_Bat" é o zero absoluto da bateria, "Cons_C" é o consumo de energia por km para o carro, "Dist_C" é a distância total de condução com uma bateria totalmente carregada. O VE é carregado com 3,3 kW ou 6,6 kW. "P_Charger", "MAX_SOC" e "MIN_SOC" são valores para o estado máximo e mínimo de carga. As eficiências de carga e transporte, "Charge_eff" e "Trans_eff", podem ser diferentes dos cenários reais.

3.3.3 Perfis de usuários de VEs, taxa de recarga e participação de VEs

Será apresentada uma estimativa da taxa de recarga diária e a participação dos VEs para determinar o consumo total de energia de transmissão causado pelo carregamento dos VEs e os perfis dos usuários.

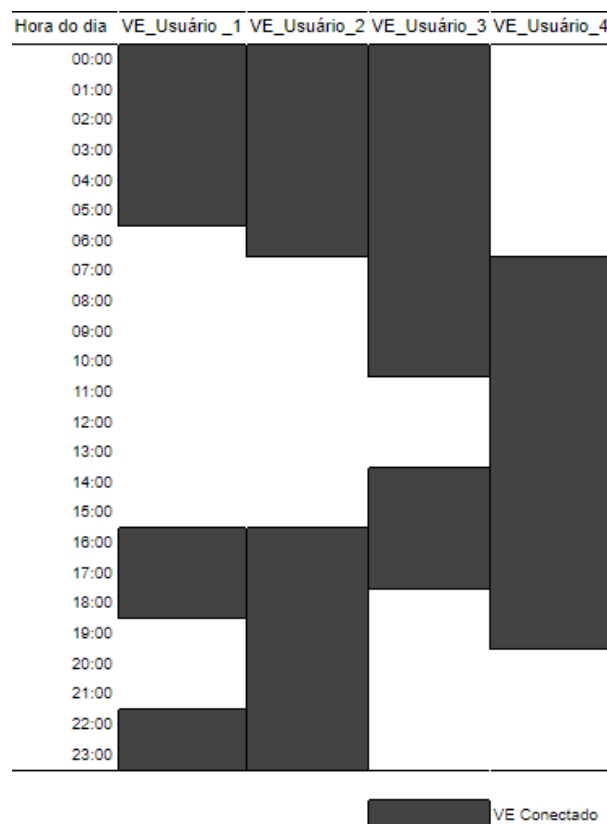
3.3.3.1 Perfis dos usuários de VEs.

Foram escolhidos quatro perfis de usuários de VEs, esses usuários estabelecem a conexão e desconexão dos VEs.

- VE_Usuário_1: Uma família normal com uso de VE frequente e imprevisível. Conexão VE: Das 16h00 às 19h00 e das 22h00 às 06h00.
- VE_Usuário_2: Único usuário para VE. Conexão VE: Das 16h00 às 07h00.
- VE_Usuário_3: Usuário desempregado. Conexão VE: Das 14h00 às 18h00 e 00h00 às 11h00.
- VE_Usuário_4: Trabalhador noturno. Conexão VE: Das 7h00 às 20h00.

A Figura 2 mostra a conexão de diferentes perfis de usuários a cada hora na rede de distribuição. A caixa cinza indica a hora em que o usuário está com o VE conectado na rede de distribuição e a duração da conexão.

Figura 2: Conexão de diferentes perfis de usuários a cada hora na rede de distribuição.



Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

Para o cenário de Palmas - TO, o perfil de usuário 1 será ajustado para uma realidade mais comum de uma família na cidade tocantinense.

- VE_Usuário_1: Uma família normal com uso de VE frequente e imprevisível. Conexão VE: Das 18h00 às 06h00.

3.3.3.2 Taxa de recarga

A partir de estudos, constata-se que na Noruega apenas 3% das viagens do dia a dia feitas de carro têm mais de 80 km. Se utilizar de referência o modelo utilizado para as simulações, o Nissan *Leaf*, observa-se que para os 97% das viagens feitas utiliza-se no máximo 9,6 kWh de energia. Mas isso seria a condição ideal. Se considerar as circunstâncias externas, com a situação menos ideal, ao fazer uma viagem de 80 km, seriam gastos 15 kWh. Na Noruega a distância média de um veículo de passageiros é de 37 km por dia. Utilizando essa média, a energia gasta variaria de 4,4 kWh á 7 kWh, do mais ideal ao menos ideal respectivamente. Essa situação menos ideal pode ocorrer em baixas temperaturas ou ao usarem os VEs em terrenos diversos (STATISTISK SENTRALBYRA, 2012).

Considerando que a distância média de um veículo de passageiros é de 37 km por dia, e considerando que a bateria está totalmente carregada antes do uso, pode-se supor que o estado de carga é de 66%. Para a simulação, serão considerados intervalos de 3,3 kW para determinar o tempo de carregamento do VE. Se o estado de carga do VE estiver abaixo de 84%, o que resulta em menos de 17,7 kWh, o VE será colocado em um intervalo (GJELSVIK, 2015).

3.3.3.3 Compartilhamento de VEs

Em 2020, na Noruega, a venda dos VEs ultrapassou os veículos a gasolina, diesel e o híbrido. O total de vendas de VEs foi de 54,3%, enquanto em 2019 havia sido de 42,4%. Dos 141.412 carros emplacados vendidos, 76.789 eram VEs. O carro

mais vendido foi o *Audi e-tron quattro*, passando o mais vendido de 2019, que agora ficou em segundo lugar, o Tesla model 3 (EINAUDI, 2021).

No Brasil, a realidade é diferente, em 2020 foram vendidos 857 VEs. Sendo o Audi e-tron o mais vendido, seguido do Chevrolet *Bolt*, Nissan *Leaf* e Jaguar *I-Pace*. Em 2019 foram vendidas 559 unidades, o aumento foi de 53,3%, que poderia ter sido maior se não houvesse a pandemia (Silveira, 2021).

3.4 Restrições do sistema de distribuição

Há certas restrições agrupadas ao sistema de gerenciamento inteligente de carga com relação à sobrecarga e às regulamentações do fornecimento do sistema de energia citadas na seção 2.4.2. A seguir serão apresentadas algumas equações que controlam as restrições do sistema de distribuição (GJELSVIK, 2015).

A equação (11) calcula o nível de tensão superior e inferior (GJELSVIK, 2015).

$$V_{min} \leq V_n \leq V_{max}[V] \quad (11)$$

Onde:

V_{min} : 207.

V_n : 230.

V_{max} : 253.

A equação (12) limita a corrente que flui através das linhas de distribuição com base na equação (9) (GJELSVIK, 2015).

$$I_b \leq I_z [A] \quad (12)$$

Onde:

I_b : Corrente de carga.

I_z : Condutividade do cabo.

Equação (13) limita a potência ativa do sistema devido à capacidade do transformador, onde a potência aparente do transformador pode ser observada na Tabela 2 (GJELSVIK, 2015).

$$\sum_0^n P_{Load} \leq P_{Transformer} [W] \quad (13)$$

Onde:

$\sum_0^n P_{Load}$: Soma de todas as cargas do consumidor de energia.

$P_{Transformador}$: Capacidade do transformador.

$P_{Transformador}$: $S^* \varphi_2$.

A equação (14) define os limites dos algoritmos de gerenciamento do lado da demanda (GJELSVIK, 2015).

$$\sum_0^n P_{Load\ resistance} + P_{Charger} \leq Demand\ limit [W] \quad (14)$$

Onde:

$\sum_0^n P_{Load\ resistance}$: Soma de todas as cargas residenciais ativas.

$P_{Charger}$: Potência de carregamento dos VEs.

3.5 Programas de Gestão

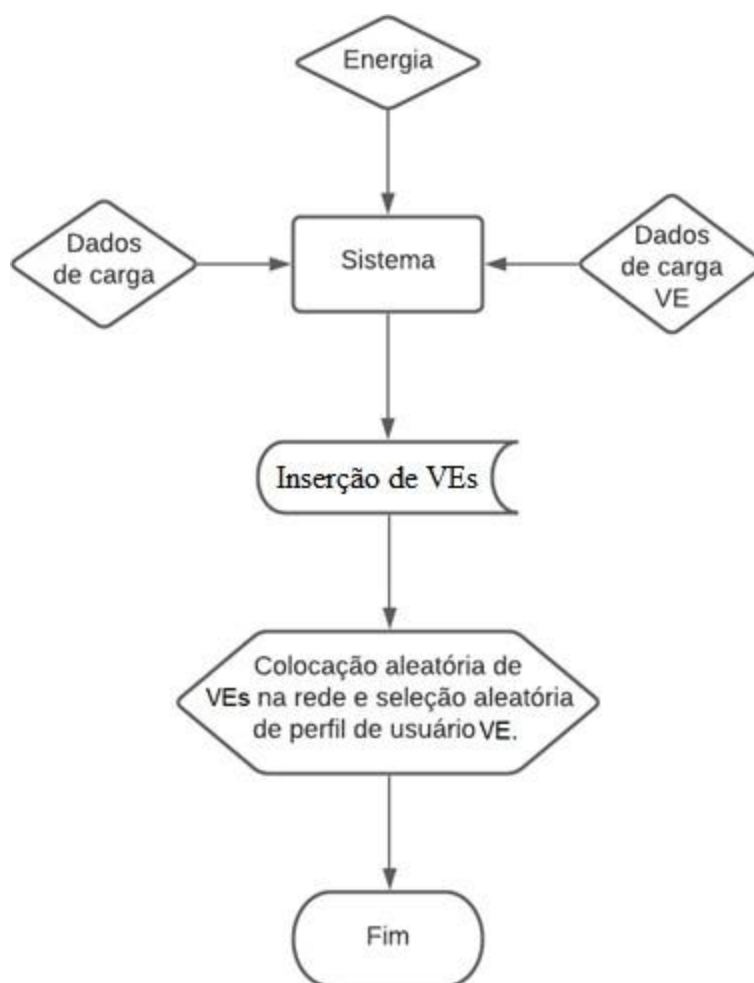
A seguir, serão apresentados os algoritmos para os objetivos 1, 2 e 3, e serão explicados com os fluxogramas.

3.5.1 Objetivo 1

Foi utilizado um dos cenários com os dados concedidos anteriormente e simulado, porém não foi utilizado um sistema de gerenciamento inteligente de carga. As restrições também citadas anteriormente não causarão efeitos no resultado. Será utilizado o Octave para a simulação e ele irá selecionar de forma aleatória onde os VEs irão estar localizados na rede e em que momento eles carregarão, fazendo assim que o teste se torne mais correto. O *script* pode ser observado no Apêndice A.

Na entrada do algoritmo devem ser escolhidos o número total de VEs e a estação do ano desejada. Serão usados dois VEs nas simulações, os perfis dos usuários e a colocação dos VEs na rede de distribuição são calculados com funções do *software* Octave e o algoritmo calcula os dados de carga em um período de 24 horas. A Figura 3 mostra o fluxograma de carregamento não coordenado, objetivo 1.

Figura 3: Fluxograma de carregamento não coordenado, objetivo 1.



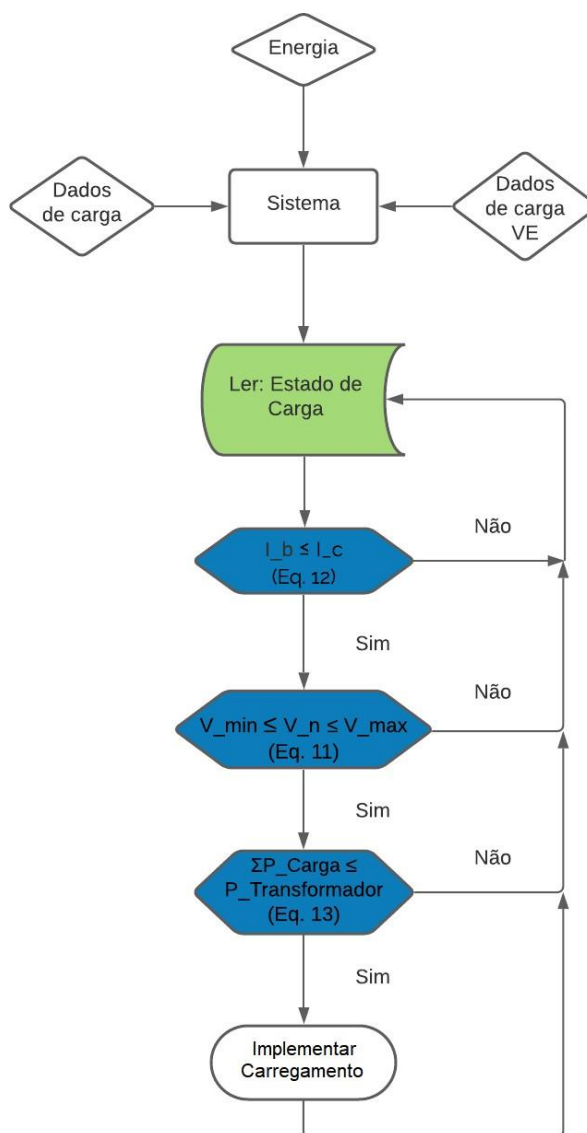
Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

3.5.2 Objetivo 2

Esse objetivo foi desenvolvido por meio de um algoritmo de gerenciamento inteligente de carga que foi fundamentado a partir do primeiro objetivo e dos dados estudados.

Na Figura 4 pode-se observar a estrutura do gerenciamento inteligente de carga. Esse algoritmo é feito em sequência ao objetivo 1. O *script* pode ser observado no Apêndice B. A entrada do sistema determinará a quantidade de energia disponível, os dados de cargas baseados em horas e os dados dos VEs estabelecidos. O primeiro passo é a determinação do estado de carga, isso determina se o VE deve ser agendado para o carregamento. O algoritmo monitora as restrições dadas pela Equação (11), (12) e (13) e reprograma o carregamento do VE caso haja contravenções. Os resultados são transferidos para o *DlgSILENT PowerFactory* para análise e verificação.

Figura 4: Fluxograma do algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga, objetivo 2.



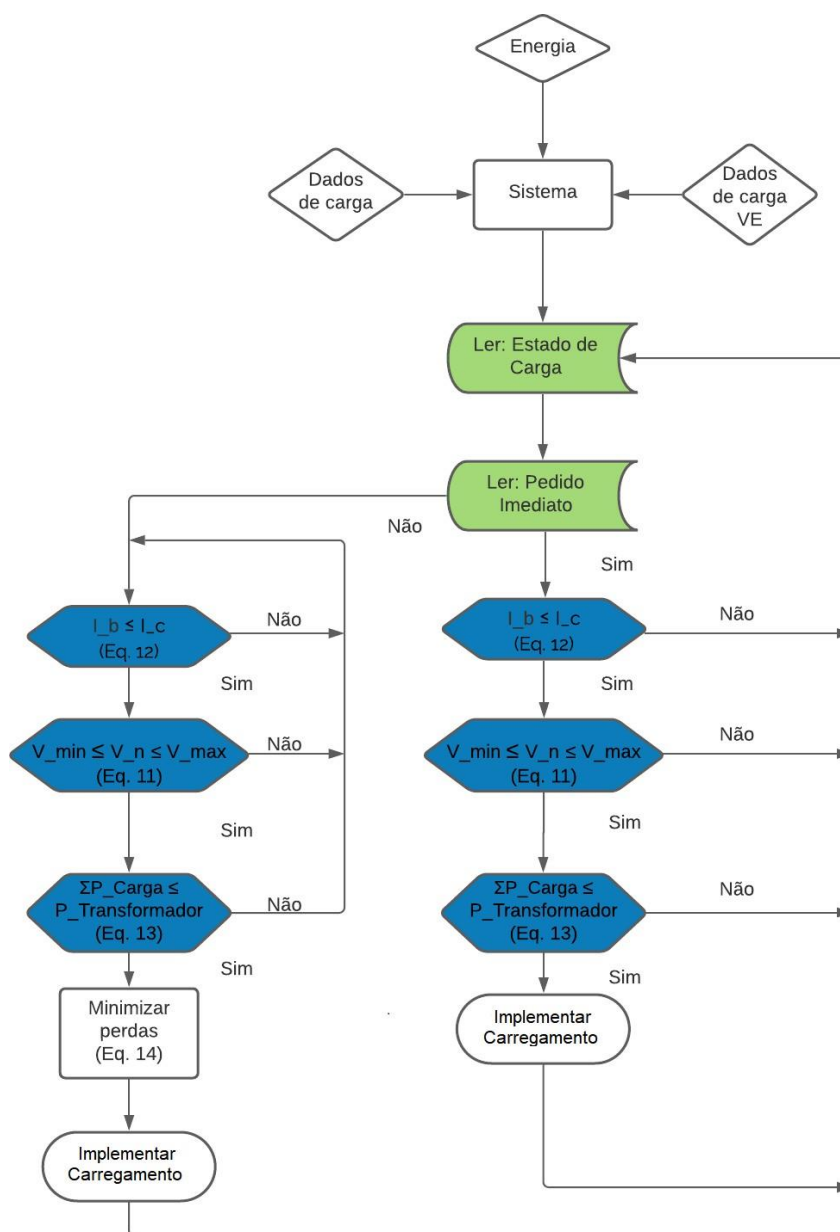
Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

3.5.3 Objetivo 3

Para o objetivo 3, é feita uma simulação com uma grande quantidade de VEs, numa mesma rede de distribuição. O *script* pode ser observado no Apêndice C. Nesse objetivo haverá um botão para emergências, quando alguém precisar carregar o VE de forma rápida por algo que possa ocorrer. Será um Botão de Carga Rápida e o usuário ganhará certa prioridade de acordo com o motivo da utilização.

Nesse objetivo são escolhidos oito VEs para receberem a etiqueta de residência na rede de distribuição. Como os cálculos de cargas são feitos para cenários fundamentados em horas e minutos, os embasados em minutos usam a Tabela 4 como referência, com mais variações. O fluxograma está presente na Figura 5.

Figura 5: Fluxograma do algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga, objetivo 3.



Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

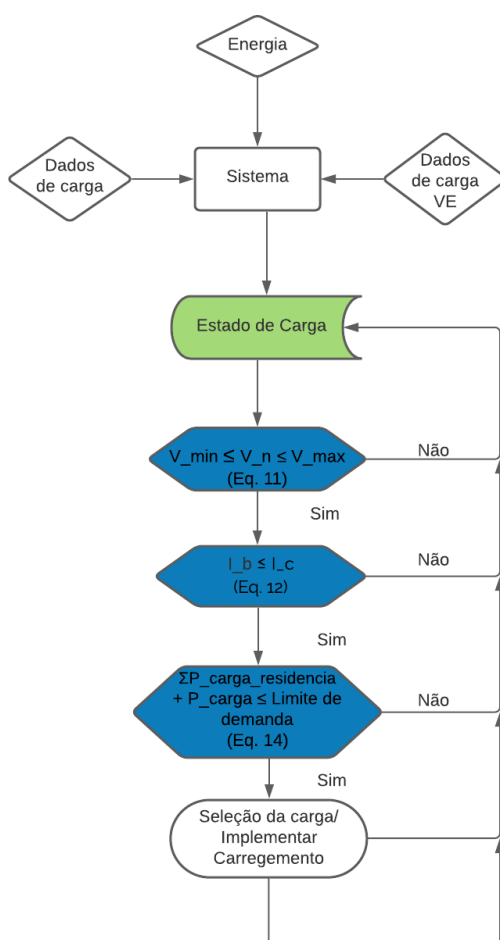
3.5.4 Objetivo 4

Para esse objetivo será utilizado o gerenciamento pelo lado de demanda, e aplicado em 3 cenários. Os dois primeiros na Noruega, onde no primeiro serão deslocadas as cargas domésticas e as cargas dos VEs, e no segundo serão deslocadas apenas as cargas dos VEs. O terceiro cenário será na cidade de Palmas-TO.

3.5.4.1 Primeiro cenário

Os residentes podem escolher as cargas que usarão dentro da capacidade de energia fornecida pela operadora de rede de distribuição. O *script* do primeiro cenário pode ser observado no Apêndice D. O limite de demanda faz mudanças em forma de carga ao mesmo tempo que o consumidor pode escolher as cargas. Cargas muito grandes podem acabar sendo desligadas quando um carregamento de VE ocorrer. A seguir, na Figura 6 pode ser observado o fluxograma do primeiro cenário do gerenciamento pelo lado de demanda. Primeiro é determinado o estado de carga de cada VE conectado, logo após as restrições devem ser atendidas para implementar o carregamento.

Figura 6 : Fluxograma do primeiro cenário do objetivo 4.



Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

O valor de 6,75 kW é a capacidade máxima de potência do transformador da rede de distribuição de baixa tensão utilizando um FP de 0,9.

Tabela 7: Perfil de limite de demanda baseado em hora com consumo máximo de energia em cada consumidor residencial de energia em determinados períodos.

Período (Horas)	Limite de demanda (kW)
00:00 - 05:00	6,75
05:00 - 07:00	5
07:00 - 11:00	4
11:00 - 12:00	5
12:00 - 16:00	4
16:00 - 19:00	6
19:00 - 00:00	6,5

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

Na Tabela 8 , é possível observar a soma das cargas de uma família, essas cargas serão classificadas em cargas críticas, cargas de aquecimento e cargas diversas. As cargas críticas são as que não podem ser desconectadas, como iluminação e refrigeradores. As cargas de aquecimento são aquelas de aquecimentos, como sistema de água quente, etc., que podem ser desconectados quando preciso. E as cargas diversas são basicamente o restante das cargas, como carregadores e outros equipamentos elétricos. Os dados utilizados são aplicados no inverno.

Tabela 8: Cargas críticas, cargas de aquecimento e cargas diversas baseadas em horas usadas na simulação de gerenciamento do lado da demanda.

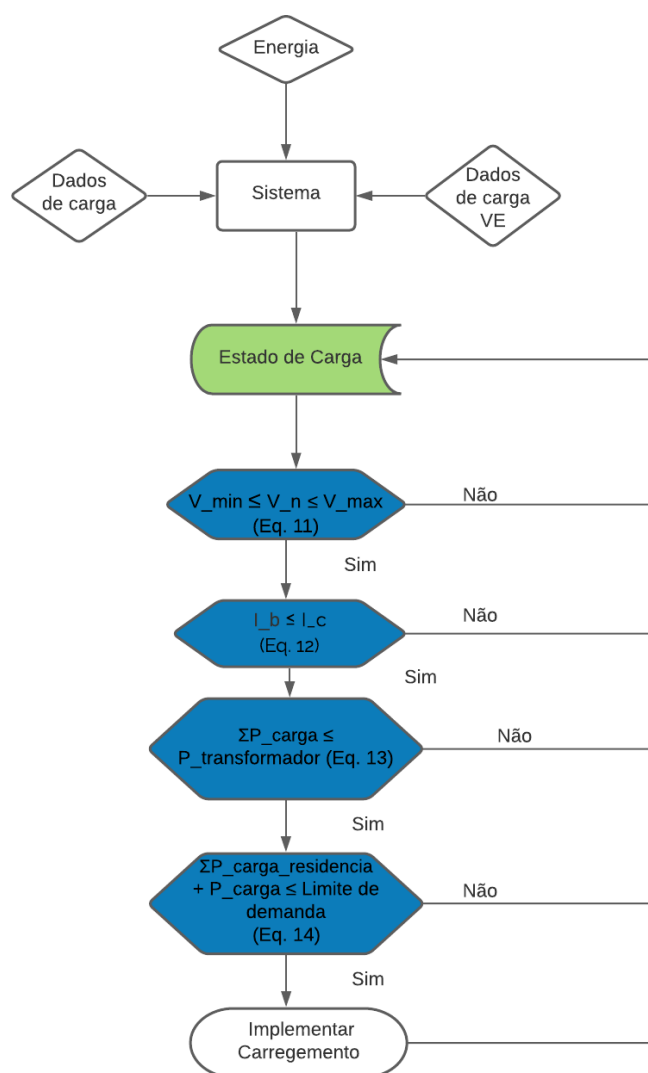
Hora	Carga total (kW)	Crítica (kW)	Aquecimento (kW)	Diversas (kW)
00:00	2,77	0,97	1,39	0,42
01:00	2,77	0,97	1,39	0,42
02:00	2,77	0,97	1,39	0,42
03:00	2,77	0,97	1,39	0,42
04:00	2,77	0,97	1,39	0,42
05:00	2,77	0,97	1,39	0,42
06:00	3,24	1,13	1,62	0,49
07:00	4,04	1,42	2,02	0,61
08:00	4,04	1,42	2,02	0,61
09:00	3,24	1,13	1,62	0,49
10:00	3,24	1,13	1,62	0,49
11:00	3,24	1,13	1,62	0,49
12:00	3,24	1,13	1,62	0,49
13:00	3,24	1,13	1,62	0,49
14:00	3,24	1,13	1,62	0,49
15:00	3,24	1,13	1,62	0,49
16:00	6,93	2,43	3,47	1,04
17:00	8,09	2,83	4,04	1,21
18:00	6,93	2,43	3,47	1,04
19:00	6,93	2,43	3,47	1,04
20:00	6,47	2,26	3,24	0,97
21:00	4,85	1,7	2,43	0,73
22:00	4,85	1,7	2,43	0,73
23:00	4,04	1,42	2,02	0,61

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

3.5.4.2 Segundo cenário

Nesse cenário, as cargas domésticas não serão deslocadas no algoritmo de gerenciamento pelo lado de demanda, além disso, serão feitos cálculos baseados em minutos. Serão divididos em períodos de 15 minutos o limite de demanda de um dia. Na Figura 7 pode ser visto o fluxograma do segundo cenário. E o *script* do segundo cenário pode ser observado no Apêndice E. O sistema recebe dados externos que são controlados através de um *loop*. Primeiro é determinado o estado de carga dos VEs conectados e depois as restrições na rede devem ser atendidas para executar o carregamento do VE.

Figura 7 : Fluxograma do segundo cenário do objetivo 4.



Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

3.5.4.3 Terceiro cenário

Para este cenário, serão utilizados os dados da cidade de Palmas- TO. Como não há limite de demanda, serão utilizados os mesmos valores, com adequações, que o limite da demanda norueguês. A Tabela 9 apresenta as cargas críticas, cargas de aquecimento e cargas diversas, ajustadas, referentes a cidade tocantinense.

Tabela 9: Cargas críticas, cargas de aquecimento e cargas diversas baseadas em horas usadas na simulação de gerenciamento do lado da demanda para Palmas- TO.

Hora	Carga total (kW)	Crítica (kW)	Aquecimento (kW)	Diversas (kW)
00:00	1,1	0,4	0,5	0,2
01:00	1,1	0,4	0,5	0,2
02:00	1,1	0,4	0,5	0,2
03:00	1,1	0,4	0,5	0,2
04:00	1,1	0,4	0,5	0,2
05:00	1,1	0,4	0,5	0,2
06:00	1,4	0,5	0,7	0,2
07:00	1,6	0,8	0,6	0,2
08:00	1,6	0,8	0,6	0,2
09:00	1,28	0,48	0,6	0,2
10:00	1,28	0,48	0,6	0,2
11:00	1,28	0,48	0,6	0,2
12:00	1,6	0,56	0,8	0,24
13:00	1,8	0,65	0,88	0,27
14:00	1,28	0,48	0,6	0,2
15:00	1,28	0,48	0,6	0,2
16:00	1,28	0,48	0,6	0,2
17:00	1,28	0,48	0,6	0,2
18:00	3	1,1	1,5	0,4
19:00	3,4	1,2	1,7	0,5
20:00	3	1,1	1,5	0,4
21:00	3	1,1	1,5	0,4
22:00	2,8	1	1,4	0,4
23:00	1,6	0,56	0,8	0,24

Fonte: Autor Próprio.

3.6 Teste e validação dos algoritmos

A seguir serão explicadas as entradas e saídas dos parâmetros do algoritmo.

3.6.1 Carregamento Não Coordenado - Objetivo 1

A função “Amostra de dados” seleciona os perfis de usuários de VEs. Há um vetor com os perfis de usuários (VE_Usuário_1, VE_Usuário_2, VE_Usuário_3 e VE_Usuário_4), que são os dados de entrada. Sendo que essa função retorna o mesmo número de observações aleatoriamente. Há uma função de número aleatório uniforme discreta, chamada “*unidrnd*” responsável por adicionar os VEs, fazendo o trabalho de gerar números aleatórios que são relacionadas a etiqueta de residência de nove dígitos correta. Os VEs estão em um intervalo vetorial devido o estado de carga ser estabelecido como 67%. A partir disso é estabelecido o padrão de carregamento mais devido para cada VE, dependendo do seu perfil de usuário. Os dados de carga presentes na tabela das estações (Tabela 4) são somados à demanda de energia dos VE para a residência fornecida.

Os dados de entrada e saída do script serão apresentados na Tabela 10. Os dados de carga permanecerão os mesmos da Tabela 4, com exceção dos intervalos onde o VE está conectado. A potência de carregamento será somada neste período, sendo o valor de 3,3 kW. Levando em consideração que o estado de carga inicial é de 6,67%, o carregamento dura três horas.

Tabela 10: Dados de entrada e saída calculados a partir do algoritmo no objetivo 1.

Entrada:	
Perfil da estação:	Inverno
Estado de Carga:	0,67
Potência da carga:	3,3 kW
Saída:	
Residência com o primeiro VE:	144500771
Residência com o segundo VE:	144500619
Perfil de usuário VE nº 1:	EV_User_2
Perfil de usuário VE nº 2:	EV_User_3

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

3.6.2 O Primeiro Algoritmo de gerenciamento inteligente de carga - Objetivo 2

O algoritmo do objetivo 2 com Gerenciamento inteligente de carga conta com os dados do objetivo 1 e reprograma a mudança quando exigido. Esse algoritmo calcula 24 horas de correntes e tensões de carga em cada consumidor de energia residencial, dado que as correntes das residências que têm VEs escolhidas no objetivo 1 podem ser observadas na Tabela 7. Tais cálculos são feitos para monitorar as restrições, utilizando as equações (5) e (6).

Tabela 11: Correntes calculadas nos assinantes da rede com VE.

	144500771	144500619
Horário	Corrente [A]	Corrente [A]
00:00	16,93	16,93
01:00	16,93	16,93
02:00	16,93	16,93
03:00	7,73	7,73
04:00	7,73	7,73
05:00	7,73	7,73
06:00	9,04	9,04
07:00	11,27	11,27
08:00	9,04	9,04
09:00	9,04	9,04
10:00	9,04	9,04
11:00	9,04	9,04
12:00	9,04	9,04
13:00	9,04	9,04
14:00	9,04	9,04
15:00	19,33	19,33
16:00	31,77	31,77
17:00	28,53	28,53
18:00	28,53	28,53
19:00	18,05	18,05
20:00	15,03	15,03
21:00	13,53	13,53
22:00	13,53	13,53
23:00	11,27	11,27

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

Após fazer os cálculos, o algoritmo monitora as limitações de tensão, corrente e potência usando as equações (11), (12) e (13). Isso é feito a partir de um loop para cada residência. O loop utilizado é o “while”, para limitar os cálculos as 24 horas. A seção onde o loop é utilizado pode ser observada na Figura 8.

Figura 8: Seção de carregamento coordenado de computação de script do OCTAVE. Um loop “while” limita os cálculos a 24 horas.

```

while N<25
    % ONE / ONEONE representa se a residência tem um VE conectado
    if ONE==1 & EV_User_1(N)==1
        USE_144503089=1; % Residência com VE ativo
    elseif ONEONE==1 & EV_User_2(N)==1
        USE_144503089=1; % Residência com VE ativo
    else USE_144503089=0; % Residência sem VE ou VE inativo
    end
    % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
    if I_b_144503089(N) <= I_z_144503089 & I_b_80955_A1(N) <= I_z_80955_A1
    & I_b_80955_23(N) <= I_z_80955_23 & I_b_80955_22(N) <= I_z_80955_22 &
    I_b_80955_19(N) <= I_z_80955_19 & I_b_80955_16(N) <= I_z_80955_16 &
    I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 & I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 &
    U_144503089(N) >= v_min & U_144503089(N) <= v_max & P_load_tot(N) <=
    P_transformer & USE_144503089==1
        EX_144503089 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
    else
        EX_144503089 = 0; % Sem carregamento devido a restrições
    end
    Ma_144503089(N) = EX_144503089; % Coloca valores em uma matriz
    N = N+1;
end

```

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

A seguir está a Tabela 12 que apresenta as horas de carregamento pretendido das residências escolhidas em contrapartida com as horas de carregamento permitidas pelo algoritmo. O 0 indica nenhum carregamento e o 1 indica carregamento. O horário de pico é entre as 15 e as 19 horas.

Tabela 12: As horas de carregamento desejadas do assinante da rede são comparadas com as horas de carregamento permitidas pelo algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga.

144500771 Horas de carregamento desejadas	1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0
144500771 Horas de carregamento permitidas	1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0
144500619 Horas de carregamento desejadas	1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0
144500619 Horas de carregamento permitidas	1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

3.6.3 O Segundo Algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga - Objetivo 3

Para esse objetivo também é utilizado os dados de consumo doméstico de energia e adicionado ao consumo de energia dos VEs. São selecionados os oito primeiros usuários de rede na Tabela 3 e cada um é designado para ter um VE. Os usuários 1, 2, 3 e 4 têm o perfil número 1, o 5 e 6 perfil 2, o 7 perfil 3 e o 8 perfil 4. Na seção de entrada do *script*, junto com a prioridade do usuário é estabelecida uma potência de carregamento de 3,3 kW e a estação selecionada foi o inverno. Para que o algoritmo tenha um bom desempenho sem restrições de monitoramento e que a perda de energia da linha seja minimizada, utiliza-se um *bypass* de restrição e minimização.

É feito o cálculo das impedâncias juntamente com o cálculo das tensões, correntes e perdas de energia iniciais. Para determinar o tempo de carregamento solicitado dos VEs quando é fornecido o estado da carga, é utilizada a Tabela 5 para aferir os dados. Quando o tempo total de carga é estabelecido, o VE entra num ciclo de cálculo “*While*” que é executado por 24 horas. Se um VE for carregado por uma quantidade específica de tempo, essa mesma quantidade será descontada no tempo de carregamento. Se houver alguma restrição ou limitação que atrase o carregamento, o tempo permanecerá sem mudanças até que seja estipulado outro horário para o carregamento do VE.

A tensão e a corrente em cada resistência são calculadas a partir das equações (5) e (6). A equação (10) é utilizada para calcular as correntes totais do alimentador, juntamente com a perda de potência de cada residência. As equações (11), (12) e (13) serão utilizadas para o algoritmo monitorar as limitações de tensão, corrente e potência. Os VEs com prioridade serão programados para o carregamento quando não houver violações de restrição, enquanto os VEs sem prioridades são programados para carregar quando possuir capacidade na rede. Serão selecionados três VEs que causarão a menor perda de potência de linha para serem carregados caso a potência total da rede alcançar um valor acima de oitenta por cento da capacidade nominal do transformador. Podem ser selecionados para cada cenário o critério de minimização de perdas.

A seguir, pode ser vista a Tabela 13, onde serão apresentadas as horas de carregamento permitidas para os VEs e alguns parâmetros que são julgados mais significativos, onde 0 indica sem carregamento, e há limitações de capacidade na rede, e 1 indica carregamento permitido.

Tabela 13: Carregamento permitido dos VEs na rede de distribuição de baixa tensão.

Residência:								
Horário	144503089	144503070	144502932	144500731	144500771	114500751	144500615	144500741
00:00	1	1	1	1	1	1	1	1
01:00	1	1	1	1	1	1	1	1
02:00	1	1	1	1	1	1	1	1
03:00	1	1	1	1	1	1	1	1
04:00	1	1	1	1	1	1	1	1
05:00	1	1	1	1	1	1	1	1
06:00	1	1	1	1	1	1	1	1
07:00	1	1	1	1	1	1	1	1
08:00	1	1	1	1	1	1	1	1
09:00	1	1	1	1	1	1	1	1
10:00	1	1	1	1	1	1	1	1
11:00	1	1	1	1	1	1	1	1
12:00	1	1	1	1	1	1	1	1
13:00	1	1	1	1	1	1	1	1
14:00	1	1	1	1	1	1	1	1
15:00	1	1	1	1	1	1	1	1
16:00	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	1	0	0	0
21:00	1	1	1	1	1	1	1	1
22:00	1	1	1	1	1	1	1	1
23:00	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

3.6.4 Gerenciamento do lado da demanda - Objetivo 4

Para que tanto os residentes e a operadora da rede de distribuição tenham mínimos contratempos, é utilizada a Equação 14 para o fundamento do objetivo 4. O objetivo pode ser obtido utilizando apenas uma residência nas simulações, pois o gerenciamento do lado da demanda é aplicado igualmente para todas as residências. Somente a Equação 13 não será utilizada dentre as equações de restrição, pois a limitação da potência será dada pelo limite de demanda.

3.6.4.1 Gerenciamento do lado da demanda- Primeiro cenário

Nesse cenário, é possível fazer o carregamento dos VEs a partir do custo das cargas residenciais. A residência utilizada foi a 144502932 com o perfil de usuário 1. Se for observadas as cargas residenciais no inverno e comparadas aos limites de demanda, ficam limitados os carregamentos dos VEs, para isso, é necessário misturar as cargas críticas, as cargas de aquecimento e as cargas diversas para que possa haver combinações que propiciem o carregamento. Um dos focos do algoritmo será maximizar a carga dentro do limite de demanda. Para as estações: verão, primavera e outono, as cargas críticas foram selecionadas em 35 % da carga total, as cargas de aquecimento em 50 % e as cargas diversas em 15 %.

É utilizado o maior valor do limite de demanda para avaliar as restrições de corrente e tensão para a residência. O limite de demanda é reduzido caso haja violação no valor. São dados os valores das tensões e das cargas iniciais. A Tabela 14 mostra a esquerda os valores da prioridade, sendo em ordem decrescente, 1 representa maior prioridade e 16 menor. Se o VE for carregado a custos das cargas de aquecimento na hora anterior, é dado a preferência para as cargas de aquecimento, o que representa o número 0. No algoritmo, é utilizado um loop “*while*” que adiciona as cargas na ordem da Tabela 14. As cargas que tem a função de serem implementadas originalmente em um momento específico, são chamadas de cargas comuns, aquelas que não são implementadas de acordo com o que é desejado por conta do limite de demanda são chamadas de cargas deslocadas. Quando é finalizada a escolha das prioridades das cargas, é feita a maximização das cargas sem extrapolar o limite de demanda. Assim, uma fração das cargas de aquecimentos ou

das cargas diversas é adicionada na carga total final e outra fração é selecionada para a hora seguinte. As cargas deslocadas são cargas de horas anteriores e cargas comuns são cargas programadas para aquela hora específica. E a carga crítica sempre será incluída.

Tabela 14: Diferenciação de cargas na simulação do gerenciamento pelo lado da demanda com prioridade dada na coluna da esquerda.

Prioridade do carregamento	Tipo de carregamento
0	Aquecimento normal, crítico e cargas de aquecimento deslocadas
1	Todas as cargas normais, todas as cargas deslocadas e carregamento VE
2	Todas as cargas normais, cargas de aquecimento deslocadas e carregamento VE
3	Todas as cargas normais e carregamento VE
4	Aquecimento normal, crítico, cargas de aquecimento deslocadas e carregamento VE
5	Cargas de aquecimento normais ,crítico e carregamento VE
6	Cargas diversas comuns, cargas diversas deslocadas críticas e carregamento de VE
7	Cargas diversas comuns, críticas e carregamento de VE
8	Cargas críticas e carregamento VE
9	Todas as cargas comuns e todas as cargas deslocadas
10	Todas as cargas comuns e cargas de aquecimento deslocadas
11	Todas as cargas normais
12	Aquecimento crítico, normal e cargas de aquecimento deslocadas
13	Cargas de aquecimento críticas e comuns
14	Cargas diversas críticas, comuns e diversas deslocadas
15	Cargas diversas críticas e comuns
16	Cargas críticas

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

A seguir, na Tabela 15 podem ser observadas as entradas e os resultados do algoritmo. Pode-se observar também os horários que são possíveis o carregamento dos VEs. A prioridade de carga 8 é executada das 16 às 17 horas, que é quando começa o horário de pico, assim o carregamento foi permitido nesse horário antes do aquecimento ser priorizado. As cargas que não são executadas são reprogramadas para a próxima hora permitida.

Tabela 15: Resultados da entrada e dos baseados em horas da simulação do gerenciamento do lado da demanda.

Entrada			
Estação:	Inverno		
Estado da carga:	66,66 %		
Conexão VE.	VE_usuario_1		
Potência de carregamento:	3,3 kW		
Resultados			
Prioridade do carregamento	Hora	Limite de demanda (kW)	Conexão VE
1	00:00	6,75	
1	01:00	6,75	
1	02:00	6,75	
9	03:00	6,75	
9	04:00	6,75	
9	05:00	5	
9	06:00	5	
12	07:00	4	
12	08:00	4	
9	09:00	4	
9	10:00	5	
9	11:00	4	
9	12:00	4	
9	13:00	4	
9	14:00	4	
9	15:00	4	
8	16:00	6	
0	17:00	6	
0	18:00	6	
16	19:00	6,5	
16	20:00	6,5	
11	21:00	6,5	
7	22:00	6,5	
0	23:00	6,5	

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

3.6.4.1 Gerenciamento do lado da demanda- Segundo cenário

Para este cenário, será utilizada a mesma residência e perfil de usuário do primeiro cenário. Caso um VE estiver conectado, porém ele não estiver com a carga totalmente completa, a potência de carregamento será adicionada e comparada ao limite de demanda. Nesse algoritmo, o loop “*while*” calcula as tensões e correntes residenciais a cada minuto durante um dia. O VE é adicionado para o carregamento caso as Equações (11), (12) e (14) forem atendidas. E caso haja violação das restrições, o carregamento é adiado.

3.6.4.1 Terceiro Cenário

Para este cenário, será seguido o mesmo que foi feito no segundo cenário do gerenciamento do lado da demanda e o gerenciamento inteligente de carga, objetivo 3.. O limite de demanda será levemente alterado para se adaptar ao horário de pico palmense. A seguir, a Tabela 16 com o limite de demanda na cidade de Palmas.

Tabela 16: Limite de demanda adaptado para a cidade de Palmas- TO.

Hora	Limite de demanda (kW)	Conexão de VE
00:00	6,75	Sim
01:00	6,75	Sim
02:00	6,75	Sim
03:00	6,75	Sim
04:00	6,75	Sim
05:00	5	Sim
06:00	5	Não
07:00	4	Não
08:00	4	Não
09:00	4	Não
10:00	5	Não
11:00	4	Não
12:00	6	Não
13:00	6	Não
14:00	4	Não
15:00	4	Não
16:00	4	Não
17:00	4	Não
18:00	6	Não
19:00	6	Sim
20:00	6	Sim
21:00	6	Sim
22:00	6,5	Sim
23:00	6,5	Sim

Fonte: Próprio Autor.

Para o gerenciamento inteligente de carga, será utilizado os resultados para o perfil de usuário 1 de Palmas -TO. Na Tabela 17 pode-se observar os horários em que o carregamento é permitido.

Tabela 17: Carregamento permitido dos VEs em Palmas- TO.

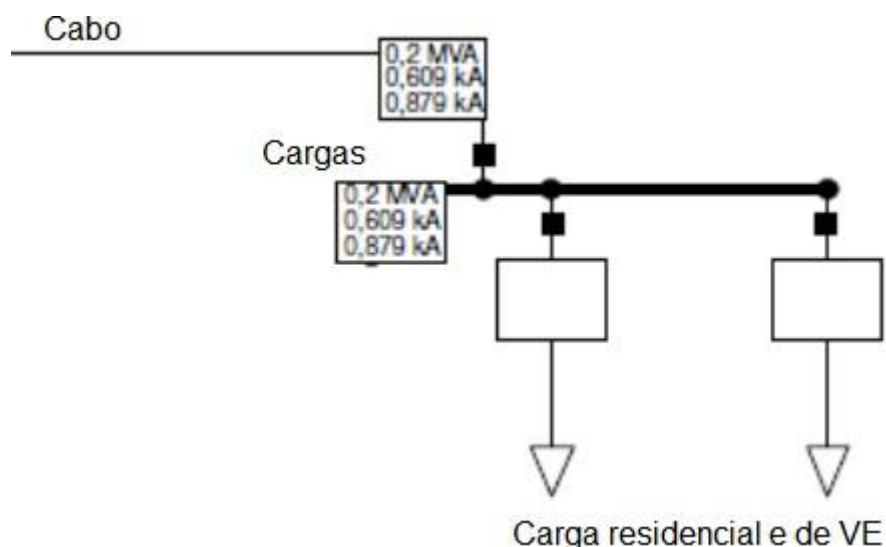
Horário	Residência
00:00	1
01:00	1
02:00	1
03:00	1
04:00	1
05:00	1
06:00	1
07:00	1
08:00	1
09:00	1
10:00	1
11:00	1
12:00	1
13:00	1
14:00	1
15:00	1
16:00	1
17:00	1
18:00	0
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	1

Fonte: Próprio Autor.

3.7 Descrição do DigSILENT PowerFactory

O *PowerFactory* é uma ferramenta matemática executada em ambiente computacional com interface gráfica, a partir dela é possível fazer montagem de sistemas de potência e esquemas de controle operando com diagramas unifilares. No projeto base para esse trabalho, o *PowerFactory* será utilizado para fazer a análise e verificação dos dados computados pelos algoritmos de gerenciamento inteligente de carga e o gerenciamento do lado da demanda. Na Figura 8 pode-se analisar como as cargas são organizadas. A partir dele foi feito o cálculo de alguns dados como o fluxo de carga, da corrente de curto-circuito, harmônicos, qualidade de energia e confiabilidade (DIGSILENT POWERFACTORY, 2015). A Ferramenta foi utilizada para o estudo base, e será aproveitado para o entendimento e resumo dos resultados.

Figura 8: Cargas residenciais e de VEs.



Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão validados os resultados dos objetivos a partir dos dados do capítulo anterior.

4.1 Resultados de carregamento não coordenados

A seguir serão apresentados os resultados de carregamento não coordenados para as estações do ano. As do objetivo 1 são validados assim como as do objetivo 3 sem o algoritmo de gerenciamento inteligente de carga.

4.1.1 Resultados de carregamento não coordenado - Objetivo 1

A seguir, na Tabela 18 pode-se observar os dados de carga calculados para as residências com VE conectado. Esses dados foram obtidos ao executar o algoritmo do objetivo 1 no programa Octave. O cenário é de inverno. Como o fator de simultaneidade não é considerado, algumas residências podem ficar desocupadas em tempo real. A potência de carregamento para todos os VEs na rede é de 3,3 kW.

Tabela 18: Resultados de carga para carregamento não coordenado do cenário de inverno, objetivo 1.

Perfil de carga do 144500771:		Perfil de carga do 144500619	
Hora	Potência: [kW]	Hora:	Potência: [kW]
00:00	6,07	00:00	6,07
01:00	6,07	01:00	6,07
02:00	6,07	02:00	6,07
03:00	2,77	03:00	2,77
04:00	2,77	04:00	2,77
05:00	2,77	05:00	2,77
06:00	3,24	06:00	3,24
07:00	4,04	07:00	4,04
08:00	3,24	08:00	3,24
09:00	3,24	09:00	3,24
10:00	3,24	10:00	3,24
11:00	3,24	11:00	3,24
12:00	3,24	12:00	3,24
13:00	3,24	13:00	3,24
14:00	3,24	14:00	3,24
15:00	3,24	15:00	6,54
16:00	10,23	16:00	10,23
17:00	11,39	17:00	11,39
18:00	10,23	18:00	6,93
19:00	6,93	19:00	6,93
20:00	6,47	20:00	6,47
21:00	4,85	21:00	4,85
22:00	4,85	22:00	4,85
23:00	4,04	23:00	4,04

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

A Tabela 19 mostra os resultados mais pertinentes da validação do *DigSILENT PowerFactory*. Ela foi realizada para as quatro estações, das dezesseis às dezessete horas. No inverno, um transformador e um alimentador estão sobrecarregados, para as outras estações há subtensão em algumas residências.

Tabela 19: Resultados da validação DigSILENT PowerFactory para o objetivo 1.

Temporada	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Hora	16:00-17:00	16:00-17:00	16:00-17:00	16:00-17:00
Carregamento do Trafo [%]:	112,4	73,8	58,1	94,4
Quantidade de cabos sobrecarregados:	0	0	0	0
Quantidade de alimentadores principais sobrecarregados:	1/2	0/2	0/2	0/2
Carregamento de cabo / alimentador mais alto [%]:	101,1	64	46,3	32,9
Tensão mais baixa na residência [V]:	181	199	210	187

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

4.1.2 Resultados de carregamento não coordenado - Objetivo 3

O objetivo 3 é simulado sem o carregamento coordenado para que possa apresentar o impacto do algoritmo de gerenciamento inteligente de carga. A Tabela 20 mostra os resultados da carga no inverno, pois é a estação com maior demanda de energia.

Tabela 20: Resultados de carga para carregamento não coordenado do cenário de inverno do objetivo 3.

Carga da residência [kW]:								
Hora:	144503089	144503070	144502932	144500731	144500771	144500751	144500615	144500741
00:00	6,07	6,07	6,07	6,07	2,77	2,77	6,07	2,77
01:00	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	6,07	2,77
02:00	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	6,07	2,77
03:00	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
04:00	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
05:00	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
06:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
07:00	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	7,34
08:00	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	7,34
09:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	6,54
10:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
11:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
12:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
13:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
14:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	6,54	3,24
15:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	6,54	3,24
16:00	10,23	10,23	10,23	10,23	10,23	10,23	10,23	6,93
17:00	11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	8,09	8,09
18:00	10,23	10,23	10,23	10,23	10,23	10,23	6,93	6,93
19:00	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93
20:00	6,47	6,47	6,47	6,47	6,47	6,47	6,47	6,47
21:00	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85
22:00	8,15	8,15	8,15	8,15	4,85	4,85	4,85	4,85
23:00	7,34	7,34	7,34	7,34	4,04	4,04	4,04	4,04

Fonte: Adaptado e Gjelsvik (2015).

Para a validação do *DigSILENT PowerFactory* é utilizado um cenário de manhã, um à noite e um dos horários de pico. A Tabela 21 mostra os dados dessa validação para as quatro estações. Houve subtensão nos horários de pico em todos os cenários. No inverno e outono o transformador sobrecarrega e somente no inverno

o alimentador é sobrecarregado. E o único cenário em que não há violação de subtensão é o da manhã.

Tabela 21: Resultados da validação do DigSILENT PowerFactory para carregamento não coordenado do objetivo 3. As quatro estações são apresentadas em três horas diferentes do dia.

Estação:	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Hora	07:00-08:00	07:00-08:00	07:00-08:00	07:00-08:00
Carregamento do Trafo [%]:	58,6	33,5	45,4	61,5
Quantidade de cabos sobrecarregados:	0	0	0	0
Quantidade de alimentadores principais sobrecarregados:	0/2	0/2	0/2	0/2
Carregamento de cabo / alimentador mais alto [%]:	44,9	25,3	36,5	49,1
Tensão mais baixa na residência [V]:	211	223	216	208
Hora	16:00-17:00	16:00-17:00	16:00-17:00	16:00-17:00
Carregamento do Trafo [%]:	127,9	87,6	67,1	109
Quantidade de cabos sobrecarregados:	0	0	0	0
Quantidade de alimentadores principais sobrecarregados:	1/2	0/2	0/2	0/2
Carregamento de cabo / alimentador mais alto [%]:	108,6	70,7	51,8	90,5
Tensão mais baixa na residência [V]:	170	194	207	182
Hora	22:00-23:00	22:00-23:00	22:00-23:00	22:00-23:00
Carregamento do Trafo [%]:	82,5	83,3	40,1	48,4
Quantidade de cabos sobrecarregados:	0	0	0	0
Quantidade de alimentadores principais sobrecarregados:	0/2	0/2	0/2	0/2
Carregamento de cabo / alimentador mais alto [%]:	72,5	71,7	34,2	40,9
Tensão mais baixa na residência [V]:	194	199	217	214

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

4.2 Resultados do gerenciamento inteligente de carga

A seguir serão apresentados os resultados do gerenciamento inteligente de carga com a validação do *DlgSILENT PowerFactory*.

4.2.1 Resultado de Gerenciamento Inteligente de Carga, Objetivo 2

O carregamento nos horários de pico não é permitido no cenário de inverno com o algoritmo de gerenciamento inteligente de carga que pode ser visto na Seção 3.5.2. A validação dos resultados das 16 às 17 horas são realizados sem VEs na rede. Nas estações verão, primavera e outono, o carregamento pode acontecer nos horários de pico pois há poucos VEs na rede. Na Tabela 22 são apresentadas as horas de carregamento permitidas para as estações e as restrições que desabilitam o carregamento.

Tabela 22: Horas de carregamento permitidas pelo primeiro algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga quando os VEs fornecidos estão conectados e as restrições que desabilita o carregamento.

144500771 Horas de carregamento desejadas:	00:00-03:00 e 16:00-19:00	Limitação:
Horas de carregamento permitidas no inverno	00:00-03:00	Sobrecarga do transformador / $I_b > I_z$ (80955-19)
Horas de carregamento permitidas na primavera	00:00-03:00 e 16:00-19:00	
Horas de carregamento permitidas no verão	00:00-03:00 e 16:00-19:00	
Horas de carregamento permitidas no outono	00:00-03:00 e 16:00-19:00	
144500771 Horas de carregamento desejadas:	00:00-03:00 e 15:00-18:00	Limitação:
Horas de carregamento permitidas no inverno	00:00-03:00 e 15:00	Sobrecarga do transformador
Horas de carregamento permitidas na primavera	00:00-03:00 e 15:00-18:00	
Horas de carregamento permitidas no verão	00:00-03:00 e 15:00-18:00	
Horas de carregamento permitidas no outono	00:00-03:00 e 15:00-18:00	

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

Na Tabela 23 são apresentados os resultados da validação do *PowerFactory*. As simulações são feitas para a hora do dia com maior consumo de energia, isso para todas as estações. Mesmo que no inverno não seja permitido carregar nos horários de pico há uma pequena sobrecarga no transformador por causa das cargas domésticas. Enquanto não há sobrecarga no transformador no outono mesmo com o carregamento ocorrendo nas horas de pico.

Tabela 23: Resultados da validação *DigSILENT PowerFactory* para o primeiro algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga.

Estação:	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Hora	16:00-17:00	16:00-17:00	16:00-17:00	16:00-17:00
Carregamento do Trafo [%]:	106,1	73,8	58,1	94,4
Quantidade de cabos sobrecarregados :	0	0	0	0
Quantidade de alimentadores principais sobrecarregados :	0/2	0/2	0/2	0/2
Carregamento de cabo / alimentador mais alto [%]:	92,6	64	46,3	82,9
Tensão mais baixa na residência [V]:	186	199	210	187

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

4.2.2 Resultados de Gerenciamento inteligente de Carga para o Objetivo 3

Na Tabela 24 serão apresentados os dados de carga de saída do algoritmo de Gerenciamento Inteligente de Carga que foram mostrados na Seção 3.5.3. Os resultados são do cenário de inverno.

Tabela 24: Resultados de carga para um cenário de inverno de carregamento coordenado, objetivo 3.

Carga da residência [kW]:								
Hora:	144503089	144503070	144502932	144500731	144500771	144500751	144500615	144500741
00:00	6,07	6,07	6,07	6,07	2,77	2,77	6,07	2,77
01:00	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	6,07	2,77
02:00	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	6,07	2,77
03:00	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
04:00	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
05:00	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
06:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
07:00	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	7,34
08:00	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	7,34
09:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	6,54
10:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
11:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
12:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
13:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
14:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
15:00	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
16:00	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93
17:00	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09
18:00	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93
19:00	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93
20:00	6,47	6,47	6,47	6,47	9,77	6,47	6,47	6,47
21:00	4,85	4,85	4,85	4,85	8,15	8,15	4,85	4,85
22:00	8,15	8,15	8,15	8,15	8,15	8,15	4,85	4,85
23:00	7,34	7,34	7,34	7,34	4,04	7,34	4,04	4,04

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

As simulações *DlgSILENT PowerFactory* foram feitas para os mesmos períodos do carregamento não coordenado do objetivo 3. A Tabela 25 mostra os resultados mais pertinentes. No horário de maior consumo de energia do dia há a sobrecarga do transformador e não há sobrecarga de cabo.

Tabela 25: Resultados da validação *DlgSILENT PowerFactory* para o segundo algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga com número aumentado de VEs na rede de distribuição de baixa tensão.

Estação:	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Hora	07:00-08:00	07:00-08:00	07:00-08:00	07:00-08:00
Carregamento do Trafo [%]:	58,6	33,5	45,4	61,5
Quantidade de cabos sobrecarregados:	0	0	0	0
Quantidade de alimentadores principais sobrecarregados:	0/2	0/2	0/2	0/2
Carregamento de cabo / alimentador mais alto [%]:	44,9	25,3	36,5	49,1
Tensão mais baixa na residência [V]:	211	223	216	208
Hora	16:00-17:00	16:00-17:00	16:00-17:00	16:00-17:00
Carregamento do Trafo [%]:	106,1	87,6	67,1	83,5
Quantidade de cabos sobrecarregados:	0	0	0	0
Quantidade de alimentadores principais sobrecarregados:	0/2	0/2	0/2	0/2
Carregamento de cabo / alimentador mais alto [%]:	92,6	70,7	56,8	63,9
Tensão mais baixa na residência [V]:	186	194	207	199
Hora	22:00-23:00	22:00-23:00	22:00-23:00	22:00-23:00
Carregamento do Trafo [%]:	87,3	83,3	40,1	48,4
Quantidade de cabos sobrecarregados:	0	0	0	0
Quantidade de alimentadores principais sobrecarregados:	0/2	0/2	0/2	0/2
Carregamento de cabo / alimentador mais alto [%]:	72,6	71,7	34,2	40,9
Tensão mais baixa na residência [V]:	194	199	217	214

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

A Tabela 26 mostra os dados da validação *DlgSILENT PowerFactory* das simulações baseadas em minutos. O cenário de inverno é apresentado em três períodos diferentes do dia, sendo o primeiro minuto das mesmas horas das validações anteriores. 07h00 é igual a 420 minutos, 16h00 é igual a 960 minutos e 22h00 é igual a 1320 minutos. Os dados domésticos de entrada flutuam em torno dos dados da Tabela 4, pois os resultados baseados em minuto não são comparáveis aos baseados em horas.

A residência 144500741 está carregando um VE às 07h. Às 16h somente a residência 144500615 está carregando um VE. E às 22h acontece o carregamento programado original para todas as residências.

Tabela 26: Resultados da validação com base em minutos do *DlgSILENT PowerFactory* para o segundo algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga com número aumentado de VEs na rede de distribuição de baixa tensão.

Estação:	Inverno	Inverno	Inverno
Hora	07:00-07:01	16:00-16:01	22:00-22:01
Carregamento do Trafo [%]:	58,2	92,4	36,8
Quantidade de cabos sobrecarregados:	0	0	0
Quantidade de alimentadores principais sobrecarregados:	0/2	0/2	0/2
Carregamento de cabo / alimentador mais alto [%]:	46,5	77,6	31,5
Tensão mais baixa na residência [V]:	210	189	219

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

Foi realizada a validação *DlgSILENT PowerFactory* com a potência de carga de 6,6 kW. A Tabela 27 mostra esses resultados.

Tabela 27: Resultados da validação do *DlgSILENT PowerFactory* para o segundo algoritmo de Gerenciamento inteligente de carga com número aumentado de VEs e potência de carregamento de 6,6 kW.

Estação:	Inverno	Inverno	Inverno
Hora	07:00-07:01	16:00-16:01	22:00-22:01
Carregamento do Trafo [%]:	60,4	89,7	45,5
Quantidade de cabos sobrecarregados:	0	0	0
Quantidade de alimentadores principais sobrecarregados:	0/2	0/2	0/2
Carregamento de cabo / alimentador mais alto [%]:	45,3	77,3	40,4
Tensão mais baixa na residência [V]:	209	190	212

Fonte: Adaptado de Gjelsvik (2015).

4.3 Resultados do Gerenciamento do lado da demanda

A seguir serão apresentados os resultados dos algoritmos do gerenciamento do lado da demanda.

4.3.1 Resultados de Gerenciamento do lado da demanda, primeiro cenário

No primeiro cenário, são feitos os deslocamentos das cargas de VEs e das cargas domésticas. Na Tabela 28 é observado como essas cargas são deslocadas. Os valores das cargas são ajustados de acordo com o limite de demanda, para que não a ultrapasse, ou para que não fique muito abaixo do limite, isso se houver cargas deslocadas de horas anteriores. É possível observar as horas do dia, o limite de demanda, se há ou não conexão de VE, e as cargas originais e finais para cada hora.

Tabela 28: Resultados do gerenciamento do lado da demanda, cenário 1.

Hora	Cargas orig. (kW)	Cargas finais (kW)	Diferença (kW)
00:00	6,07	6,07	0
01:00	6,07	6,07	0
02:00	6,07	6,07	0
03:00	2,77	2,77	0
04:00	2,77	2,77	0
05:00	2,77	2,77	0
06:00	3,24	3,24	0
07:00	4,04	4	-0,04
08:00	4,04	4	-0,04
09:00	3,24	3,32	0,08
10:00	3,24	3,24	0
11:00	3,24	3,24	0
12:00	3,24	3,24	0
13:00	3,24	3,24	0
14:00	3,24	3,24	0
15:00	3,24	3,24	0
16:00	10,23	6	-4,23
17:00	11,39	6	-5,39
18:00	10,23	6	-4,23
19:00	6,93	6,5	-0,43
20:00	6,47	6,5	0,03
21:00	4,85	6,5	1,65
22:00	8,15	6,5	-1,65
23:00	7,34	6,5	-0,84

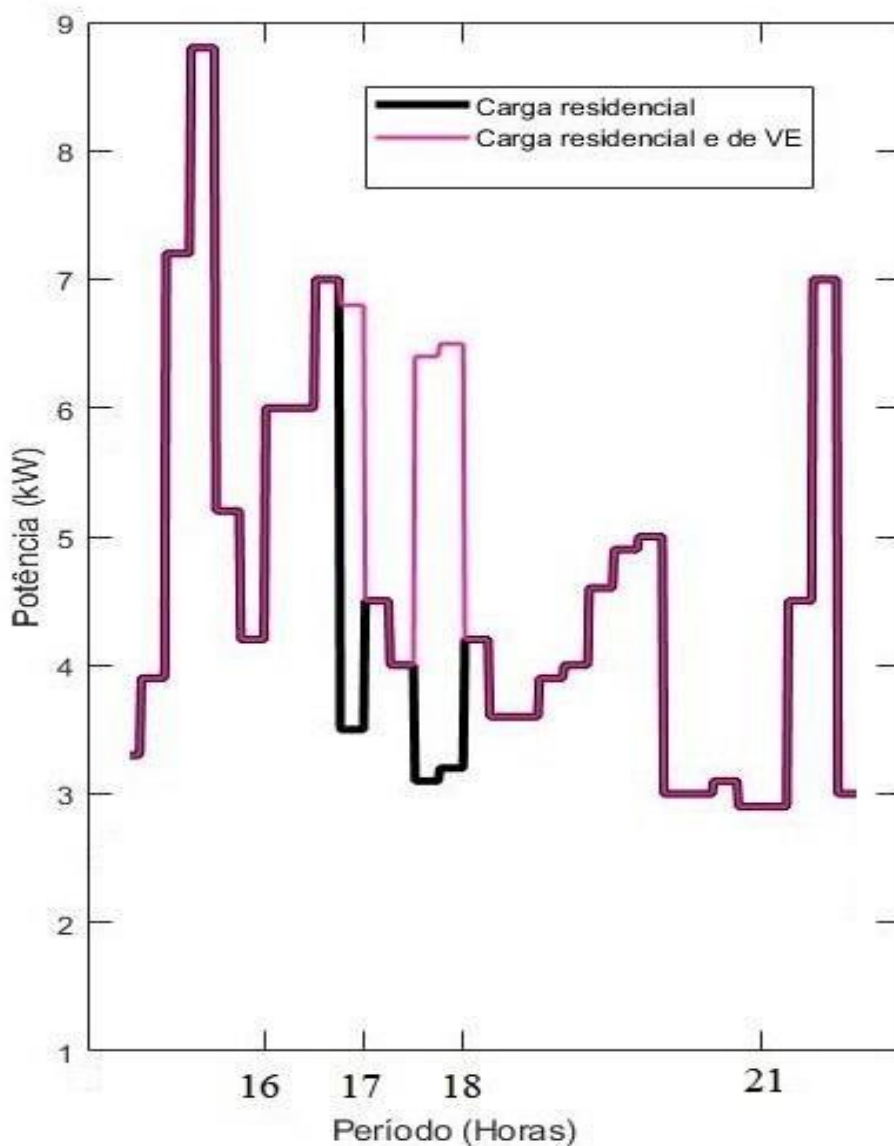
Fonte: Próprio autor.

Como o limite de demanda é igual para todas as estações, as validações foram simuladas somente para o inverno. Foram escolhidos um horário de manhã, um a tarde e um a noite. Não houveram sobrecargas nos transformadores nem nos alimentadores. O valor mais alto de carregamento do transformador foi de 98,4% durante a noite. A tensão mais baixa foi no mesmo horário, com 184 Volts.

4.3.2 Resultados de Gerenciamento do lado da demanda, segundo cenário

Para o segundo cenário, quando as cargas domésticas e a potência de carregamento excederem o limite de demanda, as cargas de VE podem ser deslocadas. A Figura 9 mostra o período de horário de pico norueguês, é possível observar quando, nesse intervalo, que o carregamento de VE é permitido. A linha preta representando a carga residencial, e a linha roxa a residência e a carga de VE juntas.

Figura 9: Resultado do gerenciamento do lado da demanda, cenário 2.



Fonte: Próprio Autor.

Para as validações, foram utilizados os mesmos métodos das outras validações. Com o primeiro minuto dos períodos do dia, sendo um de manhã, um a tarde e um a noite. Como de manhã as indústrias utilizam muita energia, nesse horário o limite de demanda para as residências não suporta o carregamento do VE. A tarde também não há muita possibilidade do carregamento de VE devido as cargas domésticas. Então apenas no período noturno será simulado com carregamento do VE. Não houveram sobrecargas nos transformadores nem nos alimentadores. A maior valor do transformador foi de 89,7 % durante a tarde. E a tensão mais baixa foi no mesmo horário, sendo o valor de 190 Volts.

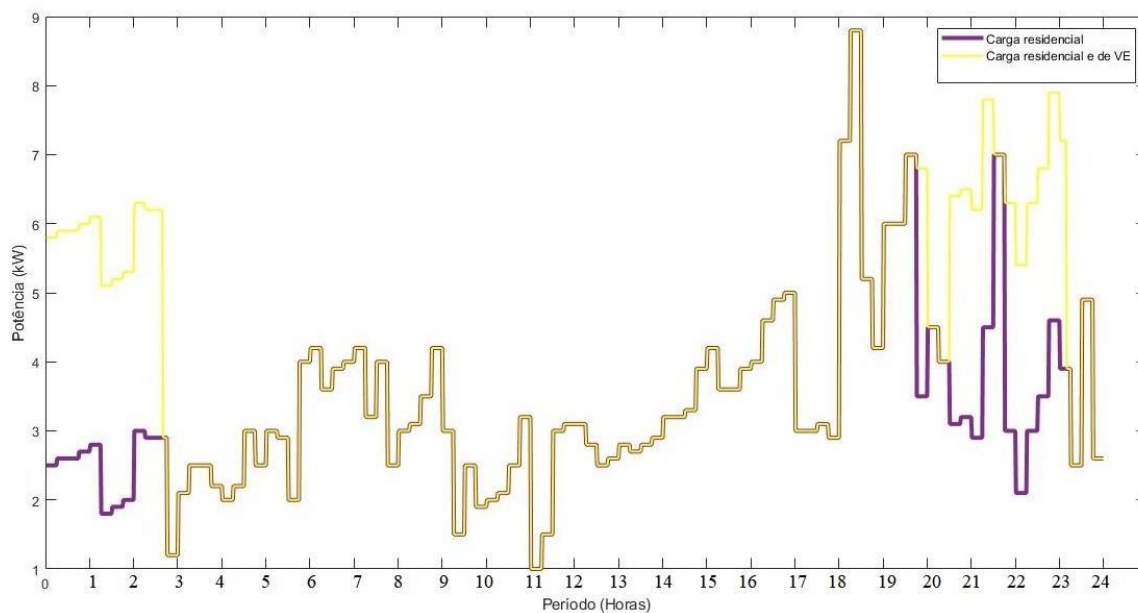
Foram utilizados os mesmos locais dos VEs do objetivo 3. Tendo a carga total limitada pelo limite de demanda. Foi utilizado o estado da carga inicial em 66,67 % para os VEs na rede.

Apenas no cenário noturno o limite de demanda permite o carregamento. Em relação aos horários de conexão, as 22 horas há conexão de VEs que podem carregar a maioria das residências, enquanto outras conseguem carregar as 16 horas, mas devido as cargas deslocadas, acabam carregando também as 22 horas.

4.3.3 Resultados de Gerenciamento do lado da demanda, terceiro cenário

Para o terceiro cenário, segue a mesma estrutura do segundo cenário do gerenciamento do lado da demanda. Os valores utilizados foram os referentes a cidade de Palmas- TO. Assim como o segundo cenário, as cargas de VEs podem ser deslocadas. Na Figura 10, podem ser observados os períodos de carregamento permitido. É possível ver as diferenças do horário de pico da Noruega e do Tocantins, onde a diferença pode ser observada de forma mais consistente.

Figura 10 : Períodos de carregamentos permitidos no terceiro cenário do objetivo 4.



Fonte: Próprio Autor.

O carregamento foi permitido somente durante a noite. Com o deslocamento apenas das cargas de VEs, durante o dia não houve a possibilidade do carregamento devido algumas cargas residenciais e industriais. Esses dados foram obtidos considerando o limite de demanda. Se houvessem deslocamentos das cargas residenciais, aumentariam as possibilidades de carregamentos de VEs em outros horários.

Para o gerenciamento inteligente de carga, segue os resultados com os valores adaptados para a cidade tocantinense na Tabela 29.

Tabela 29: Resultado de carga para um cenário de carregamento coordenado, objetivo 3.

Hora:	Carga
00:00	3.96
01:00	0.66
02:00	0.66
03:00	0.66
04:00	0.66
05:00	0.66
06:00	1.36
07:00	2
08:00	1.87
09:00	0.66
10:00	0.66
11:00	0.66
12:00	1.28
13:00	1.28
14:00	0.66
15:00	0.66
16:00	0.66
17:00	0.66
18:00	2.5
19:00	3
20:00	5.96
21:00	5.96
22:00	4.51
23:00	1.21

Fonte: Próprio Autor.

Os valores das cargas são baixos devido a residência simulada. Devem-se fazer mais simulações com um maior número de residências para um resultado mais preciso e válido. As simulações tiveram a base norueguesa, que tem uma realidade bem diferente, para o desenvolvimento.

4.4 Perda de energia e queda de tensão

É feita uma comparação de perda de potência entre o carregamento não coordenado, o algoritmo de gerenciamento inteligente de carga e do gerenciado do lado da demanda. Para isso, foram selecionados oito VEs na rede. É utilizado o valor de 66,67% de estado de carga e 3,3 kW de potência de carregamento, a estação escolhida foi o inverno. A Tabela 20 mostra os resultados em que os dados são recolhidos no horário de pico.

Tabela 30: Valor aproximado das perdas de energia em todos os cenários no horário de pico.

Hora	16:00
Sem VE [kW]	19,5
Não coordenado [kW]	28,5
Gerenciamento Inteligente de Carga [kW]	26,5
Lado de demanda [kW]	26,5

Fonte: Próprio autor

5 CONCLUSÃO

Foram desenvolvidos algoritmos de gerenciamento inteligente de carga baseado em horas e minutos e dos gerenciamentos do lado da demanda, com o objetivo de fazer a análise da viabilidade da aplicação em Palmas- TO.

Pode-se analisar algumas das principais informações obtidas com os resultados. A estação de inverno é a que mais exige energia. Para o gerenciamento inteligente de carga, na maioria dos horários de pico não há possibilidade de carregamento de VEs. A restrição mais crítica na rede de distribuição de baixa tensão foi a sobrecarga do transformador, mas também ocorreu a sobrecarga dos cabos de alimentação. Houveram sobrecargas altas no transformador no inverno, tendo um valor de 112,4 % com dois VEs e 127,9 % com oito VEs, isso às 16 horas.

Com o programa de gerenciamento inteligente de carga, no inverno, não foi permitido o carregamento dos VEs nos horários de pico. O que gerou uma carga de 106,1 % no carregador devido às cargas domésticas, porém não houve sobrecarga dos cabos. No outono, o transformador sobrecarregou 109 % nos horários de pico quando utilizado oito VEs na rede. A carga do transformador foi de 83,5 % quando somente dois VEs foram carregados. No verão e primavera não houveram extrapolações das restrições.

No primeiro cenário do algoritmo de gerenciamento do lado da demanda houveram carregamentos de VEs nos horários de pico, isso enquanto permitido. Já no segundo cenário, as cargas dos VEs foram alteradas quando as restrições eram violadas.

Em grande parcela dos casos, o transformador não foi capaz de abastecer as residências nos horários de pico, ou chegou perto do limite, mesmo sem VEs na rede. E a capacidade máxima das correntes em alguns cabos foram excedidas ao utilizar os VEs nas residências.

No objetivo 4, houve o carregamento limitado devido ao limite de baixa demanda durante o dia. Houve um caso especial a ser citado. O perfil de usuário 4 foi conectado entre as 7 e 20 horas, e foi carregado por apenas 1 hora e 45 minutos, isso dividido em 6 períodos. Em algumas residências, a tensão estava abaixo do limite e no inverno essas residências tiveram sobtensão no início do horário de pico.

Ao analisar as melhores maneiras de controle das consequências da penetração dos VEs nas redes de distribuição de baixa tensão, nota-se que o

programa de gerenciamento inteligente de carga trouxe uma solução bem viável, limitando o carregamento principalmente nos horários de pico. O carregamento de VEs ainda pode ser um grande desafio, mas esse programa pode ser uma notável solução que oferece um tempo de resposta aceitável, enquanto pode-se trazer mais inovações para essa possível aplicação no Brasil de forma mais consistente.

Com o gerenciamento inteligente de carga, foi possível reduzir a sobrecarga do transformador em 5,9 % com 2 VEs e em 20,5 % com 8 VEs na rede, isso no início do horário de pico. Enquanto no programa de gerenciamento pelo lado da demanda, não foi possível carregar totalmente todos os VEs no período de 24 horas, porém a carga geral do transformador e as tensões térmicas dos cabos foram menores. Essa limitação foi devida ao limite de demanda e restrições da rede.

Dos programas realizados, o melhor resultado foi o de gerenciamento inteligente de carga, com a análise em intervalos de minutos. Devido às restrições serem respeitadas e o atraso do carregamento serem mais viáveis.

Na cidade de Palmas- TO, no horário de pico haveriam muitos carregamentos de VEs. Considerando o gerenciamento do lado de demanda, haveria essa possibilidade, mas com poucos VEs conectados. Não foi simulado o limite de demanda com deslocamento de cargas residenciais e de VEs devido o deslocamento das cargas residenciais não ser a melhor maneira de lidar com a penetração dos VEs. O melhor cenário para Palmas, considerando a não existência do limite de demanda, é o gerenciamento inteligente de carga. Para este cenário, não há possibilidade de carregamento nos horários de pico, porém é permitido carregamento durante grande parte da noite, o que seria o desejo da maioria da população, exceto trabalhadores noturnos.

Visando que no futuro a penetração dos VEs na rede tende a aumentar, aplicar programas de gerenciamento de carga é de suma importância para diminuir as perdas e amenizar possíveis consequências devido à falta de planejamento e negligência. Num futuro próximo, é possível surgir mais inovação das baterias dos VEs onde o carregamento pode ser feito de forma mais rápida, o que poderia exigir mais energia. Com o avanço da tecnologia, é necessário criar também soluções viáveis para que as possíveis consequências não venham ocorrer.

5.1 Realidade de Palmas -TO

Em 2017, a prefeitura de Palmas recebeu um carro elétrico para testes. A empresa responsável era a empresa chinesa Build Your Dreams. O modelo oferecido na época era o e6, um Sedan *Cross Over*. Tinha-se a informação que o tanque cheio dele custa R\$ 27,00 reais (COTRIM, 2017).

Nessa mesma época, a prefeitura de Palmas tinha em mente a criação de um posto de carregamento de VEs, com a instalação de 14 placas solares com potência de 320 W para produção de 19,85 kWh/dia. Havia também o objetivo de transformar a frota de táxis da cidade tocantinense em carros elétricos (COTRIM, 2017).

Em 2021, a Energisa Tocantins adquiriu um veículo 100 % elétrico. O principal objetivo foi de conscientizar e disseminar a sustentabilidade para a população tocantinense. O veículo em questão, tem autonomia de 300 km, com velocidade média de 90 km/h (JÚNIOR, 2021).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Erik Guilherme dos Santos; COSTA, Caio Rafael; XAVIER, Cenildo de Souza. **UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA PARA SISTEMA DE ATERRAMENTO**. 2018. 15 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdades Santo Agostinho, Montes Claros, 2018.

AMBROSIO, Renato Canha; TICIANELLI, Edson Antonio. **BATERIAS DE NÍQUEL-HIDRETO METÁLICO, UMA ALTERNATIVA PARA AS BATERIAS DE NÍQUEL-CÁDMIO**. 2. ed. São Carlos: Quim. Nova, 2000.

ANEEL. **Regulação dos Serviços de Distribuição**. 2015. Disponível em: Regulação dos Serviços de Distribuição - Regulação dos Serviços de Distribuição . Acesso em: 15 jun. 2021.

AULER, I. **Encaminhamento de projeto**. Palmas: Universidade Federal do Tocantins, 2016.

AZEVEDO, Giovani Teixeira de; ROMÃO, Estaner Claro; MENEGATTI, Carlos Renato. Correção de distorções harmônicas em sistemas elétricos através de interferência destrutiva. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 41, n. 3.

BATISTA, Ruan. **Venda de veículo a gasolina ou diesel pode ser proibida no Brasil em 2030**. 2020. Agência Senado. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br>. Acesso em: 25 maio 2021.

BARAN, Renato; LEGEY, Luiz Fernando Loureiro. Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.33, p. 207-224, mar. 2011.

BARASSA, Eduardo. **Trajetória tecnológica do veículo elétrico : atores, políticas e esforços tecnológicos no Brasil**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

BIL. G. **Ladbare biler i Norge des 2014**. 2014. Disponível em: <http://www.gronnbil.no/statistikk/>. Acesso em: 10 de julho de 2021.

BRAVO, Diego Moreno; MEIRELLES, Pablo Siqueira; GIALONARDO, Wallace. ANÁLISE DOS DESAFIOS PARA A DIFUSÃO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS NO BRASIL. **Simea**, Campinas, v. 1, n. 2, ago. 2014.

CANAL ENERGIA (Tocantins). **Taesa finaliza energização de LTs e subestação no Tocantins**. 2019. Disponível em: Taesa finaliza energização de LTs e subestação no Tocantins. Acesso em: 20 jul. 2021.

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de; FERREIRA, Tiago Toledo. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. **Bndes Setorial**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 267-310, 2010.

COTRIM, M. **Palmas recebe carro elétrico para testes**. 2017. Gazeta do Cerrado. Disponível em: gazetadocerrado.com.br. Acesso em: 30 jul. 2021.

Cavagliano, Laís. **Análise da viabilidade técnica e econômica da substituição de veículos a combustão interna por veículos elétricos e veículos elétricos híbridos no Brasil**. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/210997>.

DIGSILENT POWERFACTORY. **POWERFACTORY APPLICATIONS**. Disponível em: <https://www.digsilent.de/en/powerfactory.html>. Acesso em: 15 jun. 2021.

EINAUDI, F. **Recorde mundial: carros elétricos foram 54% das vendas na Noruega em 2020**. 2021. Disponível em: Recorde mundial: carros elétricos foram 54% das vendas na Noruega em 2020. Acesso em: 12 jun. 2021.

ENERGISA, Norma De Distribuição Unificada - NDU-001, **Fornecimento de Energia Elétrica a Edificações Individuais ou Agrupadas até 3 Unidades Consumidoras**, 2019. Disponível em: <https://www.energisa.com.br> Acesso em: 08 jul. 2021.

GJELSVIK, N s. **Impact of High Penetration of Electric Vehicles on Low Voltage Network Stability and Role of Management Programmes for Electric Vehicle Charging**. 2015. 4 f. Dissertação (Mestrado), University Of Agder, Noruega, 2015.

Global Ev Outlook 2018. **Towards cross-modal electrification**. 2018. International Energy Agency (IEA). Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2018>. Acesso em: 12 jul. 2021.

International Energy Agency (IEA). **Global EV Outlook: understanding the electric vehicle landscape to 2020**. 2013.

JÚNIOR, C. P. D. **Carro elétrico da Energisa tem zero emissão de ruídos e poluentes**. 2019. Disponível em: Carro elétrico Energisa. Acesso em: 10 out. 2021.

MATTEDE, H. **Tipo de Motores Elétricos**. 2019. Mundo da Elétrica. Disponível em: Um comentário para: “Tipos de motores elétricos, quais são?”. Acesso em: 25 maio 2021.

MINISTÉRIO DO PETRÓLEO E ENERGIA. **Regulamentações sobre a qualidade do fornecimento no sistema de potência**. 2004 parte 14. Disponível em: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004>. Acesso em: 13 jul. 2021.

NOCE, Tulio. **Estudo do Funcionamento de Veículos Elétricos e Contribuições ao seu Aperfeiçoamento**. 2009.(Pós-Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Católica de Minas Gerais, Minas Gerais, 2009.

VILLALVA, Mau. Armazenamento de energia: tecnologias de baterias elétricas. **Revista Canal Solar**, São Paulo, 2021.

Normas Eletrotécnicas Norueguesas, **NEK 400: Instalações elétricas de baixa tensão**, 4ª ed. 2010.

PIMENTA, A. P. A. **Legislação Básica do Setor Elétrico Brasileiro**. Superintendência de Fiscalização Econômica e Financeira. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2010. Disponível em: LEGISLAÇÃO BÁSICA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO. Acesso em: 10 set. 2021

PORCHERA, Gustavo da Silva Oliveira *et al.* VANTAGENS E BARREIRAS À UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS. **XIII SEGeT**, Espírito Santo, 01 nov. 2014.

ROSSEBO. J. R&D Group Manager, **THE ACTIVE HOUSE. BACKGROUND AND TECHNOLOGY – INTRODUCTION AND OVERVIEW**. Grimstad: Uia Smart Grid Course Ene502, 2014.

SANTOS, Diana Ribeiro dos; ROCHA, Carla Alencar Santos. MONITORAMENTO TECNOLÓGICO SOBRE BATERIAS APLICADAS À INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: ESTUDO DOS DEPÓSITOS DE PATENTES NO BRASIL. **Programa de Vocação Científica**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 47-55, 22 mar. 2017.

SBORDONA, D *et al.* Electric Power Systems Research. **Elsevier B.V**, v. 120, p. 96-108, 2015.

SEBERGSEN, J H; SVARTE, S. **Energiproduksjon og energidistribusjon – Produksjon, nettsystemer og beregninger**. As: Oslo: Gyldendal Norsk Forlag, 2008.

SILVEIRA, F. **Carros elétricos mais vendidos do Brasil em 2020**. 2021. Disponível em: Carros elétricos mais vendidos do Brasil em 2020: confira o ranking e veja todos os elétricos à venda hoje. Acesso em: 02 jul. 2021.

STATISTISK SENTRALBYRA. **Gjennomsnittlig energiforbruk for husholdninger med og uten varmepumpe**. kWh tilført energi, 2012.

VONBUN, Christian. Impactos Ambientais e Econômicos dos Veículos Elétricos e Híbridos Plug-In: uma revisão da literatura. **Ipea**, Brasília, ago. 2015.

APÊNDICES

A - Objetivo 1

B - Objetivo 2

C - Objetivo 3

D - Objetivo 4, cenário 1

E - Objetivo 4, cenário 2

APÊNDICE A – OBJETIVO 1

```

% Gerenciamento inteligente de carga para veículos elétricos
% -----
% Este script coloca aleatoriamente um determinado número de veículos
% elétricos (VEs) em uma rede de distribuição de baixa tensão. Conexão
% horária do VEs e perfis de carga são selecionados.
% -----
clc;
clear;
% Distribuição de carga e inicialização:
% Entrada:
P_charger = 3.3; % Potência de carregamento (dependendo do carregador)
SOC=0.6666; % Estado de carga. 21 kWh máx. 7kWh usado: SOC 0,666
Max_bat=21; % Capacidade máxima da bateria [kWh]
SOC_Recom=0.8; % Estado de carga recomendado
Charge_Eff=0.93; % Eficiência de carga
Trans_Eff=0.865; % Eficiência de transporte
Share_of_EV=2; % Quantos VEs na rede
% Perfil de carga para residência para as estações, com base horária
% das 00h00 às 23h00
Load_Summer = [0.97 0.97 0.97 0.97 0.97 0.97 1.62 3.24 3.24 0.81 0.86 0.86
0.86 0.86 0.86 0.86 3.88 3.53 2.16 2.16 2.16 1.94 1.62 1.62];
Load_Autumn = [1.58 1.58 1.58 1.58 1.58 1.58 2.97 4.45 4.45 1.58 1.58 1.58
1.58 1.58 1.58 2.97 5.93 5.93 5.93 5.08 4.45 3.95 2.97 2.97];
Load_Winter = [2.77 2.77 2.77 2.77 2.77 2.77 3.24 4.04 4.04 3.24 3.24 3.24
3.24 3.24 3.24 3.24 6.93 8.09 6.93 6.93 6.47 4.85 4.85 4.04];
Load_Spring = [1.29 1.29 1.29 1.29 1.29 1.29 1.29 2.16 2.16 1.48 1.48 1.48
1.48 1.48 1.48 4.71 4.71 4.31 3.70 3.24 2.88 2.59 2.35 2.16];
% Probabilidade para o perfil do usuário
User_Profile = [1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 3 3 4 ];
% Probabilidades diferentes para os usuários VE que estão conectados.
% Defina como 50 por cento para EV_User_1, 35 por cento para EV_User_2,
% 10 por cento para EV_User_3 e 5 por cento para EV_User_4.
User = datasample (User_Profile, 20); % Escolha User_Profiles aleatórios
% Usuário é um vetor que representa as residências na rede.
% Conexão do usuário das 00h00 às 23h00, onde 0 é desconectado e 1
% conectado
User_Connection_1 = [1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1];
User_Connection_2 = [1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1];
User_Connection_3 = [1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0];
User_Connection_4 = [0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0];
% Cálculos de seleção : -----
% Decida qual residência contém VE e que tipo de conexão do usuário :
EVs_in_use = unidrnd (20,[1,Share_of_EV]);
EV_matrix = [User(1) User(2) User(3) User(4) User(5) User(6) User(7)
User(8) User(9) User(10) User(11) User(12) User(13) User(14) User(15)
User(16) User(17) User(18) User(19) User(20)];
EV_1=EVs_in_use(1);
EV_2=EVs_in_use(2);
% Qual residência foi selecionada e tipo de User_Connection selecionado
EV_User_1=EV_matrix(EV_1);
EV_User_2=EV_matrix(EV_2);
% Pode mudar o nome de EV_User_X e usar para comparação
% (horas de carga do turno)
if EV_User_1 == 1
EV_User_1 = User_Connection_1;
SOC1=1;
User_Connection_No1=1 % Exibir qual conexão do usuário antes do SOC
end

```

```

if EV_User_1 == 2
    EV_User_1 = User_Connection_2;
    SOC1=2;
    User_Connection_No2=1
end
if EV_User_1 == 3
    EV_User_1 = User_Connection_3;
    SOC1=3;
    User_Connection_No3=1
end
if EV_User_1 == 4
    EV_User_1 = User_Connection_4;
    SOC1=4;
    User_Connection_No4=1
end
if EV_User_2 == 1
    EV_User_2 = User_Connection_1;
    SOC2=1;
    User_Connection_No1=1
end
if EV_User_2 == 2
    EV_User_2 = User_Connection_2;
    SOC2=2;
    User_Connection_No2=1
end
if EV_User_2 == 3
    EV_User_2 = User_Connection_3;
    SOC2=3;
    User_Connection_No3=1
end
if EV_User_2 == 4
    EV_User_2 = User_Connection_4;
    SOC2=4;
    User_Connection_No4=1
end
% Cálculos SOC :
% Calcule o tempo de carregamento para VEs:
EV_power=(1-SOC)*Max_bat;
Hour_charge=EV_power/(P_charger*Charge_Eff); % Tempo de carregamento VE
if Hour_charge < 1
    EV_User_1=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
    EV_User_2=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
if Hour_charge < 2 & Hour_charge > 1 % Entre 1 e 2 horas -> carga 2
    if SOC1==1
        EV_User_1=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 ];
    end
    if SOC1== 2
        EV_User_1=[ 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 ];
    end
    if SOC1== 3
        EV_User_1=[ 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
    end
    if SOC1== 4
        EV_User_1=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
    end
    if SOC2 == 1
        EV_User_2=[ 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 ];
    end
    if SOC2 == 2
        EV_User_2=[ 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 ];
    end

```

```

end
if SOC2 == 3
EV_User_2=[ 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 4
EV_User_2=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
end
if Hour_charge < 3 & Hour_charge > 2 % Carregar 3 horas

if SOC1==1
EV_User_1=[ 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 ];
end
if SOC1== 2
EV_User_1=[ 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC1== 3
EV_User_1=[ 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC1== 4
EV_User_1=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 1
EV_User_2=[ 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 ];
end
if SOC2 == 2
EV_User_2=[ 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 3
EV_User_2=[ 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 4
EV_User_2=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
end
if Hour_charge < 4 & Hour_charge > 3 % Carregar 4 horas
if SOC1==1
EV_User_1=[ 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 ];
end
if SOC1== 2
EV_User_1=[ 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 ];
end
if SOC1== 3
EV_User_1=[ 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 ];
end
if SOC1== 4
EV_User_1=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 1
EV_User_2=[ 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 ];
end
if SOC2 == 2
EV_User_2=[ 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 3
EV_User_2=[ 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 4
EV_User_2=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
end
end

```

```

if Hour_charge < 5 & Hour_charge > 4 % Carregar 5 horas
if SOC1==1
EV_User_1=[ 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 ];
end
if SOC1== 2
EV_User_1=[ 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 ];
end
if SOC1== 3
EV_User_1=[ 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC1== 4
EV_User_1=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 1
EV_User_2=[ 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 ];
end
if SOC2 == 2
EV_User_2=[ 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 ];
end
if SOC2 == 3
EV_User_2=[ 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 4
EV_User_2=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
end
if Hour_charge < 6 & Hour_charge > 5 % Carregar 6 horas
if SOC1==1
EV_User_1=[ 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 ];
end
if SOC1== 2
EV_User_1=[ 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 ];
end
if SOC1== 3
EV_User_1=[ 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC1== 4
EV_User_1=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 1
EV_User_2=[ 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 ];
end
if SOC2 == 2
EV_User_2=[ 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 ];
end
if SOC2 == 3
EV_User_2=[ 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 4
EV_User_2=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
end
if Hour_charge < 7 & Hour_charge > 6 % Carrregar 7 horas
if SOC1==1
EV_User_1=[ 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 ];
end
if SOC1== 2
EV_User_1=[ 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 ];
end
if SOC1== 3
EV_User_1=[ 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 ];
end

```

```

end
if SOC1== 4
EV_User_1=[ 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 1
EV_User_2=[ 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 ];
end
if SOC2 == 2
EV_User_2=[ 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 ];
end
if SOC2 == 3
EV_User_2=[ 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 ];
end
if SOC2 == 4
EV_User_2=[ 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ];
end
end
% Valores iniciais para computação posterior :
ONE=0; ONEONE=0; TWO=0; TWOTWO=0; THREE=0; THREEEETHREE=0; FOUR=0;
FOURFOUR=0; FIVE=0; FIVEFIVE=0; SIX=0; SIXSIX=0; SEVEN=0;
SEVENSEVEN=0; EIGHT=0; EIGHTEIGHT=0; NINE=0; NINENINE=0; TEN=0; TENT=0;
ELEVEN=0; ELEVENE=0; TWELVE=0; TWELVET=0; THERTEEN=0; THERTEENT=0;
FOURTEEN=0; FOURTEENF=0; FIFTEEN=0; FIFTEENF=0; SIXTEEN=0; SIXTEENS=0;
SEVENTEEN=0; SEVENTEENS=0; EIGHTEEN=0; EIGHTEENE=0; NINETEEN=0;
NINETEENN=0; TWENTY=0; TWENTYT=0;
% Final inicial
% Residência do link - Saída: EV_residence_id + tipo de conexão
if EVs_in_use(1) == 1
EV_144503089 = EV_User_1
ONE=1;
elseif EVs_in_use(2) == 1
EV_144503089 = EV_User_2
ONEONE=1;
end
if EVs_in_use(1) == 2
EV_144503070 = EV_User_1
TWO=1;
elseif EVs_in_use(2) == 2
EV_144503070 = EV_User_2
TWOTWO=1;
end
if EVs_in_use(1) == 3
EV_144502932 = EV_User_1
THREE=1;
elseif EVs_in_use(2) == 3
EV_144502932 = EV_User_2
THREEEETHREE=1;
end
if EVs_in_use(1) == 4
EV_144500731 = EV_User_1
FOUR=1;
elseif EVs_in_use(2) == 4
EV_144500731 = EV_User_2
FOURFOUR=1;
end
if EVs_in_use(1) == 5
EV_144500771 = EV_User_1
FIVE=1;
elseif EVs_in_use(2) == 5
EV_144500771 = EV_User_2
FIVEFIVE=1;

```

```

end
if EVs_in_use(1) == 6
  EV_114500751 = EV_User_1
  SIX=1;
elseif EVs_in_use(2) == 6
  EV_114500751 = EV_User_2
  SIXSIX=1;
end
if EVs_in_use(1) == 7
  EV_144500615 = EV_User_1
  SEVEN=1;
elseif EVs_in_use(2) == 7
  EV_144500615 = EV_User_2
  SEVENSEVEN=1;
end
if EVs_in_use(1) == 8
  EV_144500741 = EV_User_1
  EIGHT=1;
elseif EVs_in_use(2) == 8
  EV_144500741 = EV_User_2
  EIGHTEIGHT=1;
end
if EVs_in_use(1) == 9
  EV_144500619 = EV_User_1
  NINE=1;
elseif EVs_in_use(2) == 9
  EV_144500619 = EV_User_2
  NINENINE=1;
end
if EVs_in_use(1) == 10
  EV_144500621 = EV_User_1
  TEN=1;
elseif EVs_in_use(2) == 10
  EV_144500621 = EV_User_2
  TENT=1;
end
if EVs_in_use(1) == 11
  EV_144590621 = EV_User_1
  ELEVEN=1;
elseif EVs_in_use(2) == 11
  EV_144590621 = EV_User_2
  ELEVENE=1;
end
if EVs_in_use(1) == 12
  EV_144500781 = EV_User_1
  TWELVE=1;
elseif EVs_in_use(2) == 12
  EV_144500781 = EV_User_2
  TWELVET=1;
end
if EVs_in_use(1) == 13
  EV_144500761 = EV_User_1
  THIRTEEN=1;
elseif EVs_in_use(2) == 13
  EV_144500761 = EV_User_2
  THIRTEENT=1;
end
if EVs_in_use(1) == 14
  EV_144500611 = EV_User_1
  FOURTEEN=1;
elseif EVs_in_use(2) == 14

```

```

EV_144500611 = EV_User_2
FOURTEENF=1;
end
if EVs_in_use(1) == 15
EV_144500625 = EV_User_1
FIFTEEN=1;
elseif EVs_in_use(2) == 15
EV_144500625 = EV_User_2
FIFTEENF=1;
end
if EVs_in_use(1) == 16
EV_144500721 = EV_User_1
SIXTEEN=1;
elseif EVs_in_use(2) == 16
EV_144500721 = EV_User_2
SIXTEENS=1;
end
if EVs_in_use(1) == 17
EV_144500617 = EV_User_1
SEVENTEEN=1;
elseif EVs_in_use(2) == 17
EV_144500617 = EV_User_2
SEVENTEENS=1;
end
if EVs_in_use(1) == 18
EV_144500622 = EV_User_1
EIGHTEEN=1;
elseif EVs_in_use(2) == 18
EV_144500622 = EV_User_2
EIGHTEENE=1;
end
if EVs_in_use(1) == 19
EV_144500791 = EV_User_1
NINETEEN=1;
elseif EVs_in_use(2) == 19
EV_144500791 = EV_User_2
NINETEENN=1;
end
if EVs_in_use(1) == 20
EV_144500711 = EV_User_1
TWENTY=1;
elseif EVs_in_use(2) == 20
EV_144500711 = EV_User_2
TWENTYT=1;
end
% Cálculos de carga: -----
H_init = 1; % Hora de carga para cálculos de energia
H=H_init;
while H < 25;

Load = Load_Winter(H);
%Load=Load_Summer(H);
%Load=Load_Spring(H);
%Load=Load_Autumn(H)
EV_Load_1 = EV_User_1(H)*P_charger;
EV_Load_2 = EV_User_2(H)*P_charger;
% Calcule a carga total de cada residência :
% Os números escritos representam a lógica das "residências vinculadas"
if ONE == 1
EV_R_144503089 = Load + EV_Load_1 ;
elseif ONEONE == 1

```

```

EV_R_144503089 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144503089 = Load ;
end
if TWO == 1
EV_R_144503070 = Load + EV_Load_1 ;
elseif TWOTWO == 1
EV_R_144503070 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144503070 = Load ;
end
if THREE==1
EV_R_144502932 = Load + EV_Load_1;
elseif THREETHREE==1
EV_R_144502932 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144502932 = Load ;
end
if FOUR==1
EV_R_144500731 = Load + EV_Load_1 ;
elseif FOURFOUR==1
EV_R_144500731 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500731 = Load ;
end
if FIVE == 1
EV_R_144500771 = Load + EV_Load_1 ;
elseif FIVEFIVE == 1
EV_R_144500771 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500771 = Load ;
end
if SIX==1
EV_R_114500751 = Load + EV_Load_1 ;
elseif SIXSIX==1
EV_R_114500751 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_114500751 = Load ;
end
if SEVEN==1
EV_R_144500615 = Load + EV_Load_1 ;
elseif SEVENSEVEN==1
EV_R_144500615 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500615 = Load ;
end
if EIGHT==1
EV_R_144500741 = Load + EV_Load_1 ;
elseif EIGHTEIGHT==1
EV_R_144500741 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500741 = Load ;
end
if NINE==1
EV_R_144500619= Load + EV_Load_1 ;
elseif NINENINE==1
EV_R_144500619 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500619 = Load ;
end
if TEN==1
EV_R_144500621 = Load + EV_Load_1 ;
elseif TENT==1
EV_R_144500621 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500621 = Load ;
end
if ELEVEN==1
EV_R_144590621 = Load + EV_Load_1 ;
elseif ELEVENE==1
EV_R_144590621 = Load + EV_Load_2 ;

```

```

else EV_R_144590621 = Load ;
end
if TWELVE==1
EV_R_144500781 = Load + EV_Load_1 ;
elseif TWELVET==1
EV_R_144500781 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500781 = Load ;
end
if THERTEEN==1
EV_R_144500761 = Load + EV_Load_1 ;
elseif THERTEENT==1
EV_R_144500761 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500761 = Load ;
end
if FOURTEEN==1
EV_R_144500611 = Load + EV_Load_1 ;
elseif FOURTEENF==1
EV_R_144500611 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500611 = Load ;
end
if FIFTEEN==1
EV_R_144500625 = Load + EV_Load_1 ;
elseif FIFTEENF==1
EV_R_144500625 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500625 = Load ;
end
if SIXTEEN==1
EV_R_144500721 = Load + EV_Load_1 ;
elseif SIXTEENS==1
EV_R_144500721 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500721 = Load ;
end
if SEVENTEEN==1
EV_R_144500617 = Load + EV_Load_1 ;
elseif SEVENTEENS==1
EV_R_144500617 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500617 = Load ;
end
if EIGHTEEN==1
EV_R_144500622 = Load + EV_Load_1 ;
elseif EIGHTEENE==1
EV_R_144500622 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500622 = Load ;
end
if NINETEEN==1
EV_R_144500791 = Load + EV_Load_1 ;
elseif NINETEENN==1
EV_R_144500791 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500791 = Load ;
end
if TWENTY==1
EV_R_144500711 = Load + EV_Load_1 ;
elseif TWENTYT==1
EV_R_144500711 = Load + EV_Load_2 ;
else EV_R_144500711 = Load ;
end
end
% Reúna as cargas em uma matriz
EV_Loads = [EV_R_144503089 EV_R_144503070 EV_R_144502932 EV_R_144500731
EV_R_144500771 EV_R_114500751 EV_R_144500615 EV_R_144500741
EV_R_144500619 EV_R_144500621 EV_R_144590621 EV_R_144500781
EV_R_144500761 EV_R_144500611 EV_R_144500625 EV_R_144500721

```

```

EV_R_144500617 EV_R_144500622 EV_R_144500791 EV_R_144500711];
P_load_tot(H) = sum(EV_Loads); %Carga total a cada hora das 00h00 às 23h00

% Matriz de carga horária para cada residência :
L_144503089(H) =EV_Loads(1);
L_144503070(H) =EV_Loads(2);
L_144502932(H) =EV_Loads(3);
L_144500731(H) =EV_Loads(4);
L_144500771(H) =EV_Loads(5);
L_144500751(H) =EV_Loads(6);
L_144500615(H) =EV_Loads(7);
L_144500741(H) =EV_Loads(8);
L_144500619(H) =EV_Loads(9);
L_144500621(H) =EV_Loads(10);
L_144590621(H) =EV_Loads(11);
L_144500781(H) =EV_Loads(12);
L_144500761(H) =EV_Loads(13);
L_144500611(H) =EV_Loads(14);
L_144500625(H) =EV_Loads(15);
L_144500721(H) =EV_Loads(16);
L_144500617(H) =EV_Loads(17);
L_144500622(H) =EV_Loads(18);
L_144500791(H) =EV_Loads(19);
L_144500711(H) =EV_Loads(20);
H=H+1; % Fornece dados para todas as 24 horas
end
% Dados do loop : -----
P_load_tot % Carga total por hora [1-24]
% Carga horária de cada residência (fora do ciclo de carga total) :
L_144503089; L_144503070; L_144502932; L_144500731; L_144500771;
L_144500751; L_144500615; L_144500741; L_144500619; L_144500621;
L_144590621; L_144500781; L_144500761; L_144500611; L_144500625;
L_144500721; L_144500617; L_144500622; L_144500791; L_144500711;

```

APÊNDICE B – OBJETIVO 2

```

% Gerenciamento inteligente de carga para veículos elétricos
% -----
% Algoritmo de gerenciamento inteligente de carga do Objetivo 2
% -----
% Descrição:
% Este script é um algoritmo de gerenciamento inteligente de carga
% sugerido, que agendará o carregamento de VEs em uma ordem específica
% personalizada para uma rede de distribuição de baixa tensão norueguesa
% típica. O algoritmo cuida das restrições na rede de distribuição ao
% programar o carregamento de VEs.
% -----
% Gerenciamento inteligente de carga (SLM) -----
% Entrada:
S_transformer = 150;
CosPhi = 0.9; % Valor externo da rede
Phi = 25.8419327; % Transformador CosPhi sem perdas = rede CosPhi
P_transformer = S_transformer*CosPhi;
U_Transformer = 238;
%Condição de tensão inicial: (para cálculo)
U_init=230;
U_144503089=U_init; U_144503070=U_init; U_144502932=U_init;
U_144500731=U_init; U_144500771=U_init; U_114500751=U_init;
U_144500615=U_init; U_144500741=U_init; U_144500619=U_init;
U_144500621=U_init; U_144590621=U_init; U_144500781=U_init;
U_144500761=U_init; U_144500611=U_init; U_144500625=U_init;
U_144500721=U_init; U_144500617=U_init; U_144500622=U_init;
U_144500791=U_init; U_144500711=U_init;
% Restrições: -----
% v_min <= v_n <= v_max
v_min=207;
v_max=253;
% I_b <= I_z (Corrente de carga <= condutividade do cabo )
% P_load_tot <= P_transformer
% Dados de linha : -----
% Linhas alimentando a residência : Z = R + jX
R_144503089= [0.0432 0.0101];
R_144503070= [0.0661 0.0103];
R_144502932= [0.0263 0.0032];
R_144500731= [0.0266 0.0033];
R_144500771= [0.0216 0.0024];
R_114500751= [0.0192 0.0013];
R_144500615= [0.0156 0.0011];
R_144500741= [0.0144 0.0095];
R_144500619= [0.0072 0.0005];
R_144500621= [0.0504 0.0034];
R_144590621= [0.0300 0.0021];
R_144500781= [0.5304 0.0036];
R_144500761= [0.0300 0.0021];
R_144500611= [0.0120 0.0008];
R_144500625= [0.0132 0.0009];
R_144500721= [0.0227 0.0017];
R_144500617= [0.0216 0.0015];
R_144500622= [0.1884 0.0129];
R_144500791= [0.3216 0.0220];
R_144500711= [0.1884 0.0129];
% Linhas de alimentação : Z = R + jX
F_80955_0= [0.0011 0.0006];
F_80955_0A= [0.0010 0.0006];

```

```

F_80955_5= [0.0199 0.0024];
F_80955_16= [0.0314 0.0074];
F_80955_17= [0.0600 0.0041];
F_80955_19= [0.0244 0.0029];
F_80955_22= [0.0853 0.0102];
F_80955_23= [0.0444 0.0030];
F_80955_A1= [0.0036 0.0002];
F_80955_24= [0.0552 0.0038];
F_80955_26= [0.1032 0.0071];
F_80955_18= [0.2124 0.0145];
F_80955_1= [0.0096 0.0023];
F_80955_1A= [0.0096 0.0023];
F_80955_9= [0.0493 0.0117];
F_80955_10= [0.0122 0.0029];
F_80955_14= [0.1308 0.0157];
F_80955_29= [0.0224 0.0027];
F_80955_4= [0.0769 0.0092];
% Total - Impedância total para as residências . Z = R + jX
TOT_144503089= F_80955_0 + F_80955_1 + F_80955_16 + F_80955_19 + F_80955_22
+ F_80955_23 + R_144503089;
TOT_144503070= F_80955_0 + F_80955_1 + F_80955_16 + F_80955_19 + F_80955_22
+ F_80955_23 + R_144503070;
TOT_144502932= F_80955_29 + F_80955_14 + F_80955_10 + F_80955_9 +
F_80955_1A + F_80955_0A + R_144502932;
TOT_144500731= F_80955_29 + F_80955_14 + F_80955_10 + F_80955_9 +
F_80955_1A + F_80955_0A + R_144500731;
TOT_144500771= F_80955_1 + F_80955_0 + R_144500771;
TOT_114500751= F_80955_18 + F_80955_1 + F_80955_0 + R_114500751;
TOT_144500615= F_80955_17 + F_80955_16 + F_80955_1 + F_80955_0 +
R_144500615;
TOT_144500741= F_80955_17 + F_80955_16 + F_80955_1 + F_80955_0 +
R_144500741;
TOT_144500619= F_80955_24 + F_80955_23 + F_80955_22 + F_80955_19 +
F_80955_16 + F_80955_1 + F_80955_0 + R_144500619;
TOT_144500621= F_80955_26 + F_80955_22 + F_80955_19 + F_80955_16 +
F_80955_1 + F_80955_0 + R_144500621;
TOT_144590621= F_80955_26 + F_80955_22 + F_80955_19 + F_80955_16 +
F_80955_1 + F_80955_0 + R_144590621;
TOT_144500781= F_80955_26 + F_80955_22 + F_80955_19 + F_80955_16 +
F_80955_1 + F_80955_0 + R_144500781;
TOT_144500761= F_80955_19 + F_80955_16 + F_80955_1 + F_80955_0 +
R_144500761;
TOT_144500611= F_80955_19 + F_80955_16 + F_80955_1 + F_80955_0 +
R_144500611;
TOT_144500625= F_80955_14 + F_80955_10 + F_80955_9 + F_80955_1A +
F_80955_0A + R_144500625;
TOT_144500721= F_80955_9 + F_80955_1A + F_80955_0A + R_144500721;
TOT_144500617= F_80955_9 + F_80955_1A + F_80955_0A + R_144500617;
TOT_144500622= F_80955_5 + F_80955_4 + F_80955_1A + F_80955_0A +
R_144500622;
TOT_144500791= F_80955_5 + F_80955_4 + F_80955_1A + F_80955_0A +
R_144500791;
TOT_144500711= F_80955_5 + F_80955_4 + F_80955_1A + F_80955_0A +
R_144500711;
% Condutividade do cabo :
I_z_144503089=220;
I_z_144503070=150;
I_z_80955_0=435;
I_z_80955_0A=435;
I_z_144502932=150;
I_z_80955_5=150;

```

```

I_z_80955_16=280;
I_z_80955_17=115;
I_z_144500615=115;
I_z_80955_19=180;
I_z_80955_22=180;
I_z_80955_23=115;
I_z_80955_A1=115;
I_z_80955_24=115;
I_z_144500619=115;
I_z_80955_26=115;
I_z_144500621=115;
I_z_144590621=115;
I_z_144500611=115;
I_z_80955_18=115;
I_z_80955_1 =280;
I_z_80955_1A=280;
I_z_80955_9=280;
I_z_80955_10=280;
I_z_80955_14=180;
I_z_144500625=115;
I_z_80955_29=180;
I_z_144500617=115;
I_z_80955_4 =180;
I_z_144500622=115;
I_z_144500731=115;
I_z_144500771=115;
I_z_114500751=115;
I_z_144500741=115;
I_z_144500781=115;
I_z_144500761=115;
I_z_144500721=115;
I_z_144500791=115;
I_z_144500711=115;
% Cálculos de restrições : -----
%Corrente:
I_b_144503089 = (1000 * L_144503089) / (U_144503089 * CosPhi* sqrt(3)); %kW
to W
% Tensão delta :
D_144503089 = sqrt(3)*(TOT_144503089(1)*I_b_144503089*cosd(Phi) +
TOT_144503089(2)*I_b_144503089*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144503089 = U_Transformer - D_144503089;
% Corrente:
I_b_144503070 = (1000 * L_144503070) / (U_144503070 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144503070 = sqrt(3)*(TOT_144503070(1)*I_b_144503070*cosd(Phi) +
TOT_144503070(2)*I_b_144503070*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144503070 = U_Transformer - D_144503070;
% Corrente:
I_b_144502932 = (1000 * L_144502932) / (U_144502932 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144502932 = sqrt(3)*(TOT_144502932(1)*I_b_144502932*cosd(Phi) +
TOT_144502932(2)*I_b_144502932*sind(Phi));
% Tensão na residência:
U_144502932 = U_Transformer - D_144502932;
% Corrente:
I_b_144500731 = (1000 * L_144500731) / (U_144500731 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500731 = sqrt(3)*(TOT_144500731(1)*I_b_144500731*cosd(Phi) +
TOT_144500731(2)*I_b_144500731*sind(Phi));

```

```

% Tensão na residência :
U_144500731 = U_Transformer - D_144500731;
% Corrente:
I_b_144500771 = (1000 * L_144500771) / (U_144500771 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500771 = sqrt(3)*(TOT_144500771(1)*I_b_144500771*cosd(Phi) +
TOT_144500771(2)*I_b_144500771*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500771 = U_Transformer - D_144500771;
% Corrente:
I_b_114500751 = (1000 * L_114500751) / (U_114500751 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_114500751 = sqrt(3)*(TOT_114500751(1)*I_b_114500751*cosd(Phi) +
TOT_114500751(2)*I_b_114500751*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_114500751 = U_Transformer - D_114500751;
% Corrente:
I_b_144500615 = (1000 * L_144500615) / (U_144500615 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500615 = sqrt(3)*(TOT_144500615(1)*I_b_144500615*cosd(Phi) +
TOT_144500615(2)*I_b_144500615*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500615 = U_Transformer - D_144500615;
% Corrente:
I_b_144500741 = (1000 * L_144500741) / (U_144500741 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500741 = sqrt(3)*(TOT_144500741(1)*I_b_144500741*cosd(Phi) +
TOT_144500741(2)*I_b_144500741*sind(Phi));
% Tensão na residência:
U_144500741 = U_Transformer - D_144500741;
% Corrente:
I_b_144500619 = (1000 * L_144500619) / (U_144500619 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500619 = sqrt(3)*(TOT_144500619(1)*I_b_144500619*cosd(Phi) +
TOT_144500619(2)*I_b_144500619*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500619 = U_Transformer - D_144500619;
% Corrente:
I_b_144500621 = (1000 * L_144500621) / (U_144500621 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500621 = sqrt(3)*(TOT_144500621(1)*I_b_144500621*cosd(Phi) +
TOT_144500621(2)*I_b_144500621*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500621 = U_Transformer - D_144500621;
% Corrente:
I_b_144590621 = (1000 * L_144590621) / (U_144590621 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144590621 = sqrt(3)*(TOT_144590621(1)*I_b_144590621*cosd(Phi) +
TOT_144590621(2)*I_b_144590621*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144590621 = U_Transformer - D_144590621;
% Corrente:
I_b_144500781 = (1000 * L_144500781) / (U_144500781 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500781 = sqrt(3)*(TOT_144500781(1)*I_b_144500781*cosd(Phi) +
TOT_144500781(2)*I_b_144500781*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500781 = U_Transformer - D_144500781;
%Corrente :
I_b_144500761 = (1000 * L_144500761) / (U_144500761 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :

```

```

D_144500761 = sqrt(3)*(TOT_144500761(1)*I_b_144500761*cosd(Phi) +
TOT_144500761(2)*I_b_144500761*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500761 = U_Transformer - D_144500761;
% Corrente :
I_b_144500611 = (1000 * L_144500611) / (U_144500611 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500611 = sqrt(3)*(TOT_144500611(1)*I_b_144500611*cosd(Phi) +
TOT_144500611(2)*I_b_144500611*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500611 = U_Transformer - D_144500611;
% Corrente:
I_b_144500625 = (1000 * L_144500625) / (U_144500625 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500625 = sqrt(3)*(TOT_144500625(1)*I_b_144500625*cosd(Phi) +
TOT_144500625(2)*I_b_144500625*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500625 = U_Transformer - D_144500625;
% Corrente:
I_b_144500721 = (1000 * L_144500721) / (U_144500721 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500721 = sqrt(3)*(TOT_144500721(1)*I_b_144500721*cosd(Phi) +
TOT_144500721(2)*I_b_144500721*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500721 = U_Transformer - D_144500721;
% Corrente:
I_b_144500617 = (1000 * L_144500617) / (U_144500617 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500617 = sqrt(3)*(TOT_144500617(1)*I_b_144500617*cosd(Phi) +
TOT_144500617(2)*I_b_144500617*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500617 = U_Transformer - D_144500617;
% Corrente:
I_b_144500622 = (1000 * L_144500622) / (U_144500622 * CosPhi * sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500622 = sqrt(3)*(TOT_144500622(1)*I_b_144500622*cosd(Phi) +
TOT_144500622(2)*I_b_144500622*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500622 = U_Transformer - D_144500622;
% Corrente:
I_b_144500791 = (1000 * L_144500791) / (U_144500791 * CosPhi);
% Tensão delta :
D_144500791 = sqrt(3)*(TOT_144500791(1)*I_b_144500791*cosd(Phi) +
TOT_144500791(2)*I_b_144500791*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500791 = U_Transformer - D_144500791;
% Corrente:
I_b_144500711 = (1000 * L_144500711) / (U_144500711 * CosPhi * sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500711 = sqrt(3)*(TOT_144500711(1)*I_b_144500711*cosd(Phi) +
TOT_144500711(2)*I_b_144500711*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500711 = U_Transformer - D_144500711;
% Correntes de linha de alimentação :
I_b_80955_0= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761 +
I_b_144500615 + I_b_144500741 + I_b_114500751 + I_b_144500771 ;
I_b_80955_0A= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625 + I_b_144500721
+ I_b_144500617 + I_b_144500622 + I_b_144500711 + I_b_144500791;
I_b_80955_5= I_b_144500711 + I_b_144500622 + I_b_144500791;
I_b_80955_16= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621

```

```

+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761 +
I_b_144500615 + I_b_144500741;
I_b_80955_17= I_b_144500615 + I_b_144500741 ;
I_b_80955_19= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761;
I_b_80955_22= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781;
I_b_80955_23= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619;
I_b_80955_A1= I_b_144503070 + I_b_144503089;
I_b_80955_24= I_b_144500619;
I_b_80955_26= I_b_144590621 + I_b_144500621 + I_b_144500781;
I_b_80955_18= I_b_114500751;
I_b_80955_1= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761 +
I_b_144500615 + I_b_144500741 + I_b_114500751 + I_b_144500771 ;
I_b_80955_1A= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625 + I_b_144500721
+ I_b_144500617 + I_b_144500622 + I_b_144500711 + I_b_144500791;
I_b_80955_9= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625 + I_b_144500721
+ I_b_144500617;
I_b_80955_10= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625;
I_b_80955_14= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625;
I_b_80955_29= I_b_144502932 + I_b_144500731;
I_b_80955_4= I_b_144500711 + I_b_144500622 + I_b_144500791;
% Loop while para cada residência (???)
N = 1; % Hora de carga para cálculos de restrição
while N<25
% ONE / ONEONE representa se a residência tem um VE conectado
if ONE==1 & EV_User_1(N)==1
USE_144503089=1 ; % Residência com VE ativo
elseif ONEONE==1 & EV_User_2(N)==1
USE_144503089=1; % Residência com VE ativo
else USE_144503089=0; % Residência sem VE ou VE inativo
end
% Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144503089(N) <= I_z_144503089 & I_b_80955_A1(N) <= I_z_80955_A1
& I_b_80955_23(N) <= I_z_80955_23 & I_b_80955_22(N) <= I_z_80955_22 &
I_b_80955_19(N) <= I_z_80955_19 & I_b_80955_16(N) <= I_z_80955_16 &
I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 & I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 &
U_144503089(N) >= v_min & U_144503089(N) <= v_max & P_load_tot(N) <=
P_transformer & USE_144503089==1
EX_144503089 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
EX_144503089 = 0; % Sem cobrança devido a restrições
end
Ma_144503089(N) = EX_144503089; % Coloca valores em uma matriz
N = N+1;
end
N=1;
while N<25
if TWO==1 & EV_User_1(N)==1
USE_144503070=1 ;
elseif TWOTWO==1 & EV_User_2(N)==1
USE_144503070=1;
else USE_144503070=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador :
if I_b_144503070(N) <= I_z_144503070 & I_b_80955_A1(N) <= I_z_80955_A1 &
I_b_80955_23(N) <= I_z_80955_23 & I_b_80955_22(N) <= I_z_80955_22 &
I_b_80955_19(N) <= I_z_80955_19 & I_b_80955_16(N) <= I_z_80955_16 &
I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 & I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 &
U_144503070(N) >= v_min & U_144503070(N) <= v_max & P_load_tot(N) <=
P_transformer & USE_144503070==1

```

```

EX_144503070 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
EX_144503070 = 0;
end
Ma_144503070(N) = EX_144503070;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if THREE==1 & EV_User_1(N)==1
USE_144502932=1;
elseif THREETHREE==1 && EV_User_2(N)==1
USE_144502932=1;
else USE_144502932=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144502932(N) <= I_z_144502932 & I_b_80955_29(N) <= I_z_80955_29 &
I_b_80955_14(N) <= I_z_80955_14 & I_b_80955_10(N) <= I_z_80955_10 &
I_b_80955_9(N) <= I_z_80955_9 & I_b_80955_1A(N) <= I_z_80955_1A &
I_b_80955_0A(N) <= I_z_80955_0A & U_144502932(N) >= v_min & U_144502932(N)
<= v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144502932==1
EX_144502932 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
EX_144502932 = 0;
end
Ma_144502932(N) = EX_144502932;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if FOUR==1 & EV_User_1(N)==1
USE_144500731=1 ;
elseif FOURFOUR==1 & EV_User_2(N)==1
USE_144500731=1;
else USE_144500731=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144500731(N) <= I_z_144500731 & I_b_80955_29(N) <= I_z_80955_29 &
I_b_80955_14(N) <= I_z_80955_14 & I_b_80955_10(N) <= I_z_80955_10 &
I_b_80955_9(N) <= I_z_80955_9 & I_b_80955_1A(N) <= I_z_80955_1A &
I_b_80955_0A(N) <= I_z_80955_0A & U_144500731(N) >= v_min & U_144500731(N)
<= v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144500731==1
EX_144500731 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
EX_144500731 = 0;
end
Ma_144500731(N) = EX_144500731;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if FIVE==1 & EV_User_1(N)==1
USE_144500771=1 ;
elseif FIVEFIVE==1 & EV_User_2(N)==1
USE_144500771=1;
else USE_144500771=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144500771(N) <= I_z_144500771 & I_b_80955_18(N) <= I_z_80955_18 &
I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 & I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 &
U_144500771(N) >= v_min & U_144500771(N) <= v_max & P_load_tot(N) <=
P_transformer & USE_144500771==1
EX_144500771 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else

```

```

EX_144500771 = 0;
end
Ma_144500771(N) = EX_144500771;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if SIX==1 & EV_User_1(N)==1
USE_114500751=1 ;
elseif SIXSIX==1 & EV_User_2(N)==1
USE_114500751=1;
else USE_114500751=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_114500751(N) <= I_z_114500751 & I_b_80955_18(N) <= I_z_80955_18 &
I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 & I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 &
U_114500751(N) >= v_min & U_114500751(N) <= v_max & P_load_tot(N) <=
P_transformer & USE_114500751==1
EX_114500751 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
EX_114500751 = 0;
end
Ma_114500751(N) = EX_114500751;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if SEVEN==1 & EV_User_1(N)==1
USE_144500615=1 ;
elseif SEVENSEVEN==1 & EV_User_2(N)==1
USE_144500615=1;
else USE_144500615=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144500615(N) <= I_z_144500615 & I_b_80955_17(N) <= I_z_80955_17 &
I_b_80955_16(N) <= I_z_80955_16 & I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 &
I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 & U_144500615(N) >= v_min & U_144500615(N) <=
v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144500615==1
EX_144500615 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
EX_144500615 = 0;
end
Ma_144500615(N) = EX_144500615;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if EIGHT==1 & EV_User_1(N)==1
USE_144500741=1 ;
elseif EIGHTEIGHT==1 & EV_User_2(N)==1
USE_144500741=1;
else USE_144500741=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador :
if I_b_144500741(N) <= I_z_144500741 & I_b_80955_17(N) <= I_z_80955_17 &
I_b_80955_16(N) <= I_z_80955_16 & I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 &
I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 & U_144500741(N) >= v_min & U_144500741(N)
<= v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144500741==1
EX_144500741 = 1; % execute o carregamento nesta hora
else
EX_144500741 = 0;
end
Ma_144500741(N) = EX_144500741;
N=N+1;

```

```

end
N=1;
while N<25
if NINE==1 & EV_User_1(N)==1
    USE_144500619=1 ;
elseif NINENINE==1 & EV_User_2(N)==1
    USE_144500619=1;
else USE_144500619=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144500619(N) <= I_z_144500619 & I_b_80955_24(N) <= I_z_80955_24 &
I_b_80955_23(N) <= I_z_80955_23 & I_b_80955_22(N) <= I_z_80955_22 &
I_b_80955_19(N) <= I_z_80955_19 & I_b_80955_16(N) <= I_z_80955_16 &
I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 & I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 &
U_144500619(N) >= v_min & U_144500619(N) <= v_max & P_load_tot(N) <=
P_transformer & USE_144500619==1
    EX_144500619 = 1; % xecute o carregamento nesta hora
else
    EX_144500619 = 0;
end
Ma_144500619(N) = EX_144500619;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if TEN==1 & EV_User_1(N)==1
    USE_144500621=1 ;
elseif TENT==1 & EV_User_2(N)==1
    USE_144500621=1;
else USE_144500621=0;
end % Linha, alimentador, tensão, restrição do transformadors:
if I_b_144500621(N) <= I_z_144500621 & I_b_80955_26(N) <= I_z_80955_26 &
I_b_80955_22(N) <= I_z_80955_22 & I_b_80955_19(N) <= I_z_80955_19 &
I_b_80955_16(N) <= I_z_80955_16 & I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 &
I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 & U_144500621(N) >= v_min & U_144500621(N)
<= v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144500621==1
    EX_144500621 = 1; % execute o carregamento nesta hora
else
    EX_144500621 = 0;
end
Ma_144500621(N) = EX_144500621;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if ELEVEN==1 & EV_User_1(N)==1
    USE_144590621=1 ;
elseif ELEVENE==1 & EV_User_2(N)==1
    USE_144590621=1;
else USE_144590621=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144590621(N) <= I_z_144590621 & I_b_80955_26(N) <= I_z_80955_26 &
I_b_80955_22(N) <= I_z_80955_22 & I_b_80955_19(N) <= I_z_80955_19 &
I_b_80955_16(N) <= I_z_80955_16 & I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 &
I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 & U_144590621(N) >= v_min & U_144590621(N) <=
v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144590621==1
    EX_144590621 = 1; % execute o carregamento nesta hora
else
    EX_144590621 = 0;
end
Ma_144590621(N) = EX_144590621;
N=N+1;

```

```

end
N=1;
while N<25
if TWELVE==1 & EV_User_1(N)==1
    USE_144500781=1 ;
elseif TWELVET==1 & EV_User_2(N)==1
    USE_144500781=1;
else USE_144500781=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144500781(N) <= I_z_144500781 & I_b_80955_26(N) <= I_z_80955_26 &
I_b_80955_22(N) <= I_z_80955_22 & I_b_80955_19(N) <= I_z_80955_19 &
I_b_80955_16(N) <= I_z_80955_16 & I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 &
I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 & U_144500781(N) >= v_min & U_144500781(N) <=
v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144500781==1
    EX_144500781 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
    EX_144500781 = 0;
end
Ma_144500781(N) = EX_144500781;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if THERTEEN==1 & EV_User_1(N)==1
    USE_144500761=1 ;
elseif THERTEENT==1 & EV_User_2(N)==1
    USE_144500761=1;
else USE_144500761=0;
end % Linha, alimentador, tensão, restrição do transformador ts:
if I_b_144500761(N) <= I_z_144500761 & I_b_80955_19(N) <= I_z_80955_19 &
I_b_80955_16(N) <= I_z_80955_16 & I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 &
I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 & U_144500761(N) >= v_min & U_144500761(N) <=
v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144500761==1
    EX_144500761 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
    EX_144500761 = 0;
end
Ma_144500761(N) = EX_144500761;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if FOURTEEN==1 & EV_User_1(N)==1
    USE_144500611=1 ;
elseif FOURTEENF==1 & EV_User_2(N)==1
    USE_144500611=1;
else USE_144500611=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144500611(N) <= I_z_144500611 & I_b_80955_19(N) <= I_z_80955_19 &
I_b_80955_16(N) <= I_z_80955_16 & I_b_80955_1(N) <= I_z_80955_1 &
I_b_80955_0(N) <= I_z_80955_0 & U_144500611(N) >= v_min & U_144500611(N) <=
v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144500611==1
    EX_144500611 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
    EX_144500611 = 0;
end
Ma_144500611(N) = EX_144500611;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25

```

```

if FIFTEEN==1 & EV_User_1(N)==1
    USE_144500625=1 ;
elseif FIFTEENF==1 & EV_User_2(N)==1
    USE_144500625=1;
else USE_144500625=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144500625(N) <= I_z_144500625 & I_b_80955_14(N) <= I_z_80955_14 &
I_b_80955_10(N) <= I_z_80955_10 & I_b_80955_9(N) <= I_z_80955_9 &
I_b_80955_1A(N) <= I_z_80955_1A & I_b_80955_0A(N) <= I_z_80955_0A &
U_144500625(N) >= v_min & U_144500625(N) <= v_max & P_load_tot(N) <=
P_transformer & USE_144500625==1
    EX_144500625 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
    EX_144500625 = 0;
end
Ma_144500625(N) = EX_144500625;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if SIXTEEN==1 & EV_User_1(N)==1
    USE_144500721=1 ;
elseif SIXTEENS==1 & EV_User_2(N)==1
    USE_144500721=1;
else USE_144500721=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144500721(N) <= I_z_144500721 & I_b_80955_9(N) <= I_z_80955_9 &
I_b_80955_1A(N) <= I_z_80955_1A & I_b_80955_0A(N) <= I_z_80955_0A &
U_144500721(N) >= v_min & U_144500721(N) <= v_max & P_load_tot(N) <=
P_transformer & USE_144500721==1
    EX_144500721 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
    EX_144500721 = 0;
end
Ma_144500721(N) = EX_144500721;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if SEVENTEEN==1 & EV_User_1(N)==1
    USE_144500617=1 ;
elseif SEVENTEENS==1 & EV_User_2(N)==1
    USE_144500617=1;
else USE_144500617=0;
end
if I_b_144500617(N) <= I_z_144500617 & I_b_80955_9(N) <= I_z_80955_9 &
I_b_80955_1A(N) <= I_z_80955_1A & I_b_80955_0A(N) <= I_z_80955_0A &
U_144500617(N) >= v_min & U_144500617(N) <= v_max & P_load_tot(N) <=
P_transformer & USE_144500617==1
    EX_144500617 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
    EX_144500617 = 0;
end
Ma_144500617(N) = EX_144500617;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if EIGHTEEN==1 & EV_User_1(N)==1
    USE_144500622=1 ;
elseif EIGHTEENS==1 & EV_User_2(N)==1

```

```

USE_144500622=1;
else USE_144500622=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144500622(N) <= I_z_144500622 & I_b_80955_5(N) <= I_z_80955_5 &
I_b_80955_4(N) <= I_z_80955_4 & I_b_80955_1A(N) <= I_z_80955_1A &
I_b_80955_0A(N) <= I_z_80955_0A & U_144500622(N) >= v_min & U_144500622(N)
<= v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144500622==1
EX_144500622 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
EX_144500622 = 0;
end
Ma_144500622(N) = EX_144500622;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if NINETEEN==1 & EV_User_1(N)==1
USE_144500791=1 ;
elseif NINETEEN==1 & EV_User_2(N)==1
USE_144500791=1;
else USE_144500791=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144500791(N) <= I_z_144500791 & I_b_80955_5(N) <= I_z_80955_5 &
I_b_80955_4(N) <= I_z_80955_4 & I_b_80955_1A(N) <= I_z_80955_1A &
I_b_80955_0A(N) <= I_z_80955_0A & U_144500791(N) >= v_min & U_144500791(N)
<= v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144500791==1
EX_144500791 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
EX_144500791 = 0;
end
Ma_144500791(N) = EX_144500791;
N=N+1;
end
N=1;
while N<25
if TWENTY==1 & EV_User_1(N)==1
USE_144500711=1 ;
elseif TWENTYT==1 & EV_User_2(N)==1
USE_144500711=1;
else USE_144500711=0;
end % Restrições de linha, alimentador, tensão, transformador:
if I_b_144500711(N) <= I_z_144500711 & I_b_80955_5(N) <= I_z_80955_5 &
I_b_80955_4(N) <= I_z_80955_4 & I_b_80955_1A(N) <= I_z_80955_1A &
I_b_80955_0A(N) <= I_z_80955_0A & U_144500711(N) >= v_min & U_144500711(N)
<= v_max & P_load_tot(N) <= P_transformer & USE_144500711==1
EX_144500711 = 1; % Execute o carregamento nesta hora
else
EX_144500711 = 0;
end
Ma_144500711(N) = EX_144500711;
N=N+1;
end
% Mostrar matriz com resultados e comparar com a solicitação de cobrança
% inicial :
Ma_144503089; Ma_144503070; Ma_144502932; Ma_144500731; Ma_144500771;
Ma_114500751; Ma_144500615; Ma_144500741; Ma_144500619; Ma_144500621;
Ma_144590621; Ma_144500781; Ma_144500761; Ma_144500611; Ma_144500625;
Ma_144500721; Ma_144500617; Ma_144500622; Ma_144500791; Ma_144500711;

```

APÊNDICE C – OBJETIVO 3

```

% Gerenciamento inteligente de carga para veículos elétricos
% -----
% Algoritmo de gerenciamento inteligente de carga do Objetivo 3
% -----
% Descrição:
% Este script é um algoritmo de gerenciamento inteligente de carga
% sugerido, que agendará o carregamento de VEs em uma ordem específica
% personalizada para uma rede de distribuição de baixa tensão norueguesa
% típica. O algoritmo cuida das restrições na rede e tentará minimizar as
% perdas de energia da linha, se possível.
% Para cálculos baseados em minutos: Defina N = 1441 com dados de carga
% equivalentes e entrada de perfil de usuário.
% -----
clc;
clear;
% Entrada:
P_charger = 3.3; % Potência de carregamento (dependendo do carregador)
SOC=0.6666; % Estado de carga. 21 kWh máx. 7 kWh usado / Trans_Eff
Max_bat=21; % Capacidade máxima da bateria [kWh]
SOC_Recom=0.8; % Estado de carga recomendado
Charge_Eff=0.93; % Eficiência de carga
Trans_Eff=0.865; % Eficiência de transporte
S_transformer = 150;
CosPhi = 0.9; % Valor externo de DIgSILENT PowerFactory
Phi = 25.8419327; % Transformador CosPhi sem perdas = rede CosPhi
P_transformer = S_transformer*CosPhi;
U_Transformer = 238;
v_min=207;
v_max=253;
Load_max=P_transformer ; % Carga máxima para minimizar a perda de energia
% Verificar se há restrições? Se 1 = verifique. se 0 = Bypass
Constraints=1;
% Verificar a minimização de perdas? De 1 = verificar. se 0 = Bypass
Minimization=1;
% Perfil de carga para residência para as estações, com base horária das
% 00h00 às 00h00
Load_Summer = [0.97 0.97 0.97 0.97 0.97 0.97 1.62 3.24 3.24 0.81 0.86 0.86
0.86 0.86 0.86 0.86 3.88 3.53 2.16 2.16 2.16 1.94 1.62 1.62 0.97];
Load_Autumn = [1.58 1.58 1.58 1.58 1.58 1.58 2.97 4.45 4.45 1.58 1.58 1.58
1.58 1.58 1.58 2.97 5.93 5.93 5.93 5.08 4.45 3.95 2.97 2.97 1.58];
Load_Winter = [2.77 2.77 2.77 2.77 2.77 2.77 3.24 4.04 4.04 3.24 3.24 3.24
3.24 3.24 3.24 3.24 6.93 8.09 6.93 6.93 6.47 4.85 4.85 4.04 2.77];
Load_Spring = [1.29 1.29 1.29 1.29 1.29 1.29 1.29 2.16 2.16 1.48 1.48 1.48
1.48 1.48 1.48 1.48 4.71 4.31 3.70 3.24 2.88 2.59 2.35 2.16 1.29];
% Conexão do usuário das 00h00 às 00h00, onde 0 é desconectado e 1
conectado
User_Connection_1 = [1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 ];
User_Connection_2 = [1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ];
User_Connection_3 = [1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 ];
User_Connection_4 = [0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 ];
%Load = Load_Winter;
%Load=Load_Summer;
%Load=Load_Spring;
Load=Load_Autumn;
% Oito residências são escolhidas para ter EV conectado.
% User_Connection escolhido
% Carga inicial: (será alterado no loop de demanda)
L_init_144503089=Load+User_Connection_1*P_charger;

```

```
Load_144503089=L_init_144503089;
L_144503089=L_init_144503089;
L_init_144503070=Load+User_Connection_1*P_charger;
L_144503070=L_init_144503070;
Load_144503070=L_init_144503070;
L_init_144502932=Load+User_Connection_1*P_charger;
L_144502932=L_init_144502932;
Load_144502932=L_init_144502932;
L_init_144500731=Load+User_Connection_1*P_charger;
L_144500731=L_init_144500731;
Load_144500731=L_init_144500731;
L_init_144500771=Load+User_Connection_2*P_charger;
L_144500771=L_init_144500771;
Load_144500771=L_init_144500771;
L_init_114500751=Load+User_Connection_2*P_charger;
L_114500751=L_init_114500751;
Load_114500751=L_init_114500751;
L_init_144500615=Load+User_Connection_3*P_charger;
L_144500615=L_init_144500615;
Load_144500615=L_init_144500615;
L_init_144500741=Load+User_Connection_4*P_charger;
L_144500741=L_init_144500741;
Load_144500741=L_init_144500741;
% Residência sem VE:
L_init_144500619=Load;
L_144500619=L_init_144500619;
Load_144500619=L_init_144500619;
L_init_144500621=Load;
L_144500621=L_init_144500621;
Load_144500621=L_init_144500621;
L_init_144590621=Load;
L_144590621=L_init_144590621;
Load_144590621=L_init_144590621;
L_init_144500781=Load;
L_144500781=L_init_144500781;
Load_144500781=L_init_144500781;
L_init_144500761=Load;
L_144500761=L_init_144500761;
Load_144500761=L_init_144500761;
L_init_144500611=Load;
L_144500611=L_init_144500611;
Load_144500611=L_init_144500611;
L_init_144500625=Load;
L_144500625=L_init_144500625;
Load_144500625=L_init_144500625;
L_init_144500721=Load;
L_144500721=L_init_144500721;
Load_144500721=L_init_144500721;
L_init_144500617=Load;
L_144500617=L_init_144500617;
Load_144500617=L_init_144500617;
L_init_144500622=Load;
L_144500622=L_init_144500622;
Load_144500622=L_init_144500622;
L_init_144500791=Load;
L_144500791=L_init_144500791;
Load_144500791=L_init_144500791;
L_init_144500711=Load;
L_144500711=L_init_144500711;
Load_144500711=L_init_144500711;
% Load_Tot_init: usuário EV conectado + carga completa possível em
```

```

% determinada hora
Load_Tot_init=L_init_144503089+L_init_144503070+L_init_144502932+L_init_144
500731+L_init_144500771+L_init_114500751+L_init_144500615+L_init_144500741+
L_init_144500619+L_init_144500621+L_init_144590621+L_init_144500781+L_init_
144500761+L_init_144500611+L_init_144500625+L_init_144500721+L_init_1445006
17+L_init_144500622+L_init_144500791+L_init_144500711;
Load_Tot=Load_Tot_init(1);
% Condição de tensão inicial: (para cálculo)
U_init=230;
U_144503089=U_init; U_144503070=U_init; U_144502932=U_init;
U_144500731=U_init; U_144500771=U_init; U_114500751=U_init;
U_144500615=U_init; U_144500741=U_init; U_144500619=U_init;
U_144500621=U_init; U_144590621=U_init; U_144500781=U_init;
U_144500761=U_init; U_144500611=U_init; U_144500625=U_init;
U_144500721=U_init; U_144500617=U_init; U_144500622=U_init;
U_144500791=U_init; U_144500711=U_init;
% Restrições: -----
% v_min <= v_n <= v_max
% v_min=207;
% v_max=253;
% I_b <= I_z (Corrente de carga <= condutividade do cabo )
% P_load_tot <= P_transformer
%-----
% Defina Pri_XXXXXXXX = 1; SE o consumidor tem prioridade
Pri_144503089=0; Pri_144503070=0; Pri_144502932=0;
Pri_144500731=0; Pri_144500771=0; Pri_114500751=0;
Pri_144500615=0; Pri_144500741=0; Pri_144500619=0;
Pri_144500621=0; Pri_144590621=0; Pri_144500781=0;
Pri_144500761=0; Pri_144500611=0; Pri_144500625=0;
Pri_144500721=0; Pri_144500617=0; Pri_144500622=0;
Pri_144500791=0; Pri_144500711=0;
% Dados de linha :
% inhas alimentando a residência : Z = R + jX
R_144503089= [0.0432 0.0101];
R_144503070= [0.0661 0.0103];
R_144502932= [0.0263 0.0032];
R_144500731= [0.0266 0.0033];
R_144500771= [0.0216 0.0024];
R_114500751= [0.0192 0.0013];
R_144500615= [0.0156 0.0011];
R_144500741= [0.0144 0.0095];
R_144500619= [0.0072 0.0005];
R_144500621= [0.0504 0.0034];
R_144590621= [0.0300 0.0021];
R_144500781= [0.5304 0.0036];
R_144500761= [0.0300 0.0021];
R_144500611= [0.0120 0.0008];
R_144500625= [0.0132 0.0009];
R_144500721= [0.0227 0.0017];
R_144500617= [0.0216 0.0015];
R_144500622= [0.1884 0.0129];
R_144500791= [0.3216 0.0220];
R_144500711= [0.1884 0.0129];
% Linhas de alimentação : Z = R + jX
F_80955_0= [0.0011 0.0006];
F_80955_0A= [0.0010 0.0006];
F_80955_5= [0.0199 0.0024];
F_80955_16= [0.0314 0.0074];
F_80955_17= [0.0600 0.0041];
F_80955_19= [0.0244 0.0029];
F_80955_22= [0.0853 0.0102];

```

```

F_80955_23= [0.0444 0.0030];
F_80955_A1= [0.0036 0.0002];
F_80955_24= [0.0552 0.0038];
F_80955_26= [0.1032 0.0071];
F_80955_18= [0.2124 0.0145];
F_80955_1= [0.0096 0.0023];
F_80955_1A= [0.0096 0.0023];
F_80955_9= [0.0493 0.0117];
F_80955_10= [0.0122 0.0029];
F_80955_14= [0.1308 0.0157];
F_80955_29= [0.0224 0.0027];
F_80955_4= [0.0769 0.0092];
% Total - Impedância total para as residências . Z = R + jX
TOT_144503089= F_80955_0 + F_80955_1 + F_80955_16 + F_80955_19 + F_80955_22
+ F_80955_23 + R_144503089;
TOT_144503070= F_80955_0 + F_80955_1 + F_80955_16 + F_80955_19 + F_80955_22
+ F_80955_23 + R_144503070;
TOT_144502932= F_80955_29 + F_80955_14 + F_80955_10 + F_80955_9 +
F_80955_1A + F_80955_0A + R_144502932;
TOT_144500731= F_80955_29 + F_80955_14 + F_80955_10 + F_80955_9 +
F_80955_1A + F_80955_0A + R_144500731;
TOT_144500771= F_80955_1 + F_80955_0 + R_144500771; % Muito perto de
transformer = low resistance/loss
TOT_114500751= F_80955_18 + F_80955_1 + F_80955_0 + R_114500751;
TOT_144500615= F_80955_17 + F_80955_16 + F_80955_1 + F_80955_0 +
R_144500615;
TOT_144500741= F_80955_17 + F_80955_16 + F_80955_1 + F_80955_0 +
R_144500741;
TOT_144500619= F_80955_24 + F_80955_23 + F_80955_22 + F_80955_19 +
F_80955_16 + F_80955_1 + F_80955_0 + R_144500619;
TOT_144500621= F_80955_26 + F_80955_22 + F_80955_19 + F_80955_16 +
F_80955_1 + F_80955_0 + R_144500621;
TOT_144590621= F_80955_26 + F_80955_22 + F_80955_19 + F_80955_16 +
F_80955_1 + F_80955_0 + R_144590621;
TOT_144500781= F_80955_26 + F_80955_22 + F_80955_19 + F_80955_16 +
F_80955_1 + F_80955_0 + R_144500781;
TOT_144500761= F_80955_19 + F_80955_16 + F_80955_1 + F_80955_0 +
R_144500761;
TOT_144500611= F_80955_19 + F_80955_16 + F_80955_1 + F_80955_0 +
R_144500611;
TOT_144500625= F_80955_14 + F_80955_10 + F_80955_9 + F_80955_1A +
F_80955_0A + R_144500625;
TOT_144500721= F_80955_9 + F_80955_1A + F_80955_0A + R_144500721;
TOT_144500617= F_80955_9 + F_80955_1A + F_80955_0A + R_144500617;
TOT_144500622= F_80955_5 + F_80955_4 + F_80955_1A + F_80955_0A +
R_144500622;
TOT_144500791= F_80955_5 + F_80955_4 + F_80955_1A + F_80955_0A +
R_144500791;
TOT_144500711= F_80955_5 + F_80955_4 + F_80955_1A + F_80955_0A +
R_144500711;
% Condutividade do cabo:
I_z_144503089=220;
I_z_144503070=150;
I_z_80955_0=435;
I_z_80955_0A=435;
I_z_144502932=150;
I_z_80955_5=150;
I_z_80955_16=280;
I_z_80955_17=115;
I_z_144500615=115;
I_z_80955_19=180;

```

```

I_z_80955_22=180;
I_z_80955_23=115;
I_z_80955_A1=115;
I_z_80955_24=115;
I_z_144500619=115;
I_z_80955_26=115;
I_z_144500621=115;
I_z_144590621=115;
I_z_144500611=115;
I_z_80955_18=115;
I_z_80955_1 =280;
I_z_80955_1A=280;
I_z_80955_9=280;
I_z_80955_10=280;
I_z_80955_14=180;
I_z_144500625=115;
I_z_80955_29=180;
I_z_144500617=115;
I_z_80955_4 =180;
I_z_144500622=115;
I_z_144500731=115;
I_z_144500771=115;
I_z_114500751=115;
I_z_144500741=115;
I_z_144500781=115;
I_z_144500761=115;
I_z_144500721=115;
I_z_144500791=115;
I_z_144500711=115;
% Correntes de alimentação iniciais:
% (Primeira hora com carregamento preferencial de VEs)
I_b_144503089 = (1000 * L_144503089(1)) / (U_144503089 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144503070 = (1000 * L_144503070(1)) / (U_144503070 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144502932 = (1000 * L_144502932(1)) / (U_144502932 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500731 = (1000 * L_144500731(1)) / (U_144500731 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500771 = (1000 * L_144500771(1)) / (U_144500771 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_114500751 = (1000 * L_114500751(1)) / (U_114500751 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500615 = (1000 * L_144500615(1)) / (U_144500615 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500741 = (1000 * L_144500741(1)) / (U_144500741 * CosPhi* sqrt(3));
% Sem VE: (I_b_144500741 inicialmente NÃO tem VE. (Menos perda))
I_b_144500619 = (1000 * L_144500619(1)) / (U_144500619 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500621 = (1000 * L_144500621(1)) / (U_144500621 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144590621 = (1000 * L_144590621(1)) / (U_144590621 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500781 = (1000 * L_144500781(1)) / (U_144500781 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500761 = (1000 * L_144500761(1)) / (U_144500761 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500611 = (1000 * L_144500611(1)) / (U_144500611 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500625 = (1000 * L_144500625(1)) / (U_144500625 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500721 = (1000 * L_144500721(1)) / (U_144500721 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500617 = (1000 * L_144500617(1)) / (U_144500617 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500622 = (1000 * L_144500622(1)) / (U_144500622 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500791 = (1000 * L_144500791(1)) / (U_144500791 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_144500711 = (1000 * L_144500711(1)) / (U_144500711 * CosPhi* sqrt(3));
I_b_80955_0= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761 +
I_b_144500615 + I_b_144500741 + I_b_114500751 + I_b_144500771 ;
I_b_80955_0A= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625 + I_b_144500721
+ I_b_144500617 + I_b_144500622 + I_b_144500711 + I_b_144500791;
I_b_80955_5= I_b_144500711 + I_b_144500622 + I_b_144500791;
I_b_80955_16= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761 +
I_b_144500615 + I_b_144500741;

```

```

I_b_80955_17= I_b_144500615 + I_b_144500741 ;
I_b_80955_19= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761;
I_b_80955_22= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781;
I_b_80955_23= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619;
I_b_80955_A1= I_b_144503070 + I_b_144503089;
I_b_80955_24= I_b_144500619;
I_b_80955_26= I_b_144590621 + I_b_144500621 + I_b_144500781;
I_b_80955_18= I_b_114500751;
I_b_80955_1= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761 +
I_b_144500615 + I_b_144500741 + I_b_114500751 + I_b_144500771 ;
I_b_80955_1A= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625 + I_b_144500721
+ I_b_144500617 + I_b_144500622 + I_b_144500711 + I_b_144500791;
I_b_80955_9= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625 + I_b_144500721
+ I_b_144500617;
I_b_80955_10= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625;
I_b_80955_14= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625;
I_b_80955_29= I_b_144502932 + I_b_144500731;
I_b_80955_4= I_b_144500711 + I_b_144500622 + I_b_144500791;
% Perda inicial :
Loss_144503089=I_b_144503089^2*TOT_144503089(1)+I_b_144503089^2*TOT_1445030
89(2);
Loss_144503070=I_b_144503070^2*TOT_144503070(1)+I_b_144503070^2*TOT_1445030
70(2);
Loss_144502932=I_b_144502932^2*TOT_144502932(1)+I_b_144502932^2*TOT_1445029
32(2);
Loss_144500731=I_b_144500731^2*TOT_144500731(1)+I_b_144500731^2*TOT_1445007
31(2);
Loss_144500771=I_b_144500771^2*TOT_144500771(1)+I_b_144500771^2*TOT_1445007
71(2);
Loss_114500751=I_b_114500751^2*TOT_114500751(1)+I_b_114500751^2*TOT_1145007
51(2);
Loss_144500615=I_b_144500615^2*TOT_144500615(1)+I_b_144500615^2*TOT_1445006
15(2);
Loss_144500741=I_b_144500741^2*TOT_144500741(1)+I_b_144500741^2*TOT_1445007
41(2);
Loss_144500619=I_b_144500619^2*TOT_144500619(1)+I_b_144500619^2*TOT_1445006
19(2);
Loss_144500621=I_b_144500621^2*TOT_144500621(1)+I_b_144500621^2*TOT_1445006
21(2);
Loss_144590621=I_b_144590621^2*TOT_144590621(1)+I_b_144590621^2*TOT_1445906
21(2);
Loss_144500781=I_b_144500781^2*TOT_144500781(1)+I_b_144500781^2*TOT_1445007
81(2);
Loss_144500761=I_b_144500761^2*TOT_144500761(1)+I_b_144500761^2*TOT_1445007
61(2);
Loss_144500611=I_b_144500611^2*TOT_144500611(1)+I_b_144500611^2*TOT_1445006
11(2);
Loss_144500625=I_b_144500625^2*TOT_144500625(1)+I_b_144500625^2*TOT_1445006
25(2);
Loss_144500721=I_b_144500721^2*TOT_144500721(1)+I_b_144500721^2*TOT_1445007
21(2);
Loss_144500617=I_b_144500617^2*TOT_144500617(1)+I_b_144500617^2*TOT_1445006
17(2);
Loss_144500622=I_b_144500622^2*TOT_144500622(1)+I_b_144500622^2*TOT_1445006
22(2);
Loss_144500791=I_b_144500791^2*TOT_144500791(1)+I_b_144500791^2*TOT_1445007
91(2);
Loss_144500711=I_b_144500711^2*TOT_144500711(1)+I_b_144500711^2*TOT_1445007

```

```

11(2);
% Matriz de perda VE inicial (perda total para a residência):
EV_R_Loss_Matrix_Init= [Loss_144503089 Loss_144503070 Loss_144502932
Loss_144500731 Loss_144500771 Loss_144500751 Loss_144500615 Loss_144500741
];
EV_loss=EV_R_Loss_Matrix_Init;
% Carga inicial :
L_144503089= L_144503089(1);
L_144503089= L_144503089(1);
L_144503070= L_144503070(1);
L_144502932= L_144502932(1);
L_144500731= L_144500731(1);
L_144500771= L_144500771(1);
L_144500751= L_144500751(1);
L_144500615= L_144500615(1);
L_144500741= L_144500741(1);
L_144500619= L_144500619(1);
L_144500621= L_144500621(1);
L_144590621= L_144590621(1);
L_144500781= L_144500781(1);
L_144500761= L_144500761(1);
L_144500611= L_144500611(1);
L_144500625= L_144500625(1);
L_144500721= L_144500721(1);
L_144500617= L_144500617(1);
L_144500622= L_144500622(1);
L_144500791= L_144500791(1);
L_144500711= L_144500711(1);
% Cálculos : -----
% Calcule o tempo de carregamento para VEs :
EV_power=(1-SOC)*Max_bat/Trans_Eff;
% Valores iniciais para residências com VE :
% ( O roteiro começa às 00h00 )
Hour_charge_init=EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
if SOC < 0.5
Hour_charge_144503089=Hour_charge_init; % (conectado há X horas )
Hour_charge_144503070=Hour_charge_init;
Hour_charge_144502932=Hour_charge_init;
Hour_charge_144500731=Hour_charge_init;
Hour_charge_144500771=Hour_charge_init-2; % (conectado há X horas )
Hour_charge_144500751=Hour_charge_init-2; % (conectado há X horas )
Hour_charge_144500615=Hour_charge_init; % (Primeira conexão inicialmente )
Hour_charge_144500741=Hour_charge_init; % (Primeira conexão inicialmente )
end
if SOC > 0.5
Hour_charge_144503089=Hour_charge_init-2; % (conectado há X horas )
Hour_charge_144503070=Hour_charge_init-2;
Hour_charge_144502932=Hour_charge_init-2;
Hour_charge_144500731=Hour_charge_init-2;
Hour_charge_144500771=Hour_charge_init-3; % (conectado há X horas )
Hour_charge_144500751=Hour_charge_init-3; % (conectado há X horas )
Hour_charge_144500615=Hour_charge_init; % (Primeira conexão inicialmente )
Hour_charge_144500741=Hour_charge_init; % (Primeira conexão inicialmente )
end
N=1; % Hora inicial
% Cálculo while loop
while N<25
% 1. Residência com VE :
% SOC - Lógica de conexão
if User_Connection_1(N+1) == 1 & User_Connection_1(N) == 0
Hour_charge_144503089 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff);

```

```

else
Hour_charge_144503089 = Hour_charge_144503089;
end
% Prioridade:
if Pri_144503089==1 & Hour_charge_144503089 > 0
L_144503089=Load_144503089(N)
end
% Sem prioridade
if Minimazation == 1
if Pri_144503089==0 & Hour_charge_144503089 > 0
L_144503089=Load_144503089(N);
elseif Pri_144503089==0 & Hour_charge_144503089 > 0
L_144503089=Load_144503089(N);
else
L_144503089=Load(N);
end
elseif Pri_144503089==0 & Hour_charge_144503089 > 0
L_144503089=Load_144503089(N);
else
L_144503089=Load(N);
end
% Cálculos de hora em hora:
I_b_144503089 = (1000 * L_144503089) / (U_144503089 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144503089 = sqrt(3)*(TOT_144503089(1)*I_b_144503089*cosd(Phi) +
TOT_144503089(2)*I_b_144503089*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144503089 = U_Transformer - D_144503089;
% Perda causada por residência + VE
Loss_144503089=I_b_144503089^2*TOT_144503089(1)+I_b_144503089^2*TOT_1445030
89(2);
% 2. Residência com VE :
% SOC - Lógica de conexão
if User_Connection_1(N+1) == 1 & User_Connection_1(N) == 0
Hour_charge_144503070 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
else
Hour_charge_144503070 = Hour_charge_144503070;
end
end
% Prioridade:
if Pri_144503070==1 & Hour_charge_144503070 > 0
L_144503070=Load_144503070(N);
end
% Sem prioridade
if Minimazation == 1
if Pri_144503070==0 & Hour_charge_144503070 > 0
L_144503070=Load_144503070(N);
elseif Pri_144503070==0 & Hour_charge_144503070 > 0
L_144503070=Load_144503070(N);
else
L_144503070=Load(N);
end
elseif Pri_144503070==0 & Hour_charge_144503070 > 0
L_144503070=Load_144503070(N);
else
L_144503070=Load(N);
end
% Cálculos de hora em hora :
I_b_144503070 = (1000 * L_144503070) / (U_144503070 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144503070 = sqrt(3)*(TOT_144503070(1)*I_b_144503070*cosd(Phi) +
TOT_144503070(2)*I_b_144503070*sind(Phi));

```

```

% Tensão na residência :
U_144503070 = U_Transformer - D_144503089;
% Perda causada por residência + VE
Loss_144503070=I_b_144503070^2*TOT_144503070(1)+I_b_144503070^2*TOT_144503070(2);
% 3. Residência com VE :
% SOC - Lógica de conexão
if User_Connection_1(N+1) == 1 & User_Connection_1(N) == 0
    Hour_charge_144502932 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
else
    Hour_charge_144502932 = Hour_charge_144502932;
end
% Prioridade:
if Pri_144502932==1 & Hour_charge_144502932 > 0
    L_144502932=Load_144502932(N);
end
% Sem prioridade
if Minimazation == 1
    if Pri_144502932==0 & Hour_charge_144502932 > 0
        L_144502932=Load_144502932(N);
    elseif Pri_144502932==0 & Hour_charge_144502932 > 0
        L_144502932=Load_144502932(N);
    else
        L_144502932=Load(N);
    end
elseif Pri_144502932==0 & Hour_charge_144502932 > 0
    L_144502932=Load_144502932(N);
else
    L_144502932=Load(N);
end
% Cálculos de hora em hora :
I_b_144502932 = (1000 * L_144502932) / (U_144502932 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144502932 = sqrt(3)*(TOT_144502932(1)*I_b_144502932*cosd(Phi) +
TOT_144502932(2)*I_b_144502932*sind(Phi));
% Tensão na residência:
U_144502932 = U_Transformer - D_144502932;
% Perda causada por residência + VE
Loss_144502932=I_b_144502932^2*TOT_144502932(1)+I_b_144502932^2*TOT_144502932(2);
% 4. Residência com VE:
% SOC - Lógica de conexão
if User_Connection_1(N+1) == 1 & User_Connection_1(N) == 0
    Hour_charge_144500731 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
else
    Hour_charge_144500731 = Hour_charge_144500731;
end
% Prioridade:
if Pri_144500731==1 & Hour_charge_144500731 > 0
    L_144503089=Load_144503089(N);
end
% Sem prioridade
if Minimazation == 1
    if Pri_144500731==0 & Hour_charge_144500731 > 0
        L_144500731=Load_144500731(N);
    elseif Pri_144500731==0 & Hour_charge_144500731 > 0
        L_144500731=Load_144500731(N);
    else
        L_144500731=Load(N);
    end
elseif Pri_144500731==0 & Hour_charge_144500731 > 0

```

```

L_144500731=Load_144500731(N);
else
L_144500731=Load(N);
end
% Cálculos de hora em hora :
I_b_144500731 = (1000 * L_144500731) / (U_144500731 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500731 = sqrt(3)*(TOT_144500731(1)*I_b_144500731*cosd(Phi) +
TOT_144500731(2)*I_b_144500731*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500731 = U_Transformer - D_144500731;
% Perda causada por residência + VE
Loss_144500731=I_b_144500731^2*TOT_144500731(1)+I_b_144500731^2*TOT_1445007
31(2);
% 5. Residência com VE :
% SOC - Lógica de conexão
if User_Connection_2(N+1) == 1 & User_Connection_2(N) == 0
Hour_charge_144500771 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
else
Hour_charge_144500771 = Hour_charge_144500771;
end
% Prioridade:
if Pri_144500771==1 & Hour_charge_144500771 > 0
L_144500771=Load_144500771(N);
end
% Sem prioridade
if Minimazation == 1
if Pri_144500771==0 & Hour_charge_144500771 > 0
L_144500771=Load_144500771(N);
elseif Pri_144500771==0 & Hour_charge_144500771 > 0
L_144500771=Load_144500771(N);
else
L_144500771=Load(N);
end
elseif Pri_144500771==0 & Hour_charge_144500771 > 0
L_144500771=Load_144500771(N);
else
L_144500771=Load(N);
end
% Cálculos de hora em hora :
I_b_144500771 = (1000 * L_144500771) / (U_144500771 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500771 = sqrt(3)*(TOT_144500771(1)*I_b_144500771*cosd(Phi) +
TOT_144500771(2)*I_b_144500771*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500771 = U_Transformer - D_144500771;
% Perda causada por residência + VE
Loss_144500771=I_b_144500771^2*TOT_144500771(1)+I_b_144500771^2*TOT_1445007
71(2);
% 6. Residência com VE :
% SOC - Lógica de conexão
if User_Connection_2(N+1) == 1 & User_Connection_2(N) == 0
Hour_charge_114500751 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
else
Hour_charge_114500751 = Hour_charge_114500751;
end
% Prioridade :
if Pri_114500751==1 & Hour_charge_114500751 > 0
L_114500751=Load_114500751(N);
end
% Sem prioridade

```

```

if Minimazation == 1
if Pri_114500751==0 & Hour_charge_114500751 > 0
L_114500751=Load_114500751(N);
elseif Pri_114500751==0 & Hour_charge_114500751 > 0
L_114500751=Load_114500751(N);
else
L_114500751=Load(N);
end
elseif Pri_114500751==0 & Hour_charge_114500751 > 0
L_114500751=Load_114500751(N);
else
L_114500751=Load(N);
end
end
% Cálculos de hora em hora :
I_b_114500751 = (1000 * L_114500751) / (U_114500751 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_114500751 = sqrt(3)*(TOT_114500751(1)*I_b_114500751*cosd(Phi) +
TOT_114500751(2)*I_b_114500751*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_114500751 = U_Transformer - D_114500751;
% Perda causada por residência + VE
Loss_114500751=I_b_114500751^2*TOT_114500751(1)+I_b_114500751^2*TOT_1145007
51(2);
% 7. Residência com VE :
% SOC - Lógica de conexão
if User_Connection_3(N+1) == 1 & User_Connection_3(N) == 0
Hour_charge_144500615 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
else
Hour_charge_144500615 = Hour_charge_144500615;
end
end
% Prioridade:
if Pri_144500615==1 & Hour_charge_144500615 > 0
L_144500615=Load_144500615(N);
end
% Sem prioridade
if Minimazation == 1
if Pri_144500615==0 & Hour_charge_144500615 > 0
L_144500615=Load_144500615(N);
elseif Pri_144500615==0 & Hour_charge_144500615 > 0
L_144500615=Load_144500615(N);
else
L_144500615=Load(N);
end
elseif Pri_144500615==0 & Hour_charge_144500615 > 0
L_144500615=Load_144500615(N);
else
L_144500615=Load(N);
end
end
% Cálculos de hora em hora :
I_b_144500615 = (1000 * L_144500615) / (U_144500615 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500615 = sqrt(3)*(TOT_144500615(1)*I_b_144500615*cosd(Phi) +
TOT_144500615(2)*I_b_144500615*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500615 = U_Transformer - D_144500615;
% Perda causada por residência + VE
Loss_144500615=I_b_144500615^2*TOT_144500615(1)+I_b_144500615^2*TOT_1445006
15(2);
% 8. Residência com VE :
% SOC - Lógica de conexão
if User_Connection_4(N+1) == 1 & User_Connection_4(N) == 0

```

```

Hour_charge_144500741 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
else
Hour_charge_144500741 = Hour_charge_144500741;
end
% Prioridade:
if Pri_144500741==1 & Hour_charge_144500741 > 0
L_144500741=Load_144500741(N);
end
% Sem prioridade
if Minimazation == 1
if Pri_144500741==0 & Hour_charge_144500741 > 0
L_144500741=Load_144500741(N);
elseif Pri_144500741==0 & Hour_charge_144500741 > 0
L_144500741=Load_144500741(N);
else
L_144500741=Load(N);
end
elseif Pri_144500741==0 & Hour_charge_144500741 > 0
L_144500741=Load_144500741(N);
else
L_144500741=Load(N);
end
% Cálculos de hora em hora :
I_b_144500741 = (1000 * L_144500741) / (U_144500741 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500741 = sqrt(3)*(TOT_144500741(1)*I_b_144500741*cosd(Phi) +
TOT_144500741(2)*I_b_144500741*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500741 = U_Transformer - D_144500741;
% Perda causada por residência + VE
Loss_144500741=I_b_144500741^2*TOT_144500741(1)+I_b_144500741^2*TOT_144500741(2);
% Residências sem VE :
% Corrente:
I_b_144500619 = (1000 * L_144500619) / (U_144500619 * CosPhi);
% Tensão delta :
D_144500619 = sqrt(3)*(TOT_144500619(1)*I_b_144500619*cosd(Phi) +
TOT_144500619(2)*I_b_144500619*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500619 = U_Transformer - D_144500619;
Loss_144500619=I_b_144500619^2*TOT_144500619(1)+I_b_144500619^2*TOT_144500619(2);
L_144500619=Load(N);
% Corrente:
I_b_144500621 = (1000 * L_144500621) / (U_144500621 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500621 = sqrt(3)*(TOT_144500621(1)*I_b_144500621*cosd(Phi) +
TOT_144500621(2)*I_b_144500621*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500621 = U_Transformer - D_144500621;
Loss_144500621=I_b_144500621^2*TOT_144500621(1)+I_b_144500621^2*TOT_144500621(2);
L_144500621=Load(N);
% Corrente:
I_b_144590621 = (1000 * L_144590621) / (U_144590621 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144590621 = sqrt(3)*(TOT_144590621(1)*I_b_144590621*cosd(Phi) +
TOT_144590621(2)*I_b_144590621*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144590621 = U_Transformer - D_144590621;
Loss_144590621=I_b_144590621^2*TOT_144590621(1)+I_b_144590621^2*TOT_144590621(2);

```

```

21(2);
L_144590621=Load(N);
% Corrente:
I_b_144500781 = (1000 * L_144500781) / (U_144500781 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500781 = sqrt(3)*(TOT_144500781(1)*I_b_144500781*cosd(Phi) +
TOT_144500781(2)*I_b_144500781*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500781 = U_Transformer - D_144500781;
Loss_144500781=I_b_144500781^2*TOT_144500781(1)+I_b_144500781^2*TOT_1445007
81(2);
L_144500781=Load(N);
% Corrente:
I_b_144500761 = (1000 * L_144500761) / (U_144500761 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500761 = sqrt(3)*(TOT_144500761(1)*I_b_144500761*cosd(Phi) +
TOT_144500761(2)*I_b_144500761*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500761 = U_Transformer - D_144500761;
Loss_144500761=I_b_144500761^2*TOT_144500761(1)+I_b_144500761^2*TOT_1445007
61(2);
L_144500761=Load(N);
% Corrente:
I_b_144500611 = (1000 * L_144500611) / (U_144500611 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500611 = sqrt(3)*(TOT_144500611(1)*I_b_144500611*cosd(Phi) +
TOT_144500611(2)*I_b_144500611*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500611 = U_Transformer - D_144500611;
Loss_144500611=I_b_144500611^2*TOT_144500611(1)+I_b_144500611^2*TOT_1445006
11(2);
L_144500611=Load(N);
% Corrente:
I_b_144500625 = (1000 * L_144500625) / (U_144500625 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500625 = sqrt(3)*(TOT_144500625(1)*I_b_144500625*cosd(Phi) +
TOT_144500625(2)*I_b_144500625*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500625 = U_Transformer - D_144500625;
Loss_144500625=I_b_144500625^2*TOT_144500625(1)+I_b_144500625^2*TOT_1445006
25(2);
L_144500625=Load(N);
% Corrente:
I_b_144500721 = (1000 * L_144500721) / (U_144500721 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500721 = sqrt(3)*(TOT_144500721(1)*I_b_144500721*cosd(Phi) +
TOT_144500721(2)*I_b_144500721*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500721 = U_Transformer - D_144500721;
Loss_144500721=I_b_144500721^2*TOT_144500721(1)+I_b_144500721^2*TOT_1445007
21(2);
L_144500721=Load(N);
% Corrente:
I_b_144500617 = (1000 * L_144500617) / (U_144500617 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500617 = sqrt(3)*(TOT_144500617(1)*I_b_144500617*cosd(Phi) +
TOT_144500617(2)*I_b_144500617*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500617 = U_Transformer - D_144500617;
Loss_144500617=I_b_144500617^2*TOT_144500617(1)+I_b_144500617^2*TOT_1445006
17(2);

```

```

L_144500617=Load(N);
% Corrente:
I_b_144500622 = (1000 * L_144500622) / (U_144500622 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500622 = sqrt(3)*(TOT_144500622(1)*I_b_144500622*cosd(Phi) +
TOT_144500622(2)*I_b_144500622*sind(Phi));
% Tensão na residência:
U_144500622 = U_Transformer - D_144500622;
Loss_144500622=I_b_144500622^2*TOT_144500622(1)+I_b_144500622^2*TOT_1445006
22(2);
L_144500622=Load(N);
% Corrente:
I_b_144500791 = (1000 * L_144500791) / (U_144500791 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500791 = sqrt(3)*(TOT_144500791(1)*I_b_144500791*cosd(Phi) +
TOT_144500791(2)*I_b_144500791*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500791 = U_Transformer - D_144500791;
Loss_144500791=I_b_144500791^2*TOT_144500791(1)+I_b_144500791^2*TOT_1445007
91(2);
L_144500791=Load(N);
% Corrente:
I_b_144500711 = (1000 * L_144500711) / (U_144500711 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144500711 = sqrt(3)*(TOT_144500711(1)*I_b_144500711*cosd(Phi) +
TOT_144500711(2)*I_b_144500711*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144500711 = U_Transformer - D_144500711;
Loss_144500711=I_b_144500711^2*TOT_144500711(1)+I_b_144500711^2*TOT_1445007
11(2);
L_144500711=Load(N);
% Potência total e perda do sistema :
Load_Tot =
L_144503089+L_144503070+L_144502932+L_144500731+L_144500771+L_114500751+L_1
44500615+L_144500741+L_144500619+L_144500621+L_144590621+L_144500781+L_1445
00761+L_144500611+L_144500625+L_144500721+L_144500617+L_144500622+L_1445007
91+L_144500711;
EV_loss = [Loss_144503089 Loss_144503070 Loss_144502932 Loss_144500731
Loss_144500771 Loss_114500751 Loss_144500615 Loss_144500741];
Sort_EV=sort(EV_loss);
% Correntes de linha de alimentação :
I_b_80955_0= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761 +
I_b_144500615 + I_b_144500741 + I_b_114500751 + I_b_144500771;
I_b_80955_0A= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625 + I_b_144500721
+ I_b_144500617 + I_b_144500622 + I_b_144500711 + I_b_144500791;
I_b_80955_5= I_b_144500711 + I_b_144500622 + I_b_144500791;
I_b_80955_16= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761 +
I_b_144500615 + I_b_144500741;
I_b_80955_17= I_b_144500615 + I_b_144500741 ;
I_b_80955_19= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761;
I_b_80955_22= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621
+ I_b_144500621 + I_b_144500781;
I_b_80955_23= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619;
I_b_80955_A1= I_b_144503070 + I_b_144503089;
I_b_80955_24= I_b_144500619;
I_b_80955_26= I_b_144590621 + I_b_144500621 + I_b_144500781;
I_b_80955_18= I_b_114500751;
I_b_80955_1= I_b_144503070 + I_b_144503089 + I_b_144500619 + I_b_144590621

```

```

+ I_b_144500621 + I_b_144500781 + I_b_144500611 + I_b_144500761 +
I_b_144500615 + I_b_144500741 + I_b_114500751 + I_b_144500771 ;
I_b_80955_1A= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625 + I_b_144500721
+ I_b_144500617 + I_b_144500622 + I_b_144500711 + I_b_144500791;
I_b_80955_9= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625 + I_b_144500721
+ I_b_144500617;
I_b_80955_10= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625;
I_b_80955_14= I_b_144502932 + I_b_144500731 + I_b_144500625;
I_b_80955_29= I_b_144502932 + I_b_144500731;
I_b_80955_4= I_b_144500711 + I_b_144500622 + I_b_144500791;
% VEs na rede
EV_in= User_Connection_1(N)*4 + User_Connection_2(N)*2 + User_Connection_3
(N) + User_Connection_4(N);
% Restrições relativas a residências com EV:
% 1. Residência com VE :
if Constraints==1 % Verificando a restrição de desvio
% Nota: Load_Tot-P_charger (para dar ao primeiro EV a chance de se
conectar)
if I_b_144503089 <= I_z_144503089 & I_b_80955_A1 <= I_z_80955_A1 &
I_b_80955_23 <= I_z_80955_23 & I_b_80955_22 <= I_z_80955_22 & I_b_80955_19
<= I_z_80955_19 & I_b_80955_16 <= I_z_80955_16 & I_b_80955_1 <= I_z_80955_1
& I_b_80955_0 <= I_z_80955_0 & U_144503089 >= v_min & U_144503089 <= v_max
& Load_Tot <= P_transformer
C_144503089=1; % Restrições OK
else
C_144503089=0; % Uma ou mais restrições NÃO estão ok
end
else
C_144503089=1;
end
if C_144503089==0 & User_Connection_1 == 1
end
% Prioridade:
if Pri_144503089==1 & C_144503089==1 & Hour_charge_144503089 > 0 &
User_Connection_1(N)==1
L_144503089=Load_144503089(N);
Hour_charge=Hour_charge-1;
elseif Pri_144503089==1 & C_144503089==0 & Hour_charge_144503089 > 0
L_144503070=Load(N);
end
% Minimização de perda de energia :
if Minimazation == 1
if Pri_144503089==0 & Hour_charge_144503089 > 0 & Load_Tot >=
0.8*Load_max & Load_Tot < 1.05*Load_max & ( Sort_EV(1) == Loss_144503089 |
Sort_EV(2) == Loss_144503089 | Sort_EV(3) == Loss_144503089 ) &
User_Connection_1(N)==1
L_144503089=Load_144503089(N);
Hour_charge_144503089=Hour_charge_144503089-1;
C_144503089=1 ;
%(EV_in*P_charger) =?? cenário de primavera
elseif Pri_144503089==0 & Hour_charge_144503089 > 0 & C_144503089==1 &
Load_Tot < 0.8*Load_max+(EV_in*P_charger) & User_Connection_1(N)==1;
L_144503089=Load_144503089(N);
Hour_charge_144503089=Hour_charge_144503089-1;
else
L_144503089=Load(N);
Hour_charge_144503089=Hour_charge_144503089;
end
elseif Pri_144503089==0 & Hour_charge_144503089 > 0 &
C_144503089==1 & User_Connection_1(N)==1
L_144503089=Load_144503089(N);

```

```

Hour_charge_144503089=Hour_charge_144503089-1;
else
L_144503089=Load(N);
Hour_charge_144503089=Hour_charge_144503089;
end
% 2. Residência com VE :
if Constraints==1 % Verificando a restrição de desvio
if I_b_144503070 <= I_z_144503070 & I_b_80955_A1 <= I_z_80955_A1 &
I_b_80955_23 <= I_z_80955_23 & I_b_80955_22 <= I_z_80955_22 & I_b_80955_19
<= I_z_80955_19 & I_b_80955_16 <= I_z_80955_16 & I_b_80955_1 <= I_z_80955_1
& I_b_80955_0 <= I_z_80955_0 & U_144503070 >= v_min & U_144503070 <= v_max
& Load_Tot <= P_transformer
C_144503070=1; % Restrições OK
else
C_144503070=0; % Outra ou mais restrições NÃO estão ok
end
else
C_144503070=1;
end
if C_144503070==0 & User_Connection_1 == 1
Load_Tot=Load_Tot-P_charger;
end
% Prioridade:
if Pri_144503070==1 & C_144503070==1 & Hour_charge_144503070 > 0 &
User_Connection_1(N)==1
L_144503070=Load_144503070(N);
Hour_charge=Hour_charge-1;
elseif Pri_144503070==1 & C_144503070==0 & Hour_charge_144503070 > 0
L_144503070=Load(N);
end
% Minimização de perda de energia :
if Minimization == 1
if Pri_144503070==0 & Hour_charge_144503070 > 0 & Load_Tot >=
0.8*Load_max & Load_Tot < 1.05*Load_max & ( Sort_EV(1) == Loss_144503070 |
Sort_EV(2) == Loss_144503070 | Sort_EV(3) == Loss_144503070 ) &
User_Connection_1(N)==1
L_144503070=Load_144503070(N);
Hour_charge_144503070=Hour_charge_144503070-1;
C_144503070=1;
elseif Pri_144503070==0 & Hour_charge_144503070 > 0 & C_144503070==1 &
Load_Tot < 0.8*Load_max+(EV_in*P_charger) & User_Connection_1(N)==1;
L_144503070=Load_144503070(N);
Hour_charge_144503070=Hour_charge_144503070-1;
else
L_144503070=Load(N);
Hour_charge_144503070=Hour_charge_144503070;
end
elseif Pri_144503070==0 & Hour_charge_144503070 > 0 &
C_144503070==1 & User_Connection_1(N)==1
L_144503070=Load_144503070(N);
Hour_charge_144503070=Hour_charge_144503070-1;
else
L_144503070=Load(N);
Hour_charge_144503070=Hour_charge_144503070;
end
end
% 3. Residência com VE :
if Constraints==1 % Verificando a restrição de desvio
if I_b_144502932 <= I_z_144502932 & I_b_80955_29 <= I_z_80955_29 &
I_b_80955_14 <= I_z_80955_14 & I_b_80955_10 <= I_z_80955_10 & I_b_80955_9
<= I_z_80955_9 & I_b_80955_1A <= I_z_80955_1A & I_b_80955_0A <=
I_z_80955_0A & U_144502932 >= v_min & U_144502932 <= v_max & Load_Tot <=

```

```

P_transformer
C_144502932=1; % Restrições OK
else
C_144502932=0; % Uma ou mais restrições NÃO estão ok
end
else
C_144502932=1;
end
if C_144502932==0 & User_Connection_1 == 1
Load_Tot=Load_Tot-P_charger;
end
% Prioridade:
if Pri_144502932==1 & C_144502932==1 & Hour_charge_144502932 > 0 &
User_Connection_1(N)==1
L_144502932=Load_144502932(N);
Hour_charge=Hour_charge-1;
elseif Pri_144502932==1 & C_144502932==0 & Hour_charge_144502932 > 0
L_144502932=Load(N);
end
% Minimização de perda de energia :
if Minimazation == 1
if Pri_144502932==0 & Hour_charge_144502932 > 0 & Load_Tot >=
0.8*Load_max & Load_Tot < 1.05*Load_max & ( Sort_EV(1) == Loss_144502932 |
Sort_EV(2) == Loss_144502932 | Sort_EV(3) == Loss_144502932 ) &
User_Connection_1(N)==1
L_144502932=Load_144502932(N);
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
C_144502932==1;
elseif Pri_144502932==0 & Hour_charge_144502932 > 0 & C_144502932==1 &
Load_Tot < 0.8*Load_max+(EV_in*P_charger) & User_Connection_1(N)==1;
L_144502932=Load_144502932(N);
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
else
L_144502932=Load(N);
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932;
end
elseif Pri_144502932==0 & Hour_charge_144502932 > 0 &
C_144502932==1 & User_Connection_1(N)==1
L_144502932=Load_144502932(N);
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
else
L_144502932=Load(N);
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932;
end
end
% 4. Residência com VE :
if Constraints==1 % Verificando a restrição de desvio
if I_b_144500731 <= I_z_144500731 & I_b_80955_29 <= I_z_80955_29 &
I_b_80955_14 <= I_z_80955_14 & I_b_80955_10 <= I_z_80955_10 & I_b_80955_9
<= I_z_80955_9 & I_b_80955_1A <= I_z_80955_1A & I_b_80955_0A <=
I_z_80955_0A & U_144500731 >= v_min & U_144500731 <= v_max & Load_Tot <=
P_transformer
C_144500731=1; % Restrições OK
else
C_144500731=0; % Uma ou mais restrições NÃO estão ok
end
else
C_144500731=1;
end
if C_144500731==0 & User_Connection_1 == 1
Load_Tot=Load_Tot-P_charger;
end
end

```

```

% Prioridade:
if Pri_144500731==1 & C_144500731==1 & Hour_charge_144500731 > 0 &
User_Connection_1(N)==1
L_144500731=Load_144500731(N);
Hour_charge=Hour_charge-1;
elseif Pri_144500731==1 & C_144500731==0 & Hour_charge_144500731 > 0
L_144500731=Load(N);
end
% Minimização de perda de energia :
if Minimazation == 1
if Pri_144500731==0 & Hour_charge_144500731 > 0 & Load_Tot >=
0.8*Load_max & Load_Tot < 1.05*Load_max & ( Sort_EV(1) == Loss_144500731 |
Sort_EV(2)== Loss_144500731 | Sort_EV(3) == Loss_144500731 ) &
User_Connection_1(N)==1
L_144500731=Load_144500731(N);
Hour_charge_144500731=Hour_charge_144500731-1;
C_144500731=1;
elseif Pri_144500731==0 & Hour_charge_144500731 > 0 & C_144500731==1 &
Load_Tot < 0.8*Load_max+(EV_in*P_charger) & User_Connection_1(N)==1;
L_144500731=Load_144500731(N);
Hour_charge_144500731=Hour_charge_144500731-1;
else
L_144500731=Load(N);
Hour_charge_144500731=Hour_charge_144500731;
end
elseif Pri_144500731==0 & Hour_charge_144500731 > 0 &
C_144500731==1 & User_Connection_1(N)==1
L_144500731=Load_144500731(N);
Hour_charge_144500731=Hour_charge_144500731-1;
else
L_144500731=Load(N);
Hour_charge_144500731=Hour_charge_144500731;
end
end
% 5. Residência com VE :
if Constraints==1 % Verificando a restrição de Bypass
if I_b_144500771 <= I_z_144500771 & I_b_80955_18 <= I_z_80955_18 &
I_b_80955_1 <= I_z_80955_1 & I_b_80955_0 <= I_z_80955_0 & U_144500771 >=
v_min & U_144500771 <= v_max & Load_Tot <= P_transformer
C_144500771=1; % Restrições OK
else
C_144500771=0; % Uma ou mais restrições NÃO estão ok
end
else
C_144500771=1;
end
if C_144500771==0 & User_Connection_2 == 1
Load_Tot=Load_Tot-P_charger;
end
% Prioridade:
if Pri_144500771==1 & C_144500771==1 & Hour_charge_144500771 > 0 &
User_Connection_2(N)==1
L_144500771=Load_144500771(N);
Hour_charge=Hour_charge-1;
elseif Pri_144500771==1 & C_144500771==0 & Hour_charge_144500771 > 0
L_144500771=Load(N);
end
% Minimização de perda de energia :
if Minimazation == 1
if Pri_144500771==0 & Hour_charge_144500771 > 0 & Load_Tot >=
0.8*Load_max & Load_Tot < 1.05*Load_max & ( Sort_EV(1) == Loss_144500771 |
Sort_EV(2)== Loss_144500771 | Sort_EV(3) == Loss_144500771) &

```

```

User_Connection_2(N)==1
L_144500771=Load_144500771(N);
Hour_charge_144500771=Hour_charge_144500771-1;
C_144500771=1 ;
elseif Pri_144500771==0 & Hour_charge_144500771 > 0 & C_144500771==1 &
Load_Tot < 0.8*Load_max+(EV_in*P_charger) & User_Connection_2(N)==1;
L_144500771=Load_144500771(N);
Hour_charge_144500771=Hour_charge_144500771-1;
else
L_144500771=Load(N);
Hour_charge_144500771=Hour_charge_144500771;
end
elseif Pri_144500771==0 & Hour_charge_144500771 > 0 &
C_144500771==1 & User_Connection_2(N)==1
L_144500771=Load_144500771(N);
Hour_charge_144500771=Hour_charge_144500771-1;
else
L_144500771=Load(N);
Hour_charge_144500771=Hour_charge_144500771;
end
% 6. Residência com VE :
if Constraints==1 % Verificando a restrição de desvio
if I_b_114500751 <= I_z_114500751 & I_b_80955_18 <= I_z_80955_18 &
I_b_80955_1 <= I_z_80955_1 & I_b_80955_0 <= I_z_80955_0 & U_114500751 >=
v_min & U_114500751 <= v_max & Load_Tot <= P_transformer
C_114500751=1; % Restrições OK
else
C_114500751=0; % Uma ou mais restrições NÃO estão ok
end
else
C_114500751=1;
end
if C_114500751==0 & User_Connection_2 == 1
Load_Tot=Load_Tot-P_charger;
end
% Prioridade:
if Pri_114500751==1 & C_114500751==1 & Hour_charge_114500751 > 0 &
User_Connection_2(N)==1
L_114500751=Load_114500751(N);
Hour_charge=Hour_charge-1;
elseif Pri_114500751==1 & C_114500751==0 & Hour_charge_114500751 > 0
L_114500751=Load(N);
end
% Minimização de perda de energia :
if Minimazation == 1
if Pri_114500751==0 & Hour_charge_114500751 > 0 & Load_Tot >=
0.8*Load_max & Load_Tot < 1.05*Load_max & ( Sort_EV(1) == Loss_114500751 |
Sort_EV(2) == Loss_114500751 | Sort_EV(3) == Loss_114500751) &
User_Connection_2(N)==1
L_114500751=Load_114500751(N);
Hour_charge_114500751=Hour_charge_114500751-1;
C_114500751=1;
elseif Pri_114500751==0 & Hour_charge_114500751 > 0 & C_114500751==1 &
Load_Tot < 0.8*Load_max+(EV_in*P_charger) & User_Connection_2(N)==1 ;
L_114500751=Load_114500751(N);
Hour_charge_114500751=Hour_charge_114500751-1;
else
L_114500751=Load(N);
Hour_charge_114500751=Hour_charge_114500751;
end
elseif Pri_114500751==0 & Hour_charge_114500751 > 0 &

```

```

C_114500751==1 & User_Connection_2(N)==1
L_114500751=Load_114500751(N);
Hour_charge_114500751=Hour_charge_114500751-1;
else
L_114500751=Load(N);
Hour_charge_114500751=Hour_charge_114500751;
end
% 7. Residência com VE :
if Constraints==1 % Verificando a restrição de desvio
if I_b_144500615 <= I_z_144500615 & I_b_80955_17 <= I_z_80955_17 &
I_b_80955_16 <= I_z_80955_16 & I_b_80955_1 <= I_z_80955_1 & I_b_80955_0 <=
I_z_80955_0 & U_144500615 >= v_min & U_144500615 <= v_max & Load_Tot <=
P_transformer
C_144500615=1; % Restrições OK
else
C_144500615=0; % Uma ou mais restrições NÃO estão ok
end
else
C_144500615=1;
end
if C_144500615==0 & User_Connection_3 == 1
Load_Tot=Load_Tot-P_charger;
end
% Prioridade:
if Pri_144500615==1 & C_144500615==1 & Hour_charge_144500615 > 0 &
User_Connection_3(N)==1
L_144500615=Load_144500615(N);
Hour_charge=Hour_charge-1;
elseif Pri_144500615==1 & C_144500615==0 & Hour_charge_144500615 > 0
L_144500615=Load(N);
end
% Minimização de perda de energia :
if Minimization == 1
if Pri_144500615==0 & Hour_charge_144500615 > 0 & Load_Tot >=
0.8*Load_max & Load_Tot < 1.08*Load_max & ( Sort_EV(1) == Loss_144500615 |
Sort_EV(2)== Loss_144500615| Sort_EV(3) == Loss_144500615) &
User_Connection_3(N)==1
L_144500615=Load_144500615(N);
Hour_charge_144500615=Hour_charge_144500615-1;
C_144500615=1 ;
elseif Pri_144500615==0 & Hour_charge_144500615 > 0 & C_144500615==1 &
Load_Tot < 0.8*Load_max+(EV_in*P_charger) & User_Connection_3(N)==1 ;
L_144500615=Load_144500615(N);
Hour_charge_144500615=Hour_charge_144500615-1;
else
L_144500615=Load(N);
Hour_charge_144500615=Hour_charge_144500615;
end
elseif Pri_144500615==0 & Hour_charge_144500615 > 0 &
C_144500615==1 & User_Connection_3(N)==1
L_144500615=Load_144500615(N);
Hour_charge_144500615=Hour_charge_144500615-1;
else
L_144500615=Load(N);
Hour_charge_144500615=Hour_charge_144500615;
end
end
% 8. Residência com VE :
if Constraints==1 % Verificando a restrição de Bypass
if I_b_144500741 <= I_z_144500741 & I_b_80955_17 <= I_z_80955_17 &
I_b_80955_16 <= I_z_80955_16 & I_b_80955_1 <= I_z_80955_1 & I_b_80955_0 <=
I_z_80955_0 & U_144500741 >= v_min & U_144500741 <= v_max & Load_Tot <=

```

```

P_transformer
C_144500741=1; % Restrições OK
else
C_144500741=0; % Uma ou mais restrições NÃO estão ok
end
else
C_144500741=1;
end
if C_144500741==0 & User_Connection_4 == 1
Load_Tot=Load_Tot-P_charger;
end
% Prioridade
:
if Pri_144500741==1 & C_144500741==1 & Hour_charge_144500741 > 0 &
User_Connection_4(N)==1
L_144500741=Load_144500741(N);
Hour_charge=Hour_charge-1;
elseif Pri_144500741==1 & C_144500741==0 & Hour_charge_144500741 > 0
L_144500741=Load(N);
end
% Minimização de perda de energia:
if Minimazation == 1
if Pri_144500741==0 & Hour_charge_144500741 > 0 & Load_Tot >=
0.8*Load_max & Load_Tot < 1.05*Load_max & ( Sort_EV(1) == Loss_144500741 |
Sort_EV(2) == Loss_144500741 | Sort_EV(3) == Loss_144500741 ) &
User_Connection_4(N)==1
L_144500741=Load_144500741(N);
Hour_charge_144500741=Hour_charge_144500741-1;
C_144500741=1;
elseif Pri_144500741==0 & Hour_charge_144500741 > 0 & C_144500741==1 &
Load_Tot < 0.8*Load_max+(EV_in*P_charger) & User_Connection_4(N)==1 ;
L_144500741=Load_144500741(N);
Hour_charge_144500741=Hour_charge_144500741-1;
else
L_144500741=Load(N);
Hour_charge_144500741=Hour_charge_144500741;
end
elseif Pri_144500741==0 & Hour_charge_144500741 > 0 &
C_144500741==1 & User_Connection_4(N)==1
L_144500741=Load_144500741(N);
Hour_charge_144500741=Hour_charge_144500741-1;
else
L_144500741=Load(N);
Hour_charge_144500741=Hour_charge_144500741;
end
end
% Novo poder total :
Load_Tot_Final =
L_144503089+L_144503070+L_144502932+L_144500731+L_144500771+L_114500751+L_1
44500615+L_144500741+L_144500619+L_144500621+L_144590621+L_144500781+L_1445
00761+L_144500611+L_144500625+L_144500721+L_144500617+L_144500622+L_1445007
91+L_144500711;
% SOC - Lógica de conexão
if User_Connection_1(N+1) == 1 & User_Connection_1(N) == 0
Hour_charge_144503089 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
else
Hour_charge_144503089 = Hour_charge_144503089;
end
% Para apresentação :
C_144503089_Plot(N)=C_144503089;
C_144503070_Plot(N)=C_144503070;
C_144502932_Plot(N)=C_144502932;

```

```
C_144500731_Plot(N)=C_144500731;
C_144500771_Plot(N)=C_144500771;
C_114500751_Plot(N)=C_114500751;
C_144500615_Plot(N)=C_144500615;
C_144500741_Plot(N)=C_144500741;
L_144503089_Plot(N)=L_144503089;
L_144503070_Plot(N)=L_144503070;
L_144502932_Plot(N)=L_144502932;
L_144500731_Plot(N)=L_144500731;
L_144500771_Plot(N)=L_144500771;
L_114500751_Plot(N)=L_114500751;
L_144500615_Plot(N)=L_144500615;
L_144500741_Plot(N)=L_144500741;
Load_Plot(N)=Load(N)*20;
Load_Tot_Plot(N)=Load_Tot;
Load_Tot_Final_Plot(N)=Load_Tot_Final;
Time_Plot(N)=N;
N=N+1;
end
plot(Time_Plot, L_144500741_Plot)
grid
```

APÊNDICE D – OBJETIVO 4, CENÁRIO 1

```

% Gerenciamento do lado da demanda
% Objetivo 4, Cenário 1

clc;
clear;
% Entrada:
P_charger = 3.3; % Potência de carregamento
SOC=0.6666; % Estado de carga. 21 kWh max. 7kWh usado
Max_bat=21; % Capacidade máxima da bateria [kWh]
SOC_Recom=0.8; % Estado de carga recomendado
Charge_Eff=0.93; % Eficiência de carga
Trans_Eff=0.865; % Eficiência de transporte
S_transformer = 150;
CosPhi = 0.9; % Valor externo de DIgSILENT PowerFactory
Phi = 25.8419327; % Transformador sem perdas = rede
P_transformer = S_transformer*CosPhi;
U_Transformer = 238;
v_min=207;
v_max=253;
% Perfil de carga para residência para as estações, com base horária das
% 00h00 às 00h00
Load_Summer = [0.97 0.97 0.97 0.97 0.97 0.97 1.62 3.24 3.24 0.81 0.86 0.86
0.86 0.86 0.86 0.86 3.88 3.53 2.16 2.16 2.16 1.94 1.62 1.62 0.97];
Load_Autumn = [1.58 1.58 1.58 1.58 1.58 1.58 2.97 4.45 4.45 1.58 1.58 1.58
1.58 1.58 1.58 2.97 5.93 5.93 5.93 5.08 4.45 3.95 2.97 2.97 1.58];
Load_Winter = [2.77 2.77 2.77 2.77 2.77 2.77 3.24 4.04 4.04 3.24 3.24 3.24
3.24 3.24 3.24 3.24 6.93 8.09 6.93 6.93 6.47 4.85 4.85 4.04 2.77];
Load_Spring = [1.29 1.29 1.29 1.29 1.29 1.29 1.29 2.16 2.16 1.48 1.48 1.48
1.48 1.48 1.48 1.48 4.71 4.31 3.70 3.24 2.88 2.59 2.35 2.16 1.29];
%Conexão do usuário das 00h00 às 00h00, onde 0 é desconectado e 1 conectado
User_Connection_1 = [1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1];
User_Connection_2 = [1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1];
User_Connection_3 = [1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1];
User_Connection_4 = [0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0];
Load = Load_Winter;
%Load=Load_Summer;
%Load=Load_Spring;
%Load=Load_Autumn;
% Limite de demanda das 00.00 às 00.00
Demand_limit = [6.75 6.75 6.75 6.75 6.75 5 5 4 4 4 4 5 4 4 4 4 6 6 6 6.5
6.5 6.5 6.5 6.5 6.75];
% Cargas (críticas, aquecimento e diversas): 00.00 às 00.00
Load_Crit = Load*0.35;
Load_Heat = Load*0.50;
Load_Misc = Load*0.15;
% Etiqueta de residência escolhida com VE:
% ***** 144502932 *****
% Restrições: -----
% v_min <= v_n <= v_max
% v_min=207;
% v_max=253;
% I_b <= I_z (Carregar corrente <= condutividade do cabo )
% -----
% Dados de cabo :
R_144502932= [0.0263 0.0032];
I_z_144502932=150;
% Linhas de alimentação : Z = R + jX
F_80955_0= [0.0011 0.0006];

```

```

F_80955_0A= [0.0010 0.0006];
F_80955_5= [0.0199 0.0024];
F_80955_16= [0.0314 0.0074];
F_80955_17= [0.0600 0.0041];
F_80955_19= [0.0244 0.0029];
F_80955_22= [0.0853 0.0102];
F_80955_23= [0.0444 0.0030];
F_80955_A1= [0.0036 0.0002];
F_80955_24= [0.0552 0.0038];
F_80955_26= [0.1032 0.0071];
F_80955_18= [0.2124 0.0145];
F_80955_1= [0.0096 0.0023];
F_80955_1A= [0.0096 0.0023];
F_80955_9= [0.0493 0.0117];
F_80955_10= [0.0122 0.0029];
F_80955_14= [0.1308 0.0157];
F_80955_29= [0.0224 0.0027];
F_80955_4= [0.0769 0.0092];
TOT_144502932= F_80955_29 + F_80955_14 + F_80955_10 + F_80955_9 +
F_80955_1A + F_80955_0A + R_144502932;
% Valores iniciais :
L_init_144502932=Load+(User_Connection_1*P_charger);
L_144502932=L_init_144502932;
Load_144502932=L_init_144502932;
U_init=230;
U_144502932=U_init;
EV_power=(1-SOC)*Max_bat/Trans_Eff;
Hour_charge_init=EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
Hour_charge_144502932=Hour_charge_init;
I_b_144502932_init = (1000 * L_144502932(1)) / (U_144502932 * CosPhi*
sqrt(3));
I_b_144502932=I_b_144502932_init;
% Lógica de conexão
Add_Misc_init=0;
Add_Misc=Add_Misc_init;
Tot_Misc_init=0;
Tot_Misc=Tot_Misc_init;
Add_Heat_init=0;
Add_Heat=Add_Heat_init;
Tot_Heat_init=0;
Tot_Heat=Tot_Heat_init;
Load_EV_init=0;
Load_EV=Load_EV_init;
% Calcular as restrições :
% Se o valor máximo do limite de demanda criar sobrecorrente ou tensão,
% o loop while não funcionará.
M=max(Demand_limit);
% Restrições de cálculos baseados em horas :
I_b_144502932 = (1000 * M) / (U_144502932 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144502932 = sqrt(3)*(TOT_144502932(1)*I_b_144502932*cosd(Phi) +
TOT_144502932(2)*I_b_144502932*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144502932 = U_Transformer - D_144502932;
% Perda causada por residência + VE
Loss_144502932=I_b_144502932.^2*TOT_144502932(1)+I_b_144502932.^2*TOT_14450
2932(2);
% 3. Residência com VE:
if I_b_144502932 <= I_z_144502932 & U_144502932 >= v_min & U_144502932 <=
v_max C_144502932=1; % Constraints OK
else

```

```

C_144502932=0; % Uma ou mais restrições NÃO estão ok
end
C_144502932=1;
if C_144502932==1
N=1;
elseif C_144502932==0
N=0; % Loop não funciona !
end
while N<25
% atualização
% Use cargas máximas desejadas dentro do limite de demanda.
% Estado de carga - Lógica de conexão (na parte inferior)
%if User_Connection_1(N+1) == 1 & User_Connection_1(N) == 0
% Hour_charge_144502932 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
%else Hour_charge_144502932 = Hour_charge_144502932;
%fim
% Lógica de conexão deslocada
if Tot_Misc > 0
Load_Misc_new=Tot_Misc+Load_Misc(N);
else Load_Misc_new=Load_Misc(N);
end
if Tot_Heat > 0
Load_Heat_new=Tot_Heat+Load_Heat(N);
else Load_Heat_new=Load_Heat(N);
end
% Devido ao conforto, o aquecimento adiado será priorizado:
% Critérios: VE terá uma hora de carga antes do aquecimento
if Load_Heat_new > Demand_limit(N) & Load_EV==1;
Load_Heat_new=Demand_limit(N)-Load_Crit(N);
L_144502932 = Load_Heat_new + Load_Crit(N) ;
Add_Heat=Load_Crit(N) ;
Add_Misc=[Tot_Misc Load_Misc(N)];
Load_EX=1; % Carga especificada executada
NULL=0;
elseif Load_Misc_new > Demand_limit(N) & Load_EV==1;
Load_Misc_new=Demand_limit(N) - Load_Crit(N);
L_144502932=Load_Crit(N)+Load_Misc_new;
Add_Misc=0;
Load_EX=1; % Carga especificada executada
NULL=1;
% Todas normais + todas as cargas deslocadas + carregamento EV :
elseif Hour_charge_144502932 > 0 & Load_Misc_new + Load_Heat_new +
Load_Crit(N) + P_charger < Demand_limit(N) & User_Connection_1(N) == 1
L_144502932=Load_Misc_new + Load_Heat_new + Load_Crit(N) + P_charger;
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
Add_Misc=0;
Add_Heat=0;
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=1;
EN=1;
% Cargas normais + apenas de aquecimento deslocado + VE
elseif Hour_charge_144502932 > 0 & Load_Misc(N) + Load_Heat_new +
Load_Crit(N) + P_charger < Demand_limit(N) & User_Connection_1(N)==1
L_144502932=Load_Misc(N) + Load_Heat_new + Load_Crit(N) + P_charger;
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
Add_Heat=0;
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=1;
TO=2;
% Todas as cargas normais (sem deslocamento) + EV

```

```

elseif Hour_charge_144502932 > 0 & Load_Misc(N) + Load_Heat(N) +
Load_Crit(N) + P_charger < Demand_limit(N) & User_Connection_1(N)==1
L_144502932=Load_Misc(N) + Load_Heat(N) + Load_Crit(N) + P_charger;
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=1;
TRE=3;
% Crit, calor + carga EV: (2/3 cargas normais)
% Deslocado + calor normal + VE
elseif Hour_charge_144502932 > 0 & Load_Crit(N)+ Load_Heat_new + P_charger
< Demand_limit(N) & User_Connection_1(N)==1 L_144502932=
Load_Crit(N)+Load_Heat_new+ P_charger;
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
Add_Heat=0;
EV_144502932=1;
Add_Misc=[Tot_Misc Load_Misc(N)];
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=1;
FIRE=4;
% Calor normal + crit + VE
elseif Hour_charge_144502932 > 0 & Load_Crit(N)+ Load_Heat(N) + P_charger
< Demand_limit(N) & User_Connection_1(N)==1 L_144502932=
Load_Crit(N)+Load_Heat(N)+ P_charger;
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=1;
FEM=5;
% Crit + Diversas + diversas deslocado + VE
elseif Hour_charge_144502932 > 0 & Load_Crit(N) + Load_Misc_new +
P_charger < Demand_limit(N) & User_Connection_1(N)==1 L_144502932=
Load_Crit(N)+ Load_Misc_new + P_charger;
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
Add_Misc=0;
Add_Heat=[Tot_Heat Load_Heat(N)];
Load_EV=1;
Load_EX=1; % Carga especificada executada
SEKS=6;
% Crit + Diversas + VE (para maximizar a carga, se possível )
elseif Hour_charge_144502932 > 0 & Load_Crit(N) + Load_Misc(N) + P_charger
< Demand_limit(N) & User_Connection_1(N)==1 L_144502932= Load_Crit(N)+
Load_Misc(N) + P_charger;
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
Add_Heat=[Tot_Heat Load_Heat(N)];
Load_EV=1;
Load_EX=1; % Carga especificada executada
SYV=7;
% Carregamento crítico + VE
elseif Hour_charge_144502932 > 0 & Load_Crit(N) + P_charger <
Demand_limit(N) & User_Connection_1(N)==1 L_144502932= Load_Crit(N)+
P_charger;
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
Add_Misc=[Tot_Misc Load_Misc(N)];
Add_Heat=[Tot_Heat Load_Heat(N)];
Load_EV=1;
Load_EX=1; % Carga especificada executada
OTTE=8;
% ----- Sem VE -----
% Todas as cargas normais + todas deslocadas
elseif Hour_charge_144502932 < 0 & Load_Misc_new + Load_Heat_new +
Load_Crit(N) < Demand_limit(N) L_144502932=Load_Misc_new + Load_Heat_new +
Load_Crit(N);
Add_Misc=0;

```

```

Add_Heat=0;
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=0;
NI=9;
% Cargas normais + apenas de aquecimento alterado
elseif Hour_charge_144502932 < 0 & Load_Misc(N) + Load_Heat_new +
Load_Crit(N) < Demand_limit(N) L_144502932=Load_Misc(N) + Load_Heat_new +
Load_Crit(N);
Add_Heat=0;
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=0;
TI=10;
% Todas as cargas normais (sem deslocamento)
elseif Hour_charge_144502932 < 0 & Load_Misc(N) + Load_Heat(N) +
Load_Crit(N) < Demand_limit(N) L_144502932=Load_Misc(N) + Load_Heat(N) +
Load_Crit(N);
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=0;
ELLEVE=11;
% Crit, aquecimento
% deslocado + aquecimento normal
elseif Hour_charge_144502932 < 0 & Load_Crit(N)+ Load_Heat_new <
Demand_limit(N) L_144502932= Load_Crit(N)+Load_Heat_new;
Add_Heat=0;
Add_Misc=[Tot_Misc Load_Misc(N)];
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=0;
TOLV=12;
% Apenas crit + aquecimento comum
elseif Hour_charge_144502932 < 0 & Load_Crit(N)+ Load_Heat(N) <
Demand_limit(N) L_144502932= Load_Crit(N)+Load_Heat(N);
Add_Misc=[Tot_Misc Load_Misc(N)];
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=0;
TRETEN=13;
% Crit + Diversas + diversas deslocadas + VE
elseif Hour_charge_144502932 < 0 & Load_Crit(N) + Load_Misc_new <
Demand_limit(N) L_144502932= Load_Crit(N)+ Load_Misc_new;
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
Add_Misc=0;
Add_Heat=[Tot_Heat Load_Heat(N)];
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=0;
FJORTEN=14;
% Crit + Diversas + VE
elseif Hour_charge_144502932 < 0 & Load_Crit(N) + Load_Misc(N) <
Demand_limit(N) L_144502932= Load_Crit(N)+ Load_Misc(N);
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
Add_Heat=[Tot_Heat Load_Heat(N)];
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=0;
FEMTEN=15;
% Crit
elseif Hour_charge_144502932 > 0 & Load_Crit(N) < Demand_limit(N)
L_144502932= Load_Crit(N);
Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
Add_Misc=[Tot_Misc Load_Misc(N)];
Add_Heat=[Tot_Heat Load_Heat(N)];
Load_EX=1; % Carga especificada executada
Load_EV=0;
SEKSTEN=16;

```

```

end
% Soma diversos e calor
Tot_Misc=sum(Add_Misc);
Tot_Heat=sum(Add_Heat);
% Maximize para atingir o limite de demanda :
if L_144502932<Demand_limit(N) & Tot_Heat > Demand_limit(N)-L_144502932 &
Tot_Heat > Tot_Misc Load_Heat_max=Demand_limit(N)- L_144502932;
Add_Heat=Tot_Heat-Load_Heat_max;
L_144502932=Demand_limit(N);
SYTTEN=17;
elseif L_144502932<Demand_limit(N) & Tot_Misc > Demand_limit(N)-
L_144502932 Load_Misc_new=Demand_limit(N)-L_144502932;
Add_Misc=Tot_Misc-Load_Misc_new;
L_144502932 = Demand_limit(N) ;
ATTEN=18;
end
% Soma diversas e aquecimento até a próxima hora
Tot_Misc=sum(Add_Misc);
Tot_Heat=sum(Add_Heat);

% Estado de carga - Lógica de conexão
if User_Connection_1(N+1) == 1 & User_Connection_1(N) == 0
Hour_charge_144502932 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff);
else Hour_charge_144502932 = Hour_charge_144502932;
end
N=N+1;
end

```



```

F_80955_14= [0.1308 0.0157];
F_80955_29= [0.0224 0.0027];
F_80955_4= [0.0769 0.0092];
TOT_144502932= F_80955_29 + F_80955_14 + F_80955_10 + F_80955_9 +
F_80955_1A + F_80955_0A + R_144502932;
% Valores iniciais :
L_init_144502932=Load+(User_Connection_1(1)*P_charger);
L_144502932=L_init_144502932;
Load_144502932=L_init_144502932;
U_init=230;
U_144502932=U_init;
% Tempo de carregamento baseado em minutos:
EV_power=(1-SOC)*Max_bat/Trans_Eff;
Hour_charge_init=EV_power/(P_charger*Charge_Eff)*60;
Hour_charge_144502932=Hour_charge_init;
I_b_144502932_init = (1000 * L_144502932) / (U_144502932 * CosPhi*
sqrt(3));
I_b_144502932=I_b_144502932_init;
N=1;
while N<1441 % 24 Horas * 60 minutos
% Mudança de apenas VE
% -----
% Períodos lógicos de 15 minutos em 1 minuto :
if N<16
    Load_Residence=Load(1);
    Demand_limit=Demand_Limit(1);
elseif N<31
    Load_Residence=Load(2);
    Demand_limit=Demand_Limit(2);
elseif N<46
    Load_Residence=Load(3);
    Demand_limit=Demand_Limit(3);
elseif N<61
    Load_Residence=Load(4);
    Demand_limit=Demand_Limit(4);
elseif N<76
    Load_Residence=Load(5);
    Demand_limit=Demand_Limit(5);
elseif N<91
    Load_Residence=Load(6);
    Demand_limit=Demand_Limit(6);
elseif N<106
    Load_Residence=Load(7);
    Demand_limit=Demand_Limit(7);
elseif N<121
    Load_Residence=Load(8);
    Demand_limit=Demand_Limit(8);
elseif N<136
    Load_Residence=Load(9);
    Demand_limit=Demand_Limit(9);
elseif N<151
    Load_Residence=Load(10);
    Demand_limit=Demand_Limit(10);
elseif N<166
    Load_Residence=Load(11);
    Demand_limit=Demand_Limit(11);
elseif N<181
    Load_Residence=Load(12);
    Demand_limit=Demand_Limit(12);
elseif N<196
    Load_Residence=Load(13);

```

```
Demand_limit=Demand_Limit(13);
elseif N<211
Load_Residence=Load(14);
Demand_limit=Demand_Limit(14);
elseif N<226
Load_Residence=Load(15);
Demand_limit=Demand_Limit(15);
elseif N<241
Load_Residence=Load(16);
Demand_limit=Demand_Limit(16);
elseif N<256
Load_Residence=Load(17);
Demand_limit=Demand_Limit(17);
elseif N<271
Load_Residence=Load(18);
Demand_limit=Demand_Limit(18);
elseif N<286
Load_Residence=Load(19);
Demand_limit=Demand_Limit(19);
elseif N<301
Load_Residence=Load(20);
Demand_limit=Demand_Limit(20);
elseif N<316
Load_Residence=Load(21);
Demand_limit=Demand_Limit(21);
elseif N<331
Load_Residence=Load(22);
Demand_limit=Demand_Limit(22);
elseif N<346
Load_Residence=Load(23);
Demand_limit=Demand_Limit(23);
elseif N<361
Load_Residence=Load(24);
Demand_limit=Demand_Limit(24);
elseif N<376
Load_Residence=Load(25);
Demand_limit=Demand_Limit(25);
elseif N<391
    Load_Residence=Load(26);
Demand_limit=Demand_Limit(26);
elseif N<406
Load_Residence=Load(27);
Demand_limit=Demand_Limit(27);
elseif N<421
Load_Residence=Load(28);
Demand_limit=Demand_Limit(28);
elseif N<436
Load_Residence=Load(29);
Demand_limit=Demand_Limit(29);
elseif N<451
Load_Residence=Load(30);
Demand_limit=Demand_Limit(30);
elseif N<466
Load_Residence=Load(31);
Demand_limit=Demand_Limit(31);
elseif N<481
Load_Residence=Load(32);
Demand_limit=Demand_Limit(32);
elseif N<496
Load_Residence=Load(33);
Demand_limit=Demand_Limit(33);
```

```
elseif N<511
Load_Residence=Load(34);
Demand_limit=Demand_Limit(34);
elseif N<526
Load_Residence=Load(35);
Demand_limit=Demand_Limit(35);
elseif N<541
Load_Residence=Load(36);
Demand_limit=Demand_Limit(36);
elseif N<556
Load_Residence=Load(37);
Demand_limit=Demand_Limit(37);
elseif N<571
Load_Residence=Load(38);
Demand_limit=Demand_Limit(38);
elseif N<586
Load_Residence=Load(39);
Demand_limit=Demand_Limit(39);
elseif N<601
Load_Residence=Load(40);
Demand_limit=Demand_Limit(40);
elseif N<616
Load_Residence=Load(41);
Demand_limit=Demand_Limit(41);
elseif N<631
Load_Residence=Load(42);
Demand_limit=Demand_Limit(42);
elseif N<646
Load_Residence=Load(43);
Demand_limit=Demand_Limit(43);
elseif N<661
Load_Residence=Load(44);
Demand_limit=Demand_Limit(44);
elseif N<676
Load_Residence=Load(45);
Demand_limit=Demand_Limit(45);
elseif N<691
Load_Residence=Load(46);
Demand_limit=Demand_Limit(46);
elseif N<706
Load_Residence=Load(47);
Demand_limit=Demand_Limit(47);
elseif N<721
Load_Residence=Load(48);
Demand_limit=Demand_Limit(48);
elseif N<736
Load_Residence=Load(49);
Demand_limit=Demand_Limit(49);
elseif N<751
Load_Residence=Load(50);
Demand_limit=Demand_Limit(50);
elseif N<766
Load_Residence=Load(51);
Demand_limit=Demand_Limit(51);
elseif N<781
Load_Residence=Load(52);
Demand_limit=Demand_Limit(52);
elseif N<796
Load_Residence=Load(53);
Demand_limit=Demand_Limit(53);
elseif N<811
```

```
Load_Residence=Load(54);
Demand_limit=Demand_Limit(54);
elseif N<826
Load_Residence=Load(55);
Demand_limit=Demand_Limit(55);
elseif N<841
Load_Residence=Load(56);
Demand_limit=Demand_Limit(56);
elseif N<856
Load_Residence=Load(57);
Demand_limit=Demand_Limit(57);
elseif N<871
Load_Residence=Load(58);
Demand_limit=Demand_Limit(58);
elseif N<886
Load_Residence=Load(59);
Demand_limit=Demand_Limit(59);
elseif N<901
Load_Residence=Load(60);
Demand_limit=Demand_Limit(60);
elseif N<916
Load_Residence=Load(61);
Demand_limit=Demand_Limit(61);
elseif N<931
Load_Residence=Load(62);
Demand_limit=Demand_Limit(62);
elseif N<946
Load_Residence=Load(63);
Demand_limit=Demand_Limit(63);
elseif N<961
Load_Residence=Load(64);
Demand_limit=Demand_Limit(64);
elseif N<976
Load_Residence=Load(65);
Demand_limit=Demand_Limit(65);
elseif N<991
Load_Residence=Load(66);
Demand_limit=Demand_Limit(66);
elseif N<1006
Load_Residence=Load(67);
Demand_limit=Demand_Limit(67);
elseif N<1021
Load_Residence=Load(68);
Demand_limit=Demand_Limit(68);
elseif N<1036
Load_Residence=Load(69);
Demand_limit=Demand_Limit(69);
elseif N<1051
Load_Residence=Load(70);
Demand_limit=Demand_Limit(70);
elseif N<1066
Load_Residence=Load(71);
Demand_limit=Demand_Limit(71);
elseif N<1081
Load_Residence=Load(72);
Demand_limit=Demand_Limit(72);
elseif N<1096
Load_Residence=Load(73);
Demand_limit=Demand_Limit(73);
elseif N<1111
Load_Residence=Load(74);
```

```
Demand_limit=Demand_Limit(74);
elseif N<1126
Load_Residence=Load(75);
Demand_limit=Demand_Limit(75);
elseif N<1141
Load_Residence=Load(76);
Demand_limit=Demand_Limit(76);
elseif N<1156
Load_Residence=Load(77);
Demand_limit=Demand_Limit(77);
elseif N<1171
Load_Residence=Load(78);
Demand_limit=Demand_Limit(78);
elseif N<1186
Load_Residence=Load(79);
Demand_limit=Demand_Limit(79);
elseif N<1201
Load_Residence=Load(80);
Demand_limit=Demand_Limit(80);
elseif N<1216
Load_Residence=Load(81);
Demand_limit=Demand_Limit(81);
elseif N<1231
Load_Residence=Load(82);
Demand_limit=Demand_Limit(82);
elseif N<1246
Load_Residence=Load(83);
Demand_limit=Demand_Limit(83);
elseif N<1261
Load_Residence=Load(84);
Demand_limit=Demand_Limit(84);
elseif N<1276
Load_Residence=Load(85);
Demand_limit=Demand_Limit(85);
elseif N<1291
Load_Residence=Load(86);
Demand_limit=Demand_Limit(86);
elseif N<1306
    Load_Residence=Load(87);
Demand_limit=Demand_Limit(87);
elseif N<1321
Load_Residence=Load(88);
Demand_limit=Demand_Limit(88);
elseif N<1336
Load_Residence=Load(89);
Demand_limit=Demand_Limit(89);
elseif N<1351
Load_Residence=Load(90);
Demand_limit=Demand_Limit(90);
elseif N<1366
Load_Residence=Load(91);
Demand_limit=Demand_Limit(91);
elseif N<1381
Load_Residence=Load(92);
Demand_limit=Demand_Limit(92);
elseif N<1396
Load_Residence=Load(93);
Demand_limit=Demand_Limit(93);
elseif N<1411
Load_Residence=Load(94);
Demand_limit=Demand_Limit(94);
```

```

elseif N<1426
Load_Residence=Load(95);
Demand_limit=Demand_Limit(95);
elseif N<1441
Load_Residence=Load(96);
Demand_limit=Demand_Limit(96);
end
% Restrições de cálculos de base de minuto :
if User_Connection_1(N)==1
Load_tot=Load_Residence+P_charger;
elseif User_Connection_1(N)==0
Load_tot=Load_Residence;
end
I_b_144502932 = (1000 * Load_tot) / (U_144502932 * CosPhi* sqrt(3));
% Tensão delta :
D_144502932 = sqrt(3)*(TOT_144502932(1)*I_b_144502932*cosd(Phi) +
TOT_144502932(2)*I_b_144502932*sind(Phi));
% Tensão na residência :
U_144502932 = U_Transformer - D_144502932;
% Perda causada por residência + VE
Loss_144502932=I_b_144502932.^2*TOT_144502932(1)+I_b_144502932.^2*TOT_14450
2932(2);
if User_Connection_1(N)==1 & Hour_charge_144502932 > 0 & I_b_144502932 <=
I_z_144502932 & U_144502932 >= v_min & U_144502932 <= v_max &
Demand_limit>Load_tot Hour_charge_144502932=Hour_charge_144502932-1;
L_144502932=Load_tot;
EV_charge=1;
else L_144502932=Load_Residence;
EV_charge=0;
end
if User_Connection_1(N)==1 & Hour_charge_144502932 > 0
EV_charge_wish=Load_Residence+P_charger;
EV_charge_org=1;
else
EV_charge_org=0;
end

% Estado da carga - Lógica de conexão
if User_Connection_1(N+1) == 1 & User_Connection_1(N) == 0
Hour_charge_144502932 = EV_power/(P_charger*Charge_Eff)*60;
else Hour_charge_144502932 = Hour_charge_144502932;
end
Demand_limit;
Time_Plot(N)=N;
Load_Plot(N)=Load_Residence;
EV_charge_Plot(N)=EV_charge;
EV_charge_org_Plot(N)=EV_charge_org;
L_144502932_Plot(N)=L_144502932;
Demand_limit_Plot(N)=Demand_limit;
EV_charge_wish_Plot(N)=EV_charge_wish;
User_Connection_1_Plot(N)=User_Connection_1(N);
N=N+1;
end
plot(Time_Plot, Load_Plot, 'r', 'LineWidth', 2)
hold on
plot(Time_Plot, L_144502932_Plot)
hold on
plot(Time_Plot, Demand_limit_Plot, 'g')
grid
%plot(Time_Plot, EV_charge_Plot, 'r')
%hold on

```

```
%plot(Time_Plot, User_Connection_1_Plot)  
grid
```