

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA**

**Diogo Soares Resende**

**Método para Otimização Múltipla e Combinada de Recursos em Sistemas  
de Distribuição**

**Juiz De Fora  
2023**

**Diogo Soares Resende**

**Método para Otimização Múltipla e Combinada de Recursos em Sistemas de Distribuição**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, área de Sistemas de Energia, da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Leandro Ramos de Araujo, D. Sc.  
Coorientadora: Profa. Débora Rosana Ribeiro Penido Araujo, D. Sc.

**Juiz de Fora  
2023**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Resende, Diogo Soares.

Método para Otimização Múltipla e Combinada de Recursos em Sistemas de Distribuição / Diogo Soares Resende. -- 2023. 213 p. : il.

Orientador: Leandro Ramos de Araujo

Coorientadora: Debora Rosana Ribeiro Penido

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2023.

1. Otimização. 2. Distribuição de Energia Elétrica. 3. Reconfiguração. 4. Dispositivos Volt-var. 5. Algoritmos Genéticos. I. Araujo, Leandro Ramos de, orient. II. Penido, Debora Rosana Ribeiro, coorient. III. Título.

**Diogo Soares Resende**

**Método para otimização múltipla e combinada de recursos em sistemas de distribuição**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Elétrica. Área de concentração: Sistemas de Energia Elétrica.

Aprovada em 26 de abril de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Leandro Ramos de Araujo** - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Profa. Dra. Débora Rosana Ribeiro Penido Araujo** - Coorientadora

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Prof. Dr. Vitor Hugo Ferreira**

Universidade Federal Fluminense

**Prof. Dr. Jorge Javier Gimenez Ledesma**

Universidade Federal da Integração Latino-Americana

**Prof. Dr. Vander Menengoy da Costa**

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Prof. Dr. Igor Delgado de Melo**  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora, 05/04/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Leandro Ramos de Araujo, Professor(a)**, em 27/04/2023, às 14:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Debora Rosana Ribeiro Penido Araujo, Professor(a)**, em 27/04/2023, às 14:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JORGE JAVIER GIMENEZ LEDESMA, Usuário Externo**, em 27/04/2023, às 18:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Igor Delgado de Melo, Professor(a)**, em 27/04/2023, às 19:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vander Menengoy da Costa, Professor(a)**, em 28/04/2023, às 09:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vitor Hugo Ferreira, Usuário Externo**, em 28/04/2023, às 11:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1223092** e o código CRC **EFCA6884**.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço meus orientadores pelo apoio, instrução e pelos puxões de orelha que muito contribuíram para este trabalho, além das conversas que muitas vezes pareciam perder o foco, mas que dias depois se transformavam em *insights* e que definiram como muito do que é aqui apresentado foi desenvolvido. Agradeço também ao PPEE e à UFJF por todos os anos de formação de excelência que me proporcionaram.

Agradeço meus pais, Neusa e Belchior essencialmente por tudo, mas especialmente pela compreensão quando o foco se foi, quando o futuro parecia não reservar nada de melhor e também pelas lágrimas derramadas que demonstram orgulho por onde cheguei. Agradeço minha irmã, Ana Cláudia e também Rodolfo, Hugo e Cabeçudinho, por muitas vezes deixarem mais leve a vida. Agradeço também minha esposa Fernanda por todo o apoio, amor, compreensão e pelas incontáveis tentativas de ajuda no dimensionamento de hastes para o controle da fissão em um reator nuclear que este trabalho descreve. Tesla também, porque ele sabe que é gente.

Agradeço meus amigos André, Bráulio, João Paulo e Mariana por todo o apoio, discussões técnicas e também não técnicas que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Não adianta tentar fazer um burro entender, mas provar por A + “Você conferiu se converge?” que ele escolheu as disciplinas erradas faz o mesmo efeito.

Agradeço os amigos do barracão, especialmente Assis e Márcia, que muito me ajudaram a entender planilhas de medição, custos de insumos e serviços e que cada detalhe é importante. Agradeço também o amigo Marcelo, por toda a ajuda no entendimento de projetos, padrões técnicos de construção e que mesmo com tanto detalhamento ainda existe empreiteira querendo inventar aditivo para algo que já está sendo pago. E fiscal querendo pagar menos.

Por fim, agradeço aos amigos do IFG Campus Itumbiara pelo apoio e especialmente pela compreensão nos últimos meses, quando a semana não tinha horas suficientes para tudo que precisava ser feito, o que me permitiu até chegar neste ponto e digitar as últimas palavras deste trabalho, 15 minutos atrasado para estar na coordenação.

Três, duas, uma...

“Science is but a perversion of itself unless it has as its ultimate goal the betterment of humanity.”

Nikola Tesla

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma abordagem para a otimização conjunta de recursos aplicada a sistemas elétricos de distribuição trifásicos e desequilibrados, com foco na reconfiguração de alimentadores; alocação e dimensionamento de bancos de capacitores fixos; e alocação, dimensionamento e ajuste de reguladores de tensão. O modelo utiliza a modelagem e simulação dos sistemas mediante a utilização do OpenDSS e posterior tratamento dos dados com a utilização do MATLAB®. O trabalho inova por realizar a otimização dos três problemas em um único método, utilizando para isso duas técnicas de otimização distintas, mais adequadas a cada um dos dois subproblemas considerados. Além disso, considera objetivos mais adequados à realidade das distribuidoras de energia do que é comumente visto na literatura, adotando para isso uma modelagem de custos compatível com a realidade do setor, sendo útil para engenheiros de planejamento por permitir a obtenção de soluções construtiva, técnica e financeiramente viáveis para a aplicação pelas distribuidoras de energia em seus sistemas. A primeira fase do método, baseada em um algoritmo modificado de *Branch and Bound*, é responsável pela solução do problema de reconfiguração, sendo obtidas múltiplas configurações de rede possíveis a serem utilizadas na segunda fase de otimização, a qual é baseada em um Algoritmo Genético modificado e responsável pela alocação de capacitores e reguladores de tensão. Neste sentido, diferentes alternativas de rede fornecidas pelo primeiro processo de otimização são analisadas pelo segundo processo sem a convergência para situações com uma única ou reduzidas configurações de rede possíveis. Ambos os problemas possuem funções objetivo ligeiramente distintas, sendo nas duas situações buscada a maximização da rentabilidade do alimentador mediante a comercialização de energia elétrica e com a realização de investimentos para a instalação de equipamentos visando a melhoria das características de operação da rede. Com o objetivo de reduzir a subjetividade, comum à realização de estudos do tipo, são utilizados custos de energia e equipamentos reais padronizados para a utilização na área de atuação de empresas do setor, o que inclui uma modelagem detalhada da composição de custos em função de diferentes potências e números de fases. Por fim, também são propostas por este trabalho técnicas que visam à otimização da utilização dos recursos temporais e computacionais para a realização dos estudos, permitindo ao método a simulação de diferentes sistemas de modo a extrair resultados de interesse ainda que com hardware ou tempo reduzidos.

**Palavras-chave:** Otimização. Distribuição de Energia Elétrica. Reconfiguração. Dispositivos Volt-var. Algoritmos Genéticos.



## ABSTRACT

This work presents an approach to the joint optimization of resources applied to three-phase and unbalanced electrical distribution systems, focusing on the reconfiguration of feeders; allocation and sizing of fixed capacitor banks; and allocation, sizing and adjustment of voltage regulators. The model uses the modeling and simulation of the systems through the use of OpenDSS and subsequent data processing with the use of MATLAB<sup>®</sup>. The work innovates by performing the optimization of the three problems in a single method, using for this two distinct optimization techniques, more appropriate to each of the two subproblems considered. In addition, it considers objectives more appropriate to the reality of energy distributors than is commonly seen in the literature, adopting for this a cost modeling compatible with the reality of the sector, allowing the obtainment of constructive, technical and financially viable solutions for the application by energy distributors in their systems. The first of the phases, based on a modified Branch and Bound algorithm, is responsible for solving the reconfiguration problem, obtaining multiple possible network configurations to be used in the second optimization phase, based on a modified Genetic Algorithm and responsible for the allocation of capacitors and voltage regulators. In this sense, different network alternatives provided by the first optimization process are analyzed by the second process without convergence for situations with a single or reduced possible network configurations. Both problems have slightly different objective functions, and in both situations it is sought to maximize the profitability of the feeder through the commercialization of electricity and with the realization of investments for the installation of equipment aimed at improving the operating characteristics of the network. In order to reduce subjectivity, common to conducting studies of this type, energy costs and standardized real equipment for use in the area of operation of utilities, which includes a detailed modeling of the composition of costs as a function of different powers and numbers of phases. Finally, techniques are also proposed by this work that aim to optimize the use of temporal and computational resources for the realization of studies, allowing the method to simulate different systems in order to extract results of interest even with reduced hardware or time.

**Keywords:** Optimization. Electric power distribution. Reconfiguration. Volt-var devices. Genetic Algorithm.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Alteração no estado das chaves em função da carga .....	41
Figura 2.2 – Compensações simétrica e assimétrica de potência reativa.....	43
Figura 2.3 – Compensações de potência reativa para o sistema .....	44
Figura 2.4 – Manutenção da tensão entre limites de 0,90 pu e 1,10 pu garantida pela atuação do regulador .....	45
Figura 2.5 – Circuito (a) do regulador de tensão e (b) do circuito de controle. ....	46
Figura 2.6 – Faixas de tensão definidas pelo PRODIST.....	47
Figura 2.7 – Gráficos gerados pelo OpenDSS.....	49
Figura 2.8 – Sistema com alocação de equipamentos.....	50
Figura 2.9 – Explosão combinatorial e percentual de soluções viáveis do problema de reconfiguração.....	52
Figura 2.10 – Região com alteração na densidade de carga dentro do horizonte de planejamento. ....	54
Figura 2.11 – Balanço financeiro da operação de compra e venda de energia .....	56
Figura 2.12 – Amostras ordenadas de desequilíbrio de tensão em uma das barras do sistema	58
Figura 2.13 – Evolução financeira dos investimentos no sistema de distribuição. ....	59
Figura 3.1 – Penalizações por (a) desvio de tensão, (b) violação de limite de corrente e (c) desequilíbrio de tensão. ....	66
Figura 3.2 – Estruturas para a instalação de banco de capacitores no circuito primário de distribuição.....	68
Figura 3.3 – Comparação entre custo linear e custo com três componentes.....	68
Figura 3.4 – Configuração de rede e distribuição de chaves.....	71
Figura 3.5 – Grafos com diferentes configurações. ....	72
Figura 3.6 – Poda da árvore de soluções. ....	74
Figura 3.7 – Mudança de galho após a verificação completa do anterior. ....	76
Figura 3.8 – Fases do processo de otimização combinada. ....	77
Figura 3.9 – Curvas de carga horárias utilizadas nas fases 2.2 e 2.3. ....	79
Figura 3.10 – Fluxograma completo do método.....	80
Figura 3.11 – Fluxograma parcial para os cálculos iniciais.....	81
Figura 3.12 – Fluxograma parcial para a etapa de reconfiguração. ....	82
Figura 3.13 – Sistema com múltiplas combinações de chaves. ....	83

Figura 3.14 – Formação do indivíduo tratado pelo AG contendo genes para cada tipo de equipamento.....	84
Figura 3.15 – Fluxograma parcial para a etapa de inicialização de equipamentos para o AG.	85
Figura 3.16 – Perfil de tensão gerado pelo OpenDSS para o cenário de maior carregamento.	86
Figura 3.17 – Mudança do ponto de violação de tensão após a inclusão de regulador.....	87
Figura 3.18 – Impacto da instalação de banco de capacitores em diferentes posições dentro do cluster.....	89
Figura 3.19 – Fluxograma parcial para a etapa de otimização conjunta de reguladores de tensão e capacitores.....	91
Figura 3.20 – Probabilidade de ocorrência de determinado número de mutações por indivíduo por geração.....	94
Figura 3.21 – Cruzamento de cromossomos relacionados aos capacitores.....	95
Figura 3.22 – Cruzamento de cromossomos relacionados aos reguladores de tensão.....	95
Figura 3.23 – Possíveis mutações de genes relacionados a capacitores e reguladores de tensão.....	96
Figura 4.1 – Sistema IEEE 123 Barras.....	99
Figura 4.2 – Sistema IEEE 8500 Nós.....	100
Figura 4.3 – Sistema teste IEEE 8500.original após a aplicação de fator de carga de a) 1,055 e b) 1,060.....	101
Figura 4.4 – Aptidão para (a) as soluções obtidas em cada configuração do sistema teste IEEE 123 barras, com (b) destaque para as três melhores soluções.....	103
Figura 4.5 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 considerando uma configuração de rede.....	105
Figura 4.6 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados pelo método considerando a melhor solução de reconfiguração.....	105
Figura 4.7 – Perfil de tensão com carga pesada nas barras do sistema IEEE 123 barras considerando a melhor solução de reconfiguração.....	106
Figura 4.8 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 123 barras em função de valores decrescentes da curva de carga considerando uma solução de reconfiguração.....	106
Figura 4.9 – Diferentes configurações de rede para o sistema IEEE 123 barras adotando a configuração base.....	107
Figura 4.10 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras considerando seis configurações de rede utilizando o critério de intensidade de busca.....	108

Figura 4.11 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras considerando a otimização de seis configurações de rede em paralelo. ....	108
Figura 4.12 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados pelo método considerando as seis melhores soluções de reconfiguração. ....	109
Figura 4.13 – Perfil de tensão nas barras do sistema IEEE 123 barras considerando as seis melhores soluções de reconfiguração utilizando o critério de intensidade de busca.....	109
Figura 4.14 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras adotando uma curva de carga semanal. ....	111
Figura 4.15 – Perfis de tensão para o sistema IEEE 123 barras operando com cargas (a) pesada e (b) leve para otimização considerando curva de carga semanal. ....	111
Figura 4.16 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras com cargas modeladas como a) impedância constante e b) potência constante. ....	112
Figura 4.17 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 123 barras em função de valores decrescentes da curva de carga com cargas modeladas como a) impedância constante e b) potência constante. ....	113
Figura 4.18 – Perfil de tensão com carga pesada nas barras do sistema IEEE 123 barras com cargas modeladas como a) impedância constante e b) potência constante. ....	113
Figura 4.19 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados pelo método com controle local de tensão.....	114
Figura 4.20 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras considerando uma única fase baseada em AG.....	115
Figura 4.21 – Aptidão para as soluções obtidas em cada configuração do sistema IEEE 8500 nós após 36.000 segundos. ....	117
Figura 4.22 – Manutenção da tensão dentro dos limites estabelecidos mediante a adoção de reguladores de tensão para uma configuração de rede do caso IEEE 8500 FC=1,05 e limite inferior variando entre 0,96pu e 0,94 pu. ....	118
Figura 4.23 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós considerando uma configuração de rede. ....	119
Figura 4.24 – Configuração de rede do sistema IEEE 8500 nós e equipamentos otimizados pelo método considerando a melhor solução de reconfiguração. ....	120
Figura 4.25 – Variação nas tensões nodais do sistema IEEE 8500 nós para a configuração base em função da variação da curva de carga. ....	120

Figura 4.26 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 8500 nós em função de valores decrescentes da curva de carga considerando a melhor solução de reconfiguração.....	121
Figura 4.27 – Ajustes do regulador de tensão da subestação do sistema IEEE 8500 nós.....	121
Figura 4.28 – Diferentes configurações de rede para o sistema IEEE 8500 nós adotando a configuração base.....	122
Figura 4.29 – Impacto da intensidade de busca na ramificação da árvore de soluções para o problema de reconfiguração.....	123
Figura 4.30 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós considerando seis configurações de rede utilizando o critério de intensidade de busca.....	124
Figura 4.31 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós considerando a otimização de seis configurações de rede em paralelo.....	124
Figura 4.32 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados pelo método considerando as seis melhores soluções de reconfiguração.....	125
Figura 4.33 – Variação nas tensões nodais do sistema IEEE 8500 nós em função da variação da curva de carga considerando a variação do tempo de otimização.....	125
Figura 4.34 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 8500 nós em função de valores decrescentes da curva de carga considerando a variação do tempo de otimização.....	126
Figura 4.35 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós considerando a utilização de um computador com menor desempenho.....	126
Figura 4.36 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados pelo método utilizando computador com diferente nível de desempenho.....	127
Figura 4.37 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós adotando uma curva de carga semanal.....	127
Figura 4.38 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras com cargas modeladas como a) impedância constante e b) ZIP.....	128
Figura 4.39 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras com controle local de tensão.....	129
Figura 4.40 – Variação nas tensões nodais do sistema IEEE 8500 nós em função da variação da curva de carga com controle local de tensão.....	129
Figura 4.41 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 8500 nós em função de valores decrescentes da curva de carga com controle local de tensão.....	130

Figura 4.42 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós considerando uma única fase baseada em AG.....	130
Figura 4.43 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados por método de fase única baseado em AG.....	131
Figura 4.44 – Variação nas tensões nodais do sistema IEEE 8500 nós a) otimizado pelo método e b) com os equipamentos do sistema original. ....	132
Figura 4.45 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 8500 nós a) otimizado pelo método e b) com os equipamentos do sistema original em função de valores decrescentes da curva de carga.....	133
Figura A.1 – Curva de carga no secundário de um transformador de distribuição.....	150
Figura A.2 – Rede de distribuição aéreas (a) convencional, (b) compacta e (c) isolada.....	151
Figura A.3 – Diagramas de transformadores usados na distribuição.....	152
Figura A.4 – <i>Energy shifting</i> em sistemas de energia.....	154
Figura C.1 – Posicionamento de chaves no sistema IEEE 8500. ....	158

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Computadores utilizados para as simulações. ....	97
Tabela 4.2 – Configuração padrão para simulação do sistema IEEE 123 Barras.....	102
Tabela 4.3 – Melhores configurações de rede para o sistema IEEE 123 Barras. ....	104
Tabela 4.4 – Inicialização de equipamentos para o sistema IEEE 123 considerando uma configuração de rede. ....	104
Tabela 4.5 – Número de soluções possíveis de serem avaliadas com o critério de intensidade de busca para o sistema IEEE 123 barras. ....	110
Tabela 4.6 – Comparação entre resultados deste trabalho e os da literatura para o sistema IEEE 123 barras.....	116
Tabela 4.7 – Configuração padrão para simulação do sistema IEEE 8500 nós.....	116
Tabela 4.8 – Melhores configurações de rede para o sistema IEEE 8500 nós após 36.000 segundos.....	117
Tabela 4.9 – Número de barras por <i>cluster</i> inicializado pelo método em função da tensão de transição. ....	118
Tabela 4.10 – Melhores configurações de rede para o sistema IEEE 8500 nós após 720s. ....	123

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SIN	Sistema Interligado Nacional
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
GD	Geração Distribuída
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
AG	Algoritmo Genético
OLTC	<i>On Load Tap Changing</i>
EPRI	<i>Electric Power Research Institute</i>
TC	Transformador de Corrente
TP	Transformador de Potencial
TIR	Taxa Interna de Retorno
HP	Horizonte de Planejamento
PC1	Computador 1
PC2	Computador 2
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
ZIP	Impedância, Corrente e Potência
M8	Modelo de carga 8 do OpenDSS, equivalente a ZIP
M1	Modelo de carga 1 do OpenDSS
HPC	<i>High Performance Computing</i>



## LISTA DE SÍMBOLOS

$FA_{gr}$	Função Aptidão geral de reconfiguração
$FA_{pr}$	Função aptidão parcial para a poda da árvore de soluções
$FOG$	Função objetivo geral para o problema combinado
$FA_G$	Função aptidão geral para o problema combinado
$V_{Ef}$	Valor da energia fornecida
$E_{Fd}$	Energia fornecida para o carregamento $d$
$V_{Ei}$	Valor da energia injetada
$E_{Id}$	Energia injetada para o carregamento $d$
$C_{Rr}$	Custo para a instalação do regulador de tensão $r$
$C_{Cc}$	Custo para a instalação do banco de capacitores $c$
$C_{Em}$	Custo mensal do equipamento
$J_{per}$	Taxa de juros no período
$N_{NA}$	Número total de chaves normalmente abertas
$N_{NF}^*$	Número total de chaves normalmente fechadas, descontadas daquelas que obrigatoriamente ficam fechadas
$n_c$	Número total de chaves no sistema
$n_m$	Número total de malhas no sistema
$I_{br}$	Índice de intensidade de busca para o problema de reconfiguração
$T_{tr}$	Tempo total estimado para a varredura da árvore completa
$T_{br}$	Tempo de <i>benchmark</i> individual
$T_{lr}$	Tempo limite de busca em árvore
$T_{lc}$	Tempo limite de solução do problema combinado
$T_{tc}$	Tempo total de execução do AG para uma combinação de chaves
$T_{bc}$	Tempo de <i>benchmark</i> para o problema combinado

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	Considerações Iniciais .....	18
1.2	Motivações para este trabalho.....	19
1.3	Revisão bibliográfica .....	21
1.3.1	Reconfiguração de Redes de Distribuição .....	22
1.3.2	Alocação de Capacitores.....	24
1.3.3	Alocação e Ajuste de Reguladores de Tensão .....	27
1.3.4	Otimização Múltipla e Combinada de Sistemas de Distribuição.....	29
1.3.5	Modelagem Econômica .....	32
1.3.6	Ajuste Automatizado de Parâmetros.....	33
1.4	Objetivos.....	35
1.5	Trabalhos Aceitos para Publicação .....	36
1.6	Estrutura do trabalho.....	36
2	MODELOS, PREMISSAS E TÉCNICAS .....	38
2.1	Chaves e Topologia .....	40
2.2	Capacitores .....	42
2.3	Reguladores de Tensão .....	44
2.4	OpenDSS .....	48
2.5	Divisão da Otimização em Duas Etapas .....	49
2.6	Técnicas de Otimização .....	50
2.6.1	Fase 1 – Reconfiguração do Sistema .....	51
2.6.2	Fase 2 – Capacitores e Reguladores de Tensão .....	55
2.7	Balanço Energético e Perdas.....	56
2.8	PRODIST .....	57
2.9	Sistemas de Amortização.....	58
3	MÉTODO PROPOSTO.....	60

3.1	Modelagem Matemática do Problema .....	60
3.2	Impactos e desenvolvimentos da modelagem matemática.....	64
3.2.1	Reconfiguração .....	64
3.2.2	Conjunto .....	65
3.2.3	Modelagem dos Custos de Equipamentos .....	67
3.2.4	Impacto do Modelo de Carga Utilizado.....	69
3.2.5	Ajustes dos Reguladores de Tensão.....	69
3.3	Critérios de Intensidade de busca .....	70
3.3.1	Intensidade de Busca para o Problema de Reconfiguração.....	70
3.3.2	Intensidade de Busca para o Problema Combinado.....	76
3.4	Implementação computacional .....	79
3.4.1	Cálculos iniciais.....	81
3.4.2	Solução do problema de reconfiguração.....	81
3.4.3	Solução do problema conjunto .....	83
4	RESULTADOS .....	97
4.1	Computadores Utilizados.....	97
4.2	Ajustes Financeiros.....	98
4.3	Curvas de Carga.....	98
4.4	Sistemas simulados.....	99
4.4.1	Sistema IEEE 123 Barras.....	99
4.4.2	Sistema IEEE 8500 Nós.....	100
4.5	Otimização de Recursos em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Considerando o Método Desenvolvido.....	101
4.5.1	Em Sistema IEEE 123 Barras .....	102
4.5.2	Sistema IEEE 8500 Nós.....	116
4.6	Conclusões da Seção.....	133
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	135

5.1	Contribuições e Aprimoramentos .....	136
5.2	Limitações do Trabalho .....	136
5.3	Trabalhos Futuros .....	137
	REFERÊNCIAS .....	140
	Apêndice A - Modelos e premissas de equipamentos de sistemas elétricos de potência .....	149
A.1	Cargas .....	149
A.2	Alimentadores .....	151
A.3	Transformadores .....	152
A.4	Unidades de Geração Distribuída .....	153
	Apêndice B - Sequência de obtenção de soluções para o fluxograma da Figura 3.12	155
	Apêndice C - Sistemas Teste Utilizados .....	156
C.1	Sistema IEEE 123 barras .....	156
C.2	Sistema IEEE 8500 NÓS .....	157
	Anexo A - Estrutura para a instalação de bancos de capacitores e materiais utilizados.. .....	164
	Anexo B - Estrutura para a instalação de reguladores de tensão e materiais utilizados .. .....	165
	Anexo C - Custos de Mercado de Equipamentos Padronizados para a Utilização em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Classe 15kV .....	166
	Anexo D - Valores Divulgados pela ANEEL para as tarifas de aplicação e base econômica das distribuidoras de energia elétrica.....	202

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é essencial à manutenção das atividades do homem contemporâneo, servindo como importante insumo na indústria e no comércio (PINHEIRO, 2009), mas também na realização de tarefas em ambientes residenciais, devendo ser garantido pelas distribuidoras o fornecimento de um serviço de qualidade em todas as situações (ANEEL, 2021a). Para o atendimento a essa demanda o Sistema Interligado Nacional (SIN) recorre majoritariamente às fontes hidrelétricas, embora grandes mudanças tenham ocorrido nos últimos anos, como a grande participação de termelétricas, principalmente desde a crise elétrica do início dos anos 2000, e mais recentemente com a crescente penetração de fontes alternativas, tais como eólicas e fotovoltaicas (EPE, 2020). Com redes cada vez mais complexas é importante não apenas a adoção de pesquisa e desenvolvimento na obtenção de novas tecnologias para o setor elétrico, mas também a otimização dos recursos, escassos e custosos.

### 1.1 Considerações Iniciais

Desde sua constituição, sistemas elétricos de potência são planejados para operar da maneira mais eficiente possível, considerando para isso questões como a elevação de níveis de tensão para a redução de correntes e aumento na capacidade de transmitir potência, mas outras melhorias podem ser realizadas. Controlar os níveis de tensão em tempo real, otimizar topologias, fornecer potências ativa e reativa localmente podem ter grande impacto na qualidade do serviço prestado (MALEKSHAH *et al.*, 2022). Por essa razão, até mesmo os recursos classicamente utilizados em tais problemas devem ser otimizados constantemente, permitindo a obtenção de resultados ainda melhores com custos reduzidos ou mesmo inexistentes, a depender do objeto da otimização e dos resultados obtidos.

Redes de distribuição podem se beneficiar intensamente da utilização de diferentes alternativas que permitam otimizar sua operação, desde que considerando características próprias destes sistemas. Neste caso, se a proximidade com atividades humanas e a extensão de alimentadores inviabilizam a utilização de altas tensões (ABNT, 1985), por exemplo, os menores custos associados a equipamentos de classe 15kV permite a realização de ajustes em alimentadores a um menor custo devido a insumos e mão de obra mais baratos. Deste modo, distribuidoras de energia podem garantir um serviço de qualidade sem prejudicar suas atividades e/ou o acesso dos consumidores à energia. Tal possibilidade é especialmente importante em um

cenário no qual cada vez mais empresas do setor passam para a iniciativa privada (FUCUCHIMA, 2022) e que em alguns casos a empresa opta por abrir mão da concessão (ANEEL, 2023).

A capilaridade dos sistemas de distribuição e os menores níveis de tensão adotados fazem com quem a maior parte das perdas de potência ativa (ANEEL, 2021b) e, por conseguinte, dos custos, seja associada a este tipo de sistema, sendo deveras relevante a busca por alternativas técnica e financeiramente viáveis na otimização destes sistemas pelas distribuidoras de energia. Dada a atual realidade da distribuição no Brasil, a otimização destes sistemas pode então ser encarada como crucial e tendo por objetivo aumentar a rentabilidade dos ativos da empresa (ENERGISA, 2023a) ao mesmo tempo que garante o fornecimento de um serviço de qualidade aos consumidores.

## 1.2 Motivações para este trabalho

Os sistemas de distribuição possuem características próprias e distintas dos sistemas de transmissão, dificultando ou mesmo impedindo a utilização de soluções de um para os problemas do outro. Operação desbalanceada, cargas distribuídas e desequilibradas, assimetria nas linhas, circuitos monofásicos, bifásicos e trifásicos geram impactos que mudam a modelagem dos sistemas de distribuição (KERSTING, 2017), tornando necessária uma modelagem por fase e não em termos de sequência positiva, necessitando então que metodologias sejam adaptadas ou mesmo criadas especificamente para este fim (PENIDO *et al.*, 2004).

A existência de tais diferenças por si só já demanda meios específicos para a solução de problemas clássicos, o que se torna ainda mais evidente no contexto das novas redes de distribuição, dotadas de elementos de armazenamento, Unidades de Geração Distribuída (GDs), topologias malhadas, entre outros. Tais elementos modificam ainda mais a distribuição como se conhecia há poucos anos, caminhando em uma direção em que estudos baseados em métodos derivados da transmissão não são mais apenas imprecisos, mas impossíveis de serem realizados (EPRI, 2011).

Unidades de geração distribuída podem ser conectadas à distribuição como mono, bi ou trifásicas, contribuindo para um aumento ou uma correção dos impactos dos desequilíbrios em função do nível de penetração e de como é feita a integração. Curvas de potência advindas de geradores eólicos e solares possuem previsibilidade menor do que a observada para a geração hidráulica, aumentando ainda mais o caráter estocástico do problema (KHAMEES *et al.*, 2021).

Elementos de armazenamento podem permitir uma transferência de demanda conforme necessidade, permitindo a liberação da rede para o atendimento de um maior número de cargas ou mesmo reduzir seu carregamento, tudo em função da relação entre geração e consumo na área (ZERAATI; HAMEDANI GOLSHAN; GUERRERO, 2018). Com esses novos desafios o controle e os estudos sobre as redes de distribuição devem ser aprimorados, buscando corrigir os problemas que se apresentam hoje e, também, se preparar para os que vierem a surgir.

As *smart grids* também são projetadas para serem capazes de operar em diferentes condições, permitindo, por exemplo, que sejam realizadas mudanças em suas topologias de maneira remota, mas com a manutenção de um serviço de qualidade. Essas alterações físicas na rede trazem alterações também do ponto de vista elétrico, sendo que, geralmente, trazem maiores desafios para a operação, como o fluxo bidirecional de potência e seus impactos nos níveis de tensão (QUIROGA; ALMEIDA, 2019). Nesse sentido o desenvolvimento de métodos que contemplem diferentes elementos da atual realidade dos sistemas de distribuição de energia elétrica se faz de grande interesse, permitindo que a operação do sistema aconteça da melhor maneira possível, com redução dos custos de investimento e operação. Assim, é possível um aumento na qualidade do serviço prestado, facilitando o atendimento dos critérios definidos pelo Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) (ANEEL, 2021a).

Essa constante evolução dos sistemas faz com que eles se tornem cada vez mais próximos do que é abordado por trabalhos acadêmicos, embora estes muitas vezes fujam totalmente da realidade de empresas em atuação no setor, devido às características de rede ou mesmo da sociedade (PINTO; MARTINS; PEREIRA, 2017). Desta forma, assim como acontece no mundo automotivo, onde a Fórmula 1 é utilizada como laboratório para muitas das tecnologias que anos depois equiparão carros de rua, muito do que é hoje estudado como o supressumo da tecnologia para sistemas de distribuição pode ou não ser adotado por concessionárias. O que define então se e quando tais tecnologias são incorporadas não são apenas questões como custos de implementação, interesse da gestão ou questões elétricas da rede, tais como perdas, desequilíbrios, harmônicas ou níveis de tensão, mas qual retorno financeiro pode ser obtido direta ou indiretamente.

Conforme revisão realizada nas bases de dados do IEEE, Elsevier, Scielo e Google Scholar até abril de 2023, utilizando como palavras de busca *distribution, feeder, reconfiguration,*

*switches, capacitor, allocation, placement, sizing, voltage regulator, var e Volt*, em diferentes combinações e sem filtro temporal, foram encontrados diversos trabalhos, como os elencados na Seção 1.3. Tais trabalhos abordam as temáticas de reconfiguração de redes de distribuição; alocação, dimensionamento e ajuste de reguladores de tensão; e alocação e dimensionamento de bancos de capacitores; combinadas de diferentes formas e com outros temas. Embora este trabalho também aborde tais temáticas, ele apresenta como diferencial em relação aos analisados a otimização conjunta delas, contribuindo para o preenchimento de uma lacuna teórica. Destaca-se ainda que existem diversos trabalhos que consideram a utilização dos três equipamentos, sendo os mais próximos deste trabalho aqueles que envolvem a utilização de reguladores de tensão já instalados sem a alocação dos mesmos enquanto é feita a reconfiguração e a alocação de capacitores.

Outras lacunas teóricas que este trabalho busca preencher diz respeito à modelagem econômica utilizada para os custos de equipamentos e dos objetivos da otimização; e o ajuste automatizado de critérios do processo de busca por soluções. Enquanto o primeiro é geralmente tratado de maneira simplificada e em descompasso com a realidade das distribuidoras, o segundo se refere à necessidade constante do ajuste manual de parâmetros para a realização de estudos considerando sistemas de diferentes portes, com diferentes recursos computacionais disponíveis e prazos disponíveis para a execução. Este trabalho, por outro lado, faz uso de listas de materiais, insumos padronizados e custos de mercado para insumos, mão de obra e energia. Além disso, desenvolve técnicas automatizadas para o ajuste de como diferentes níveis de recursos podem ser utilizados para a aplicação do método em sistemas de dimensões e características técnicas variadas. Ambas as questões, tornam o método de aplicação mais geral e confiável por engenheiros de planejamento, reduzindo ou eliminando o enviesamento de resultados.

### 1.3 Revisão bibliográfica

Métodos de otimização sempre foram de grande auxílio no planejamento, na configuração e na operação de sistemas elétricos, permitindo um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Com o avanço das técnicas utilizadas, da modelagem e do poder computacional tem sido possível a obtenção de resultados cada vez melhores, inclusive para problemas classicamente analisados sob a ótica da otimização (CHEN *et al.*, 2016).



Alocação de capacitores e reconfiguração das redes de distribuição estão entre esses problemas clássicos, estudados à exaustão desde a década de 1980 (GRAINGER; LEE, 1981; BARAN; WU, 1989a; SHIRMOHAMMADI; HONG, 1989; BARAN; WU, 1989b), mas ainda são solo fértil na busca de sistemas cada vez melhores. Nesse contexto a variação dos níveis de carregamento (CHEN *et al.*, 2016) e a modelagem trifásica (RAZAK *et al.*, 2014) foram sendo incorporados ao problema com o passar dos anos, mas novos métodos ainda são de grande interesse nessa busca por um serviço de qualidade.

Menos visitados que os casos supracitados, a alocação e o ajuste de reguladores de tensão são de grande valia no processo de otimização dos recursos disponíveis. Ainda que classicamente o posicionamento seja feito próximo de regiões com grandes acúmulos de cargas e o ajuste de resistência e reatância considere a distância até o centro de carga (KERSTING, 2017), os resultados podem ser diferentes dependendo da forma como o sistema é modelado e o problema abordado.

### 1.3.1 Reconfiguração de Redes de Distribuição

No trabalho de Koutsoukis *et al.* (2017) é apresentado um método para a reconfiguração ativa e online de alimentadores de distribuição de modo a permitir uma integração máxima de unidades de geração distribuída. Para isso, os autores fornecem ao sistema de controle de chaveamento dados extraídos do sistema de controle das GDs, de modo a minimizar redução na geração, sobrecarga em ramos do alimentador e aumento dos níveis de tensão para além dos limites aceitáveis. A formulação adotada considera a utilização de um relaxamento convexo das equações de fluxo de potência em conjunto com formulação não linear inteira mistas. Para a redução do esforço computacional e a possibilidade de atuação do método de forma online, são realizadas previamente simulações com múltiplos cenários de carga e geração, sendo definidos comportamentos padronizados para cada situação. Desta forma, havendo um cenário online de reconfiguração onde há a necessidade de se obter uma resposta adequada em tempo reduzido, o método parte de uma vizinhança de soluções vista como ideal para aquele cenário.

Seguindo a mesma linha, Rahmani-Andebili e Fotuhi-Firuzabad (2018) formulam uma abordagem adaptativa para a o gerenciamento do carregamento de veículos elétricos plug-in e a reconfiguração de sistemas de distribuição com incidência de unidades de geração distribuída. Os autores consideram no estudo uma modelagem estocástica para os padrões de carregamento dos veículos, incluindo aí fatores geográficos e de renda. Com base em tais dados, o método orienta a

reconfiguração do sistema de distribuição analisado com o objetivo de minimizar os custos diários de operação, havendo ganhos com a utilização da modelagem, ainda que os incertos padrões de comportamento dos veículos e de seus condutores tenham grande impacto nos resultados obtidos.

Voltando à análise em sistemas de distribuição providos de unidades de geração distribuída, Liu, Li e Wu (2019) analisam o impacto, em sistemas de distribuição desequilibrados, da reconfiguração coordenada com a atuação de reguladores de tensão e a potência injetada por GDs para a obtenção de uma configuração ótima de rede. O estudo faz uso de equipamentos previamente alocados e dimensionados, focando apenas na realização de ajustes capazes de reduzir os custos de operação do sistema. Para isso, é utilizada uma modelagem própria, formulada como inteira mista baseada em relaxamento cordal (*chordal relaxation*), e que utiliza de diferentes estratégias para a redução do espaço de busca de um algoritmo baseado em *Branch and Bound*. Uma dessas estratégias reduz o espaço de busca ao não modelar chaves necessárias à conectividade do sistema, reduzindo o número de combinações possíveis.

O trabalho de Gerez *et al.* (2019) utiliza uma técnica baseada em Algoritmo de Vagalumes e a redução do problema por meio de análises de fluxo de potências. Tal técnica parte de um conjunto de redes com seções malhadas e, após o cálculo de fluxo de carga, abre as chaves onde existe um menor fluxo de potência, sendo comumente encontradas na literatura variações desta ideia. Neste trabalho, no entanto, é proposto um distúrbio na população quando ocorre a estagnação dos resultados, fazendo com que novos indivíduos sejam gerados após um determinado número de gerações sem evolução. Além disso, cabe destacar a função objetivo do trabalho, limitada à redução de perdas de potência ativa.

Considerando agora o impacto de incertezas, o trabalho de Wu, Dong e Liu (2020) se baseia na utilização de Lógica Fuzzy em um problema de reconfiguração visando a redução de perdas ativas e estabilidade de tensão. A solução do problema de reconfiguração, por sua vez, se baseia na utilização de um algoritmo modificado de enxame de partículas baseado em um algoritmo de Kruskal, sendo este responsável por garantir a radialidade das soluções. Embora eficaz, tal técnica reduz bastante a velocidade do método, uma vez que a cada nova solução gerada faz-se necessária a verificação dos critérios de conectividade e radialidade da rede.

O trabalho de Helmi *et al.* (2022) foca em questões como eficiência e sustentabilidade para a solução do problema de reconfiguração e para isso faz uso de uma nova meta-heurística, chamada otimização de Harris Hawks, bem como a realização de processos de pré e pós

processamento das soluções. Seu objetivo, no entanto, segue o clássico problema de redução de perdas e manutenção de níveis de tensão. O trabalho, no entanto, destaca a importância da obtenção de múltiplas soluções subótimas em tempo reduzido em vez de uma corrida em busca do ótimo global. Além disso, uma de suas contribuições é vista como a preparação do espaço de busca sem a necessidade de intervenção de usuários, tornando-o menos dependente do caso a ser analisado.

No tema de reconfiguração este trabalho traz como contribuição uma abordagem que segue por uma linha de pesquisa em que o objetivo para o processo de reconfiguração não reside na obtenção de uma única solução com um suposto ótimo global ou local, mas de múltiplas soluções de qualidade. Assim, o universo de soluções pode ser explorado não em função do que uma configuração de redes pode oferecer para o sistema, mas de como múltiplas configurações podem servir de base para o desenvolvimento de sistemas com possibilidade de maiores ganhos em sua operação, sendo a reconfiguração um meio e não um fim.

### 1.3.2 Alocação de Capacitores

Boktor et al. (2017) buscam a solução do problema de alocação com melhoria dos níveis de tensão e redução das perdas utilizando uma nova meta-heurística, chamada otimização Formiga-leão (*Ant-lion Optimization*, ALO). As simulações foram feitas considerando os sistemas teste IEEE 33 e 69 barras, sendo os resultados comparados com técnicas de pontos interiores (PI) e algumas meta-heurísticas, tendo sido obtidos alguns resultados no mesmo nível dos alcançados pelas demais técnicas. Em Mansour *et al.* (2017) é utilizada a mesma técnica (ALO), a qual também é responsável pelo posicionamento de GDs. A formulação utilizada inclui uma função objetivo que visa maximizar a economia na operação do alimentador, sendo os resultados obtidos para tensões e perdas semelhantes aos de Boktor *et al.* (2017). Outro caso da utilização da técnica é no trabalho de George *et al.* (2018), que realiza a alocação e o dimensionamento de bancos fixos e chaveados.

Em Upper, Hemeida e Ibrahim (2017) os pesquisadores utilizam um método híbrido dividido em dois estágios para o problema de alocação. Na primeira fase, baseada em um fator de sensibilidade, são definidas as barras candidatas que recebem os bancos, enquanto a segunda fase, de alocação e dimensionamento dos bancos, é baseada em um novo algoritmo, chamado de Otimização Mariposa-Flama (*Moth-Flame Optimization*, MFO). Os resultados são comparados

aos obtidos por outras técnicas evolucionárias, sendo atingidos resultados numéricos superiores quanto à minimização de custos para carregamentos leves, nominais e de pico.

O trabalho de Araujo *et al.* (2018) considera a utilização de um Algoritmo Genético para a solução do problema de alocação de capacitores, utilizando em seus estudos equipamentos fixos e chaveados. Além disso, o artigo trabalha com um maior número de patamares de carga, optando pela utilização de uma curva diária, o que se aproxima mais da situação em que equipamentos do tipo geralmente são submetidos. Contudo, em oposição a uma modelagem de curva mais detalhada, o sistema utiliza custos lineares para a instalação de equipamentos, o que distribui a instalação de capacitores em pequenos bancos alocados em mais de 10% das barras para o sistema teste IEEE 123 barras, conforme tabelas 4 e 5 do trabalho.

No entanto, a maior parte dos trabalhos relacionados à alocação dos recursos nos últimos anos tem contemplado a alocação conjunta com GDs, tal como em Selim, Kamel e Jurado (2019), em Mahmoud e Lehtonen (2019) e em Almabsout *et al.* (2020). Enquanto o primeiro trabalho utiliza expressões analíticas genéricas para o cálculo e objetiva reduzir as perdas de potência reativa, o segundo método busca reduzir as perdas de potência ativa e os custos com energia, utilizando para isso fatores de sensibilidade e uma meta-heurística chamada otimização de enxame de salpa. Por fim, o terceiro trabalho volta a fazer uso de uma técnica evolucionária, adotando um algoritmo genético para a alocação dos recursos e consequente redução das perdas de potência ativa.

Como alternativa, trabalhos como o de Kamel *et al.* (2019) faz uso de Lógica Fuzzy e fator de sensibilidade para adequar seu método de alocação de capacitores à realidade incerta de geração e consumo na distribuição. A implementação, no entanto, também faz uso de uma meta-heurística, sendo utilizado o Algoritmo Seno Cosseno. Neste cenário, as técnicas são utilizadas com diferentes objetivos, sendo as primeiras dedicadas à inicialização de soluções, posteriormente aprimoradas pela outra técnica utilizada. Por fim, os autores seguem o procedimento usualmente utilizados em trabalhos do tipo e focam na comparação entre heurísticas para validar seus resultados.

Os autores voltam a tratar do problema em uma publicação de 2020, na qual comparam os resultados obtidos por meio da técnica anterior (SELIM; KAMEL; JURADO, 2020), mas desta vez comparando os resultados entre uma técnica de fator de perda de sensibilidade e duas meta-heurísticas: algoritmo Seno Cosseno e algoritmo de enxame de salpa, ambos tratados em estudos

dos mesmos autores publicados no ano anterior. Os resultados apresentados evidenciam evolução no desenvolvimento das técnicas utilizadas, mas não trazem ganhos relativos ao problema de locação de dimensionamento de capacitores.

Outra meta-heurística utilizada na solução do problema é o Algoritmo da Rêmora (BABANEZHAD *et al.*, 2022), que incorpora à sua função objetivo, além das questões usuais, o custo de operação dos capacitores em diferentes carregamentos. Os estudos realizados, no entanto, partem de situações nas quais os desvios de tensão são mínimos e localizados em poucas barras, o que facilita bastante a obtenção de soluções. Ainda assim, os resultados mantêm o padrão de inicialização de um elevado número de capacitores, causado justamente pela modelagem simplificada dos custos dos equipamentos.

Em Arief *et al.* (2022) os autores fazem a alocação e o dimensionamento de capacitores em um ambiente industrial com grande quantidade de motores, utilizando técnicas vistas em sistemas de distribuição, com a utilização de um Algoritmo Genético. O trabalho considera algumas das ideias que têm sido utilizadas na alocação em sistemas de distribuição e as testam em outro ambiente onde a instalação de capacitores traz grandes benefícios. Contudo, assim como em sistemas de distribuição, muitos dos vícios da otimização são reproduzidos, como a representação bastante simplificada do modelo.

O trabalho de Gupta, Yadava e Singh (2022) destaca que muitos pesquisadores optam por utilizar índices baseados em questões usuais, como redução de perdas e melhoria de níveis de tensão, mas destacam a importância de se utilizar tantos critérios quanto forem possíveis. Para isso, fazem uso de uma técnica chamada Entropia de Shannon para a adoção de diversos pontos de interesse e os resumir a um índice para a otimização utilizando um PSO. Os autores defendem que tal prática maximiza a viabilidade das soluções segundo aspectos técnicos e comerciais, mas não consideram custos adequados para a instalação dos equipamentos, tratando-os apenas por meio da simplificada relação linear com a potência.

Assim como para o problema de reconfiguração, os aprimoramentos neste tema estão relacionados a como redes com diferentes configurações são tratadas em busca de melhores resultados pela instalação de capacitores. Em comparação à literatura, problemas de alocação de capacitores classicamente utilizam como base uma rede fixa ou uma rede com a possibilidade de reconfiguração dinâmica, muitas vezes em busca de uma única solução ideal, que pode não ser viável em decorrência de questões não modeláveis ou que ainda não são do conhecimento do

responsável pelo processo. Deste modo, sendo geradas múltiplas soluções para múltiplas configurações de rede, abre-se a possibilidade para que a ocorrência de qualquer questão que altere fundamentalmente os resultados da melhor solução obtida ainda existam soluções adicionais de interesse e com grandes diferenças entre si, não sendo necessária a realização de novas simulações.

### 1.3.3 Alocação e Ajuste de Reguladores de Tensão

Em Antoniadou-Plytaria *et al.* (2016) é feito o planejamento de expansão e reforço da distribuição. O trabalho considera diferentes cenários de crescimento de carga e estima o local e o momento em que devem ser realizados investimentos, o que é feito em duas fases. Na primeira fase uma modelagem inteira-mista é utilizada para a determinação de quais as melhores alternativas para a expansão do sistema de acordo com a função objetivo, que visa minimizar o Valor Presente Líquido (VPL) dos custos dos investimentos capazes de garantir a operação segura do sistema durante o horizonte de planejamento. Já a segunda fase tem por objetivo definir qual o melhor momento para a implementação das alternativas calculadas anteriormente.

Por sua vez, Miyazaki, Naoi e Kinoshita (2016) inserem a alocação e a seleção de modelo de reguladores de tensão em um sistema genérico de distribuição com característica de áreas residenciais do Japão com densidades elevadas de geração fotovoltaica. Em sistemas do tipo é comum a existência de sobretensões além dos limites quando essa fonte de energia excede 30% da potência total, sendo realizada uma análise de qual tipo de regulador permite uma maior redução dos impactos e onde deve ser feita a instalação.

Em Nunes e Bretas (2017) é utilizado um algoritmo baseado em Busca Tabu no problema de alocação de reguladores de tensão em redes de distribuição, considerando uma abordagem sem restrições e que busca obter o melhor balanço entre custos e qualidade de energia. Modelado em MATLAB®, o trabalho é capaz de ampliar o espaço de solução e encontrar diversas soluções de interesse prático e econômico. A escolha entre as soluções, no entanto, não é alvo do trabalho e depende, entre outras coisas, de uma análise estatística da curva de carga do sistema.

Tsygulev, Khlebnikov e Shelest (2017), por outro lado, focam no ajuste de reguladores de tensão já posicionados, visando reduzir as perdas. Para isso, é desenvolvido um algoritmo responsável por analisar os níveis máximos e mínimos de tensão considerando o modelo “T” do sistema. A modelagem se limita a reguladores das subestações de distribuição, além de considerar

poucos níveis de carregamento, mas sua eficiência aumenta conforme o nível de carregamento também aumenta.

Em Attar *et al.* (2018) os pesquisadores realizam a locação de reguladores de tensão em sistemas de distribuição, utilizando para isso um Algoritmo Genético. Os autores destacam que muitos dos trabalhos na área consideram as tensões remotas como sendo de conhecimento do regulador de tensão, o que não ocorre na prática, onde os reguladores geralmente possuem acesso apenas ao nível de tensão em sua saída. Assim, os autores adotam apenas uma modelagem do controle da tensão na barra a jusante do regulador, não considerando a possibilidade da instalação de transformadores de corrente e controle remoto de tensões por meio do ajuste de R e X utilizado por um compensador de queda de tensão.

Balestrin e Rossoni (2019) trazem para um problema de reposicionamento de reguladores de tensão a utilização do OpenDSS como motor para a realização dos cálculos de fluxo de carga, dando enfoque em seu trabalho na forma na qual a posição dos equipamentos impacta em sua função objetivo, baseada em custos de perdas e violações de tensão. A variação da posição de tais equipamentos é realizada por meio de MATLAB<sup>®</sup> e considera, após a remoção dos equipamentos de interesse, o teste de múltiplas possibilidades e posterior inserção dos equipamentos de maneira sequencial. Tal procedimento permite a realização de menos simulações e a redução do esforço computacional, mas pode dar origem a resultados inferiores a depender da sequência em que os equipamentos são inseridos no sistema.

Em Nasef, Shaheen e Khattab (2022) os autores consideram os reguladores de tensão já posicionados, dando enfoque em seu trabalho em como a filosofia de ajuste dos equipamentos impacta nos resultados em cenários com variações e incertezas. Além disso, são considerados diferentes modelos de carga, com a análise dos impactos dos diferentes modos de controle. Embora o trabalho contribua ao analisar uma grande quantidade de situações, seus resultados se limitam a evidenciar redução de perdas e melhoria de níveis de tensão, comportamento esperado decorrente da adoção destes equipamentos.

Dentre os objetos de otimização deste trabalho, o problema de alocação e ajuste de reguladores de tensão é o menos comum na literatura, mas os aprimoramentos seguem na mesma linha dos temas anteriores. Assim, a possibilidade de se trabalhar com múltiplas redes abre espaço para que diferentes configurações de equipamentos com custos variados sejam analisadas. Além disso, os trabalhos geralmente limitam o controle dos reguladores para o ajuste local de tensão,

não contemplando a alocação e o ajuste remoto, especialmente com a utilização de um motor externo como o OpenDSS para a realização dos fluxos de potência, o qual não permite o mesmo nível de controle se comparado à utilização de um fluxo de potência desenvolvido para aquele fim. Este trabalho, no entanto, combina múltiplas das contribuições dos anteriores em um único método, além de considerar diferentes possibilidades para o ajuste dos reguladores de tensão.

#### 1.3.4 Otimização Múltipla e Combinada de Sistemas de Distribuição

Os três problemas discutidos nas seções 1.3.1, 1.3.2 e 1.3.3 são comumente analisados de maneira independente, mas muitos trabalhos têm considerado diferentes combinações deles, permitindo a obtenção de resultados ainda melhores.

Ghaffarzadeh e Sadegui (2016) considera redes sem a possibilidade de reconfiguração em seu trabalho de alocação de capacitores e fontes de geração distribuída, fazendo uso de uma heurística (*biogeography-based optimization* - BBO). Seu modelo, no entanto, introduz no estudo os impactos relacionados à inserção de harmônicos no sistema e busca respeitar limites relacionados à questão. Embora considerem custos de instalação e manutenção, o trabalho peca na utilização da modelagem de custos dependente unicamente da potência do equipamento e principalmente pela adoção de três patamares de carga, mas nenhuma variação na potência injetada pelas GDs.

Casillas et al. (2017) abordam em seu trabalho os problemas de alocação de bancos de capacitores, reguladores de tensão, geração fotovoltaica e sistemas de armazenamento em pontos estratégicos de modo a se manter os níveis de tensão em cada barra e os carregamentos em cada linha dentro de limites adequados, além de reduzir as perdas de potência ativa. A solução é feita através da utilização de um AG em conjunto com o OpenDSS, responsável por simular cada condição operativa analisada e permitir o cálculo da função objetivo. Os resultados obtidos mostram que a inserção de geração fotovoltaica e sistemas de armazenamento reduzem consideravelmente a demanda da rede, bem como as correntes nos ramos. Embora adote uma otimização múltipla, o trabalho desperdiça potencial ao tratar a alocação de recursos por meio de poucas posições predefinidas para a instalação dos equipamentos, o que justifica em parte a otimização de um AG com apenas dez indivíduos ao longo de dez gerações. Além disso, a função objetivo é focada unicamente em redução de perdas e melhorias de níveis de tensão, utilizando uma representação simplificada de custos.



Montsutsumi et al. (2017) tratou o problema de alocação de capacitores fixos e chaveados combinada com reconfiguração do sistema de distribuição, mas, dessa vez, utilizando uma estratégia de início múltiplo. Nessa situação, o algoritmo gera soluções de boa qualidade de maneira aleatória e, então, realiza uma busca local até que o critério de parada seja atendido, o que é repetido diversas vezes para múltiplas soluções únicas. Esse processo objetiva reduzir os custos de investimento e operação dentro do horizonte analisado, e, segundo os autores, é mais vantajoso que técnicas baseadas em PSO e AG por não depender de parâmetros arbitrários, tais como tamanho da população, taxa de mutação, entre outros. Embora adote uma composição de custos não linear, os autores utilizam em seu trabalho bancos de capacitores com uma única potência, ainda que diferentes valores possam trazer mais benefícios para o sistema. Outra questão está relacionada a utilização de apenas três patamares de carga (leve, nominal e pesada) durante o estudo, pouco representativa de sistemas reais.

O trabalho de Shaheen e El-Sehiemy (2021) objetiva melhorar a performance de sistemas de distribuição mediante a alocação de unidades de geração distribuída, bancos de capacitores e reguladores de tensão e para isso utiliza um algoritmo aprimorado do lobo cinzento (EGWA). O método considera os custos dos equipamentos e seus impactos na redução de perdas e na energia injetada, contribuindo indiretamente para a melhoria de níveis de tensão e aumento da capacidade de carregamento do sistema. Os pesquisadores se baseiam na realidade das distribuidoras de energia do Egito, apresentando resultados superiores aos obtidos por outros pesquisados com a utilização de outras meta-heurísticas. O trabalho também utiliza uma representação de custos simplificada para os equipamentos e a representação de carga em três patamares, além de não considerar limites de linha.

O trabalho de Addisu, Salau e Takele (2021) faz uso de Lógica Fuzzy para a alocação de reguladores de tensão visando à melhoria da eficiência de alimentadores. Para isso utilizam a ferramenta NEPLAN MATLAB para a simulação dos resultados, não fazendo uso de heurísticas como muitos dos trabalhos recentes, o que o diferencia dos demais. Seus resultados, no entanto, acabam sendo dependentes desta escolha, tendo em vista que simulações são realizadas em sistemas de não mais do que 60 barras e com representação monofásica.

Já Abdelkader, Osman e ElShahed (2021) abandonam a alocação de capacitores e consideram em seu estudo apenas a reconfiguração e a alocação de unidades de geração distribuída com foco na redução de perdas de potência ativa. Os autores, no entanto, recorrem a

uma técnica baseada em formulações analíticas denominada *Diff and Pivot*, sendo os resultados comparados ao de técnicas de inteligência artificial (IA). Embora seja importante a utilização de técnicas analíticas para a solução de problemas do tipo, os autores representam em seu trabalho uma representação muito simplificada da rede, não considerando desequilíbrios ou mesmo um modelo trifásico.

Em Shaheen *et al.* (2022) realizam a reconfiguração de alimentadores e a alocação de capacitores e unidades de geração distribuída, em um processo que também é otimizado por meio de um heurística, no caso o algoritmo de Ecosistema Artificial. O processo é realizado ao longo de uma etapa conjunta, facilitada pela utilização de uma ferramenta de cálculo de fluxo de potência própria e com melhor acesso aos dados ao longo da solução. Contudo, a única questão tratada pela função objetivo do problema é a redução de perdas, a qual é comparada com a obtida por diversos outros métodos. Assim, não é considerado qualquer impacto relativo a custos de equipamentos, não sendo os resultados facilmente convertidos em solução de aplicabilidade prática, o que também se deve à utilização de apenas três patamares de carga.

Em seu trabalho, Nguyen *et al.* (2021) utilizam uma análise multiobjetivo para a alocação de unidades de geração distribuída e capacitores utilizando duas heurísticas, Simbiose (SOS) e algoritmo de redes neurais (NNA). Dentre os objetivos considerados pelo método estão incluídos a redução de perdas, desvios de tensão, estabilidade de tensão, balanceamento de carga e confiabilidade. A integração das cinco questões em um único índice a ser maximizado é o somatório de todos os valores após sua normalização em relação aos valores originais para o sistema. A modelagem custos dos capacitores é feita considerando uma parcela fixa e outra linear, o que torna o modelo mais aderente à realidade. No entanto, não são feitas considerações quanto à origem dos custos ou mesmo diferenciação entre números de fases, sendo incluídos pelo modelo apenas capacitores trifásicos equilibrados, o que não se converte em resultados inferiores devido a simulação do método apenas em sistemas trifásicos perfeitamente equilibrados.

Em um trabalho recente de bastante relevância os autores (HOME-ORTIZ *et al.*, 2022) tratam da do aumento da capacidade de hospedagem de unidades de geração distribuída em sistemas de distribuição utilizado reconfiguração e equipamentos de controle de Volt/var já instalados na rede. A metodologia foca no controle destes equipamentos, não realizando sua instalação no sistema. Dado o objetivo da otimização, o trabalho consegue obter ganhos significativos com sua operação, mas não chega a considerar impactos negativos relacionados ao

aumento da potência gerada pelas fontes cuja capacidade de hospedagem se deseja aumentar, tais como o aumento no índice de componentes harmônicas.

Uma das principais contribuições deste trabalho reside na operação múltipla e combinada dos três equipamentos do escopo: Chaves, reguladores de tensão e capacitores. Trabalhos de otimização múltipla em sua maioria se limitam ao tratamento de duas questões, sendo comum nos últimos anos otimizar capacitores ou chaves em conjunto com algum recurso de GD ou armazenamento. Além disso, os problemas costumam ser tratados por meio de uma única técnica, mesmo que ela seja mais indicada para apenas um dos problemas, trazendo desafios ou esforço computacional desnecessário para adaptá-la ao(s) outro(s) objetos de otimização. Este trabalho, no entanto, trata as questões de maneira separada de modo a extrair o melhor de cada método, buscando fazer melhor uso dos recursos disponíveis, o que também contribui para a obtenção de resultados com diferentes características. Outro problema bastante comum é a simplificação exagerada do sistema, da função objetivo ou da modelagem de custos. Este trabalho considera a otimização multiobjetivo dos sistemas por meio da adoção de pesos objetivos, além de realizar simulações considerando sistemas desequilibrados e uma modelagem detalhada dos custos de melhoria da rede.

### 1.3.5 Modelagem Econômica

Tradicionalmente, os custos necessários à execução dos serviços previstos pelos processos de otimização tratam os custos de maneira proporcional à potência dos equipamentos instalados. Araujo *et al.* (2018) adotam uma modelagem na qual perdas possuem um custo por kvar, bem como bancos de capacitores, havendo apenas a diferenciação entre bancos fixos e bancos chaveados. Não são considerados, no entanto, custos fixos independentes da potência instalada, como os relacionados à mão de obra para a instalação dos bancos de capacitores. Neste caso, a viabilidade econômica é tratada como obtida quando os custos de melhoria da rede são amortizados considerando um retorno no investimento superior a uma taxa estabelecida pela distribuidora.

A abordagem também é adotada em problemas utilizando outras técnicas de otimização, como envolvendo *Sunflower Optimization* e Monte Carlo (SHAHEEN *et al.*, 2021). Neste caso os autores buscam melhorar a eficiência de redes de distribuição considerando incertezas associadas à geração distribuída de natureza eólica, alterando para isso o posicionamento de bancos de capacitores preexistentes e por meio de reconfiguração. Sua modelagem trata como

função objetivo a minimização dos custos relacionados às perdas e ao reposicionamento e redimensionamento dos bancos de capacitores. Os valores relacionados a tais características, no entanto, também são tratados como proporcionais ao item associado, incluindo custos lineares para perdas e bancos de capacitores.

Já Taha, Alham e Youssef (2022) trabalham com múltiplos índices em um processo de otimização multiobjetivo em um problema envolvendo gerações solar e eólica, bem como a instalação de bancos de baterias e outras melhorias nos alimentadores. Um destes índices é de natureza econômica e trata (i) da redução de perdas; (ii) do incentivo financeiro à redução de demanda em horários de pico existente no Egito; (iii) do custo necessário à instalação de fontes de geração distribuída, sistemas de armazenamento por meio de baterias e bancos de capacitores; e (iv) dos custos com operação e manutenção das unidades de geração distribuída e bancos de baterias. Embora utilizado em um tema diferente dos anteriores e com uma modelagem econômica bem completa, os autores mantêm a precificação dos investimentos de maneira linear e proporcional à potência instalada.

O surgimento e a popularização de meta-heurísticas muito se deve à dificuldade de se modelar e tratar alguns problemas, sendo aqueles de natureza não linear inteira mista tradicionalmente vistos como de difícil solução. Neste sentido, questões não lineares são linearizadas sempre que possível, o que simplifica a obtenção de resultados, mas reduz sua aplicabilidade. Além disso, custos de instalação de equipamentos são tradicionalmente modelados como dependentes unicamente da potência, o que não representa a realidade da distribuição brasileira. Este trabalho inova ao representar os custos para a instalação de capacitores e reguladores de tensão fazendo uso de listas de materiais e serviços padronizados por distribuidoras, o que dificulta a solução do problema, mas não prejudica a aplicabilidade dos resultados. A padronização na composição de custos é também vantajosa por permitir a constante atualização dos resultados sem a necessidade de realização de novas simulações, tendo em vista que o balanço energético, os níveis de tensão e de perdas são conhecidos, sendo necessária apenas a atualização de custos associados à energia e aos equipamentos para a atualização dos resultados.

### 1.3.6 Ajuste Automatizado de Parâmetros

A obtenção de respostas para problemas de otimização de sistemas de distribuição é bastante dependente da modelagem utilizada e, especialmente quando o processo faz uso de heurísticas, dos parâmetros utilizados. Tais elementos podem definir o nível de qualidade dos

resultados obtidos, tendo em vista a impossibilidade da varredura completa do espaço de busca em problemas comumente estudados. Assim, múltiplos autores se dedicam a realizar análise de sensibilidade dos parâmetros utilizados em problemas como a parametrização de relés de proteção (LANGAZANE; SAHA, 2022), visando evitar convergência prematura e conseqüente incapacidade de encontrar soluções distantes dos valores de inicialização. Em grande parte dos trabalhos que fazem uso de heurísticas, no entanto, os parâmetros são obtidos de maneira empírica, não havendo garantia da obtenção de resultados de igual qualidade para todos os sistemas quando utilizados os mesmos parâmetros.

Em função disso, diferentes autores entendem que é importante que os parâmetros de busca sejam ajustados automaticamente pelo algoritmo, conforme suas características e suas necessidades (YANG *et al.*, 2013; SMULLEN *et al.*, 2014). Além das características próprias dos sistemas sob análise, é também importante que sejam considerados pelo ajuste automatizado de parâmetros outros fatores, incluindo o tempo de solução e o poder computacional disponível para a solução dos problemas sob análise. Desta forma, a otimização de sistemas elétricos de distribuição pode ser realizada em tempo real (FAN *et al.*, 2021) ou sem a disponibilidade de *hardware* dedicado e de maior capacidade, permitindo o aprimoramento de soluções ainda que em condições subótimas.

Alguns dos maiores desafios na otimização de sistemas dizem respeito à definição de ajustes dos métodos e à necessidade de hardware e tempos adequados para a solução, o que muitas vezes faz com estes métodos sejam adequados para casos com certa natureza, não garantindo a obtenção de resultados em outras situações. Cada novo sistema a ser otimizado precisa ser anteriormente estudado a fim de se verificar como deve ser realizada a busca e quais os recursos necessários, o que muitas vezes não é possível ou mesmo desejável. Neste sentido, este trabalho contribui ao apresentar técnicas de intensificação de busca que objetivam extrair em poucos segundos informações relevantes dos sistemas e dos requisitos ideais para sua otimização. Desta forma, diferentemente do que acontece com muitos jogos e softwares comerciais, para os quais são divulgados requisitos mínimos e recomendados para sua execução, o único requisito do método desenvolvido é que o sistema utilizado seja capaz de executar MATLAB® e OpenDSS. Neste caso, o método faz uso do que tem à disposição e busca extrair os melhores resultados possíveis.

## 1.4 Objetivos

O presente trabalho tem por objetivo geral desenvolver um método computacional que faça uso do OpenDSS e maximize a rentabilidade na operação de alimentadores de distribuição. Para alcançar esse objetivo, foram definidos alguns objetivos específicos, detalhados nesta subseção. Um deles é garantir a operação dentro de padrões técnicos e normativos (ANEEL, 2021a; IEEE, 1988, 2013), considerando as características próprias dos sistemas de distribuição. Para desenvolver o método computacional, outros objetivos específicos delimitados são reconfigurar redes de distribuição; alocar e ajustar reguladores de tensão em redes de distribuição; e alocar e dimensionar bancos de capacitores; por meio das técnicas de *Branch and Bound* e de Algoritmos Genéticos. Outro objetivo específico é reduzir custos das concessionárias relativos a perdas técnicas e investimentos para construção e manutenção de suas redes, garantindo uma melhor utilização de equipamentos e uma maior qualidade da energia entregue aos usuários do sistema. É também definido como objetivo específico garantir a conectividade e a radialidade do sistema, enquanto atende todas as cargas.

Outro objetivo específico é modelar adequadamente os custos relacionados à realização de alterações em sistemas de distribuição, os quais usualmente são representados unicamente em função da potência dos equipamentos, o que não condiz com a realidade do setor. Neste caso, é importante modelar a forma como o número de bancos instalados, o número de fases de cada banco e a potência em cada fase são agrupados de modo a representar o custo total da instalação dos equipamentos. Deste modo, evita-se a necessidade de limitação do número de capacitores por alimentador, por exemplo, tendo em vista que uma situação tecnicamente mais interessante, como a compensação em todas as barras, torna-se inexecutável devido aos custos com equipamentos adicionais e mão de obra, não dependentes da potência. Assim, equipamentos só são considerados na rede se seus custos de instalação são compensados por maiores receitas para a distribuidora, devendo todos os valores utilizados serem os de mercado para o período em análise.

Por fim, o método tem por objetivo específico adaptar parâmetros do processo de solução de modo a garantir a obtenção de soluções de interesse técnico independente do caso sob análise e dos recursos disponíveis de hardware e tempo. Assim, um sistema com rápida solução pelo OpenDSS pode ter mais soluções testadas em uma busca mais detalhada do que um sistema mais complexo e de solução mais lenta se considerados o mesmo tempo disponível para a obtenção de soluções. Da mesma forma, ainda que com tempo ilimitado e com um sistema computacional de

alto desempenho à disposição seja possível a obtenção de melhores resultados, a adaptação do método permite que um engenheiro de planejamento possa obter, utilizando seu laptop pessoal, soluções a serem apresentadas em uma reunião marcada para pouco tempo depois, as quais já podem fornecer um norte para uma futura tomada de decisão ou mesmo um teto para os investimentos necessários.

## 1.5 Trabalhos Aceitos para Publicação

RESENDE, D. S.; ARAUJO, L. R.; PENIDO, D. R. R.. Multiple and Combined Optimization of Resources in Distribution Power Systems. **IEEE Latin America Transactions**. Aceite recebido em 31 de maio de 2023.

## 1.6 Estrutura do trabalho

O Capítulo 0 apresenta uma introdução ao tema, apresentando um panorama geral da otimização de sistemas elétricos de potência, especialmente no que diz respeito aos sistemas de distribuição. Para isso é feita uma revisão bibliográfica apresentando trabalhos recentes, suas abordagens e suas contribuições na área. Por fim, são apresentados os objetivos a serem alcançados e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 traz modelos e premissas de equipamentos utilizados, posicionados e ajustados por este trabalho, apresentando as possibilidades para os mesmos e os impactos na operação destes sistemas. Esta seção inclui também as premissas adotadas no desenvolvimento do trabalho e o qual seu objetivo dentro do escopo adotado. Adicionalmente, Apêndice A - inclui considerações sobre os demais equipamentos necessários à operação destes sistemas, mas que não são foco do problema de otimização.

O Capítulo 3 apresenta o método proposto para a otimização de sistemas elétricos de distribuição através da solução dos problemas de (i) reconfiguração, (ii) alocação e dimensionamento de capacitores e (iii) alocação, dimensionamento e ajuste de reguladores de tensão. A Seção 3.1 trata do modelo matemático, enquanto a Seção 3.2 trata de impactos e desenvolvimentos relacionados à modelagem adotada e a Seção 3.3 foca nos critérios de intensificação de busca, ao passo a Seção 3.4 apresenta a primeira etapa da solução do problema.

O Capítulo 4 apresenta resultados para as simulações realizadas utilizando o método proposto em suas duas etapas, considerando para isso variações de tempo e poder computacional disponíveis para solução conjunta dos três subproblemas de otimização e aplicados em casos da literatura.

O Capítulo 5 traz conclusões quanto ao método proposto e os diferentes resultados obtidos. Além disso, são discutidas na seção os aprimoramentos apresentados pelo trabalho, quais questões não puderam ser modeladas pelo método e como tais questões, bem como outras de grande relevância, podem ser tratadas em trabalhos derivados deste.

Ao final do trabalho, são apresentadas as Referências utilizadas, juntamente com os Apêndices A-C, que apresentam os modelos de outros equipamentos não relacionados diretamente à otimização realizada neste trabalho, procedimentos executados pelo método e dados relacionados aos sistemas simulados. Por fim, são incluídos os Anexos A-D, compostos por esquemas de ligação de equipamentos e custos relacionados a insumos e energia.



## 2 MODELOS, PREMISSAS E TÉCNICAS

Devido às características que diferenciam sistemas de distribuição dos sistemas de transmissão e da constante evolução das tecnologias utilizadas em alimentadores, existem múltiplas abordagens para a otimização de recursos em alimentadores, ficando a critério de pesquisadores entender qual a estratégia a ser seguida. Para isso, é importante o entendimento de modelos, a definição de premissas básicas e a escolha de técnicas a serem adotadas neste trabalho, de modo a se definir o caminho a ser seguido, as ferramentas a serem utilizadas e os objetivos a serem atingidos por este trabalho.

Neste sentido, a primeira questão definida diz respeito à limitação do escopo deste trabalho e quais equipamentos são alvo da otimização realizada. A maior parte dos alimentadores de distribuição faz uso de chaves, reguladores de tensão e capacitores, equipamentos que, se tratados de maneira adequada, permitem a obtenção de ganhos diversos em sistemas de distribuição. Por isso estes equipamentos são classicamente otimizados, embora na maior parte das vezes este processo considere-os individualmente ou em pares, ao passo que para distribuidoras de energia é importante a sua análise conjunta, tendo em vista o impacto da atuação de um equipamento nos demais, razão pela qual opta-se pela otimização conjunta dos três. Assim, as seções 2.1 a 2.3 trazem considerações adicionais sobre estes equipamentos e características relevantes para o processo de otimização.

Tendo sido definido o escopo, são escolhidas as ferramentas de software necessárias à modelagem e à realização de estudos de fluxo de potência utilizando uma ferramenta aberta, com grande nível de detalhamento de componentes e específica para sistemas de distribuição. Desta forma, neste trabalho opta-se pela utilização do OpenDSS como responsável pela realização dos estudos elétricos, enquanto o MATLAB<sup>®</sup> é responsável pelo tratamento destes. Esta escolha garante a obtenção de resultados confiáveis e permite a integração entre o método desenvolvido e seu motor de simulação. Na Seção 2.4 são apresentadas informações adicionais sobre o OpenDSS que justificam sua escolha.

Além da definição de ferramentas, outra característica importante para o problema de otimização desenvolvido deste trabalho é qual o objetivo a ser maximizado ou minimizado. Havendo diversas características elétricas de interesse a serem analisadas durante a operação de sistemas de distribuição, problemas de otimização para tais sistemas são tratados como multiobjetivo, sendo necessária para uma análise objetiva e automatizada a adoção de pesos que

permitam a comparação de alternativas por meio de um único valor. Este processo, no entanto, abre espaço para a subjetividade na análise de resultados individuais e na evolução do próprio processo de otimização. No entanto, a realidade de empresas de energia não pode ser dependente do ajuste de parâmetros de um modelo de otimização.

Neste trabalho entende-se que distribuidoras de energia precisam ser encaradas como qualquer outra empresa e que seu objetivo deve ser a obtenção de lucro por meio de sua atuação naquele setor, devendo a função objetivo ser modelada de modo a representar o balanço financeiro da empresa. Assim, características elétricas devem ser analisadas não em função de seu valor em Volts, Ampères ou Watts, mas em como estes valores se traduzem, direta ou indiretamente, em receitas ou despesas. Analisar perdas como energia desperdiçada leva a diferentes resultados em função de como o problema é tratado, mas tratá-las como quantidade de energia que é comprada ou gerada e injetada no sistema (despesa), mas não é faturada (receita), torna a análise do problema mais objetiva, uma vez que energias injetadas e fornecidas possuem custos associados. Da mesma forma, a implementação de soluções de natureza técnica possui custos diretos associados, relacionados a equipamentos e mão de obra necessários. Assim, tratar custos diretos ou indiretos relacionados às soluções sob análise garante resultados mais coerentes e consistentes quando tudo é convertido em moeda.

Outras questões usualmente tratadas dentro de uma otimização multiobjetivo não possuem impacto direto no balanço financeiro, não sendo relevante sua incorporação direta à função objetivo deste trabalho. Níveis de tensão, por exemplo, podem ser tratadas como restrições e não como objetivos, uma vez que é possível a operação em qualquer ponto dentro da faixa adequada de tensão. Da mesma forma, diferentes compensações financeiras são requeridas das distribuidoras quando limites do PRODIST são violados. Indiretamente, no entanto, o impacto de tais questões é incluído na função objetivo do problema, tendo em vista que a alteração de níveis de tensão leva a alterações em perdas, equipamentos necessários e energias injetada e fornecida, enquanto penalizações por violação de questões do PRODIST geram multas proporcionais as definidas pela normativa (ANEEL, 2021b). As seções 2.7 e 2.8 apresentam então questões de interesse e como são tratadas neste trabalho.

Outra questão comumente considerada em processos de otimização encontrados na literatura refere-se à modelagem dos custos dos equipamentos baseada exclusivamente em potência. Nesta situação bancos tendem a ser fracionados em menores potências e distribuídos em

um maior número de pontos do sistema, o que resulta em maiores custos com instalação e operação em sistemas reais de distribuição. Em virtude do exposto, este trabalho adota uma modelagem dos custos com a instalação de equipamentos baseada em três parcelas, conforme descrito na Seção 3.2.3. Tal modelagem é compatível com a realidade do setor e faz uso de padrões construtivos adotados por distribuidoras para a composição das diferentes possibilidades de custos, impedindo que resultados sejam enviesados.

Por fim, custos relacionados à implementação de equipamentos possuem efeitos financeiros que podem ser diluídos ao longo do tempo, sendo necessária uma modelagem adequada. Assim, este trabalho considera que os valores necessários são obtidos por meio de uma instituição financeira a uma taxa adequada. Estes valores precisam ser então tratados por meio de um modelo financeiro de modo a ser incorporado à função objetivo, sendo aqui adotado o Sistema PRICE em virtude da amortização em parcelas constantes, sendo outras questões associadas descritas na Seção 2.9.

## 2.1 Chaves e Topologia

O funcionamento adequado de redes de distribuição se deve, entre outras coisas, pela topologia por elas adotada, impactando diretamente em questões como perdas de potência ativa, desequilíbrios e níveis de tensão. A simples alteração do sentido de circulação de corrente em um pequeno trecho do alimentador já é capaz de, dependendo da situação, trazer mudanças significativas nos resultados, o que faz com que o problema de reconfiguração, embora clássico, seja de grande interesse ainda hoje.

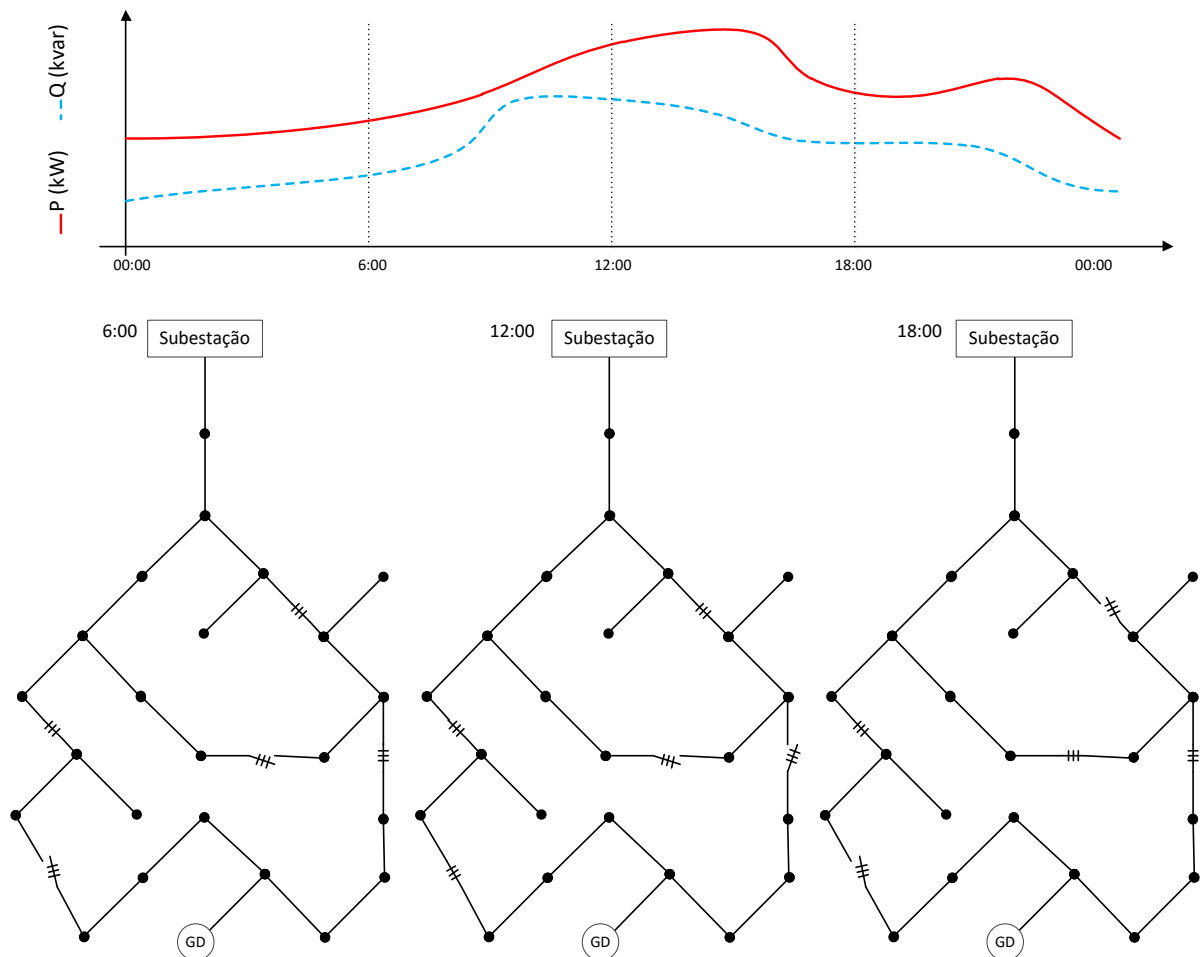
Em sistemas de distribuição as topologias radiais são as mais utilizadas, muito em função de uma coordenação facilitada da proteção, resultante da unidirecionalidade de fluxo da potência existente na maioria dos casos. No entanto, no que diz respeito aos níveis de tensão, níveis de perdas e correntes nos ramos, a escolha costuma trazer prejuízos para a operação do sistema, restringindo os caminhos pelos quais a corrente pode circular.

Classicamente, prioriza-se a proteção e simplicidade de operação em detrimento das outras questões, sendo as possíveis melhorias limitadas pela manutenção do arranjo radial. Desta forma, para que qualquer alteração seja feita no sistema visando reduzir as perdas e melhorar os níveis de tensão, chaves dispostas ao longo do alimentador devem ser manobradas, passando de

abertas para fechadas (e vice-versa) conforme necessidade, mas sempre mantendo o sistema radial e conexo (KERSTING, 2017).

As chaves podem ser manobradas local ou remotamente, podendo no segundo caso ser considerada a possibilidade de uma reconfiguração dinâmica da rede, o que é particularmente útil quando as alterações no funcionamento da rede decorrem de variações em GDs e cargas. Neste sentido, dados de tensão e corrente podem ser analisados e, em função dos valores observados, serem realizadas manobras de abertura e fechamento de chaves de modo a se modificar o comportamento da rede, como na Figura 2.1. A existência de reguladores de tensão, pode, no entanto, dificultar ou mesmo inviabilizar possíveis configurações para o sistema.

Figura 2.1 – Alteração no estado das chaves em função da carga



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Caso opte-se por manter uma configuração radial fixa a definição de quais chaves devem ser mantidas requer um estudo que considere as características da rede e a variação de cargas e gerações. Dentre os ótimos de Pareto considerados para a configuração do sistema em cada nível

de carregamento, existirão combinações ótimas e subótimas, que não necessariamente serão aquelas obtidas para a operação global do sistema. A solução ótima para o cenário global pode inclusive ser subótima para cada um dos níveis de carregamento.

Da mesma forma, a melhor configuração de rede não garante os melhores resultados quando são incluídos novos equipamentos como reguladores de tensão e capacitores, podendo uma rede inicialmente menos interessante apresentar melhores resultados com os mesmos custos de investimento. Assim, é importante que múltiplas configurações de rede sejam analisadas, de modo a garantir que soluções com um menor piso<sup>1</sup> não sejam descartadas, podendo se desenvolver com o avanço da otimização como soluções com melhores resultados, superando o teto de soluções com maior piso.

## 2.2 Capacitores

Havendo necessidade de se transferir a energia elétrica dos pontos de geração até os de consumo, independente dos níveis de tensão e dos materiais utilizados, as quedas de tensão são uma realidade da qual não se pode fugir, trazendo consigo também o problema das perdas de potência ativa, bastante notáveis em sistemas de distribuição. Se não podem ser evitados, é importante que sejam obtidas formas para mitigar o problema, sendo a alocação de capacitores a mais clássica delas (BARAN; WU, 1989a).

Capacitores em conexão *shunt* são especialmente úteis na distribuição devido à natureza indutiva das cargas equivalentes observadas em tais sistemas, a qual demanda um aporte local de potência reativa. Tal inserção contribui na solução do problema por reduzir a potência aparente que circula pelos condutores e assim o valor das correntes associadas. Em razão disso, como as

---

<sup>1</sup> A avaliação de prospectos em situações de incerteza quanto à efetivação do seu desenvolvimento costuma ser realizada muitas vezes com base no piso e no teto de cada candidato. Candidatos com maior piso possuem um potencial base maior, tais como as melhores soluções para o problema puro de reconfiguração. Por outro lado, o teto é entendido como uma métrica quanto ao máximo que uma alternativa pode atingir, não havendo correlação com o piso ou mesmo a garantia de que seja atingido (STERN, 2020). A forma como soluções com maiores teto e piso são escolhidas tende a ser subjetiva, sendo outros fatores levados em consideração, como o número de candidatos que podem ser testados.

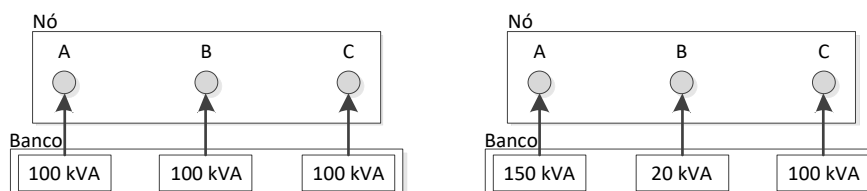
amplitudes das correntes estão diretamente relacionadas a quedas de tensão e perdas, tais valores acabam sendo reduzidos, permitindo uma redução nos gastos com a operação do alimentador e um aumento na capacidade de alimentar cargas ativas.

Quando ligados a nós do sistema, os capacitores fornecem localmente a potência capacitiva responsável pela redução do fator de potência, devendo, no entanto, a localização e o dimensionamento dos bancos levar em consideração características da rede (EL-FERGANY; ABDELAZIZ, 2014). Excesso de potência reativa injetada no sistema é tão prejudicial quanto a falta dela, sendo o valor ideal variável em função da posição de inserção, da topologia da rede e do nível atual de carregamento.

A compensação de reativos é então dependente de características próprias de cada sistema, o que inclui, entre outras coisas, a questão do balanceamento de cargas. Se para motores de indução trifásicos, sempre indutivos e com a potência igualmente distribuída entre as fases, a correção pode ser feita de maneira simétrica, o mesmo pode não ocorrer para alimentadores de distribuição. Nestas redes, a própria disposição dos condutores no espaço dá origem a desequilíbrios, além do fato de o balanceamento de carga se dar para cargas instaladas, as quais podem ou não estar ligadas num mesmo instante.

Desta forma, a adição de bancos de capacitores deve ser feita de modo a resolver o problema para as três fases em vez de transferir o mesmo, o que pode levar à alocação assimétrica de recursos. Nesse caso, a potência injetada em cada fase pode variar, de modo a corrigir o problema da maneira mais adequada possível, como visto na Figura 2.2.

Figura 2.2 – Compensações simétrica e assimétrica de potência reativa.

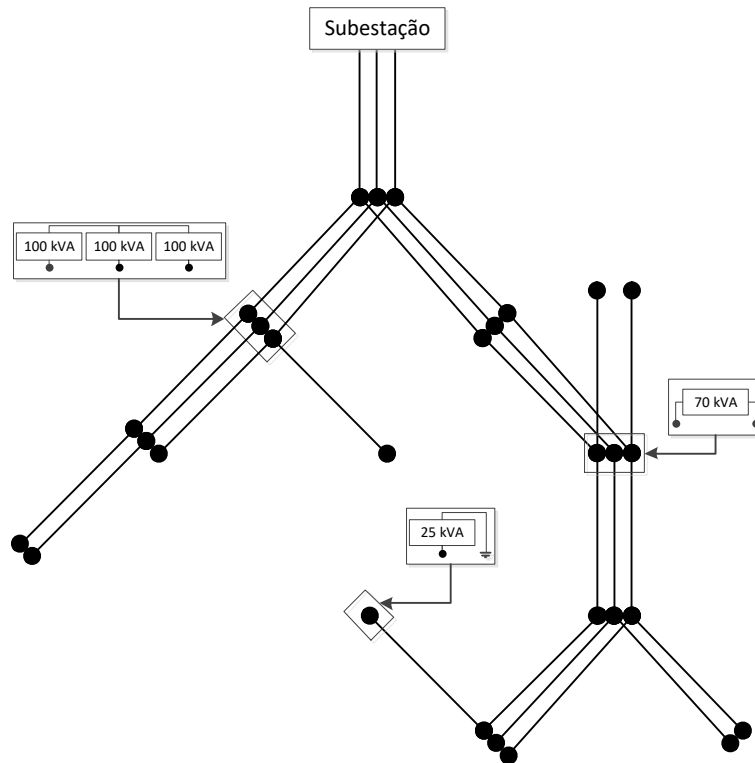


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

A depender de características da rede, a compensação pode levar a alterações no comportamento de cada fase de maneira independente, podendo ser um problema ou uma solução em função de como é feita. Até mesmo a ligação do banco pode afetar os resultados, uma vez que uma ligação em Y alteraria a relação entre fase e neutro e em Delta a relação entre fases. Para que

a compensação possa ser feita de maneira adequada para o alimentador como um todo ela então pode contemplar diferentes arranjos para diferentes pontos do sistema, como visto na Figura 2.3. Este trabalho considera, no entanto, que apenas a ligação em Y, comumente utilizada por distribuidoras, é adotada.

Figura 2.3 – Compensações de potência reativa para o sistema



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

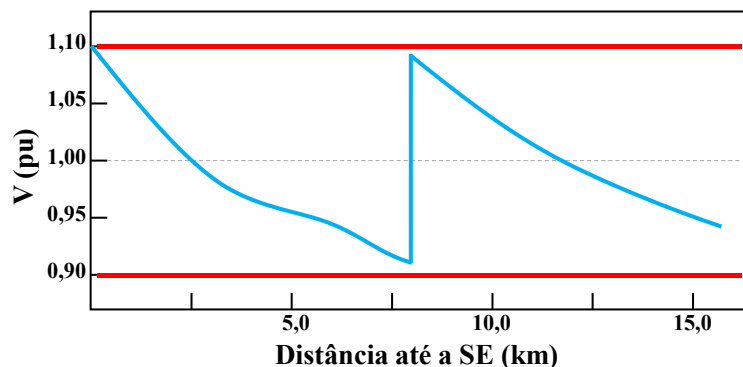
Sendo o sistema projetado para trabalhar dentro da faixa adequada de tensão do PRODIST e havendo margem para a existência de desequilíbrio, adota-se neste trabalho a premissa de que a variação da curva de carga deve ser compensada, inicialmente, apenas pelos reguladores de tensão. A alocação de capacitores é feita considerando regiões do sistema como *clusters* e sua potência é estimada a partir da potência base demandada no cluster, podendo ser dimensionada de forma desequilibrada, a critério do algoritmo de otimização.

### 2.3 Reguladores de Tensão

Os bancos de capacitores são especialmente úteis para a manutenção dos níveis de tensão e a redução das perdas quando há um déficit de potência reativa no sistema, o que nem sempre existe. Neste caso, a utilização de reguladores de tensão permite a manutenção dos níveis de tensão

dentro de limites adequados, como na Figura 2.4, mesmo para situações nas quais a potência reativa já é controlada e a corrente transfere principalmente potência ativa.

Figura 2.4 – Manutenção da tensão entre limites de 0,90 pu e 1,10 pu garantida pela atuação do regulador



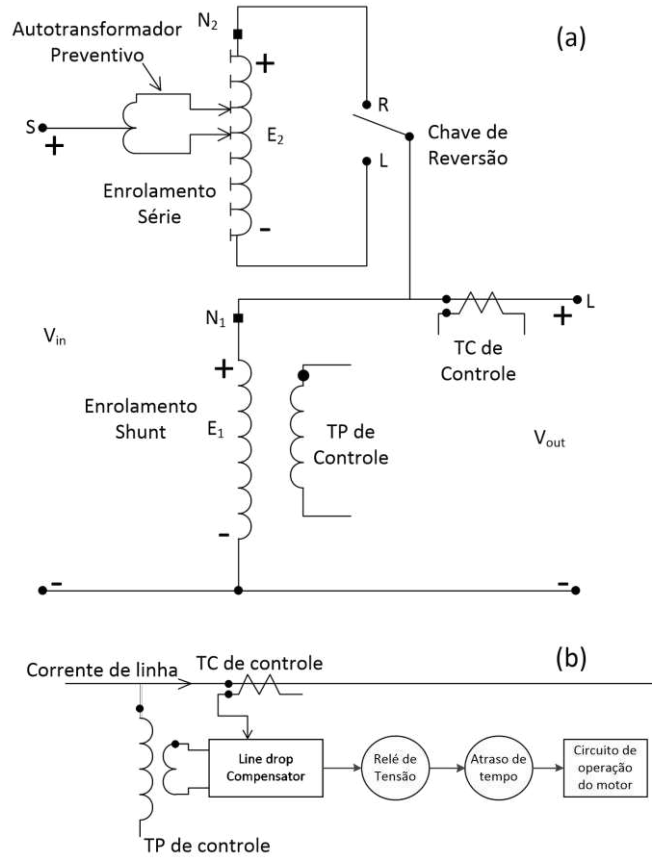
Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Além disso, a variação do carregamento ao longo do dia faz com que seja necessária a atuação de um equipamento capaz de compensar essa mudança, mantendo as tensões dentro de limites adequados e contribuindo para a redução das perdas no sistema (KERSTING, 2017). O regulador de tensão tem então a função de alterar a relação de transformação do primário para o secundário em resposta a alterações em medições de tensão e corrente efetuadas, de modo a corrigir qualquer alteração. Sua operação envolve a mudança de tape do transformador sob carga (*on Load Tap Changing, OLTC*), a qual não traz impactos significativos para a operação do sistema.

O regulador é formado por um autotransformador e um mecanismo OLTC, como na Figura 2.5a, responsável por alterar as conexões, permitindo a variação da relação de transformação a partir dos dados obtidos por intermédio de TCs e TPs, posteriormente analisados pelo circuito compensador de queda de tensão (*line drop compensator*). O valor do tape é definido por um circuito de controle, como na Figura 2.5b, e geralmente pode variar a saída em  $\pm 10\%$ , divididos em 33 tapes, sendo o central e outros 16 em cada sentido. Essa alteração é feita de maneira independente entre fases, podendo a relação de transformação ser diferente para cada fase do regulador, de modo a se obter a mesma tensão no ponto de referência, que pode ou não ser na saída do transformador.



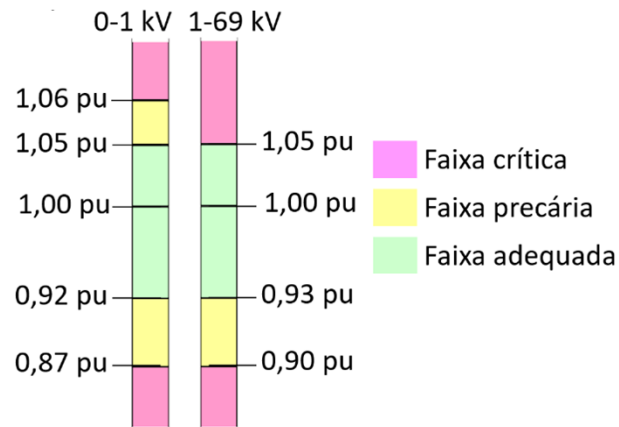
Figura 2.5 – Circuito (a) do regulador de tensão e (b) do circuito de controle.



Fonte: Kersting (2017), p. 197.

Para que o regulador tenha uma operação correta, mantendo os níveis de tensão adequados, seu ponto de referência é comumente tratado como o centro de carga do trecho do sistema por ele regulado, o qual pode variar ao longo do dia conforme ocorrem variações de carregamento. Esses níveis de tensão são, segundo o Módulo 8 do PRODIST - Qualidade da Energia Elétrica (ANEEL, 2021b), classificados dentro das: (i) faixa adequada de tensão; (ii) faixas precárias de tensão; e (iii) faixas críticas de tensão, conforme a Figura 2.6.

Figura 2.6 – Faixas de tensão definidas pelo PRODIST.



Fonte: Adaptada de ANEEL (2021b).

O sistema deve operar preferencialmente dentro da faixa adequada de tensão ou, em situações limítrofes, das faixas precárias de tensão. A referência a este ponto é dada ao sistema de controle do regulador de tensão através dos parâmetros  $R_V$  e  $X_V$ , dados em Volts, que representam a impedância equivalente entre o ponto de medição e o de referência, para o qual se deseja definir o valor de tensão. Os valores de  $R_V$  e  $X_V$  podem ser obtidos conforme a Equação (1).

$$R_V + jX_V = (R_{linha} + jX_{linha}) \cdot \frac{C_{P_{TC}}}{RTP} \quad (1)$$

Onde:

- $R_V$  Ajuste de R do regulador [V];
- $X_V$  Ajuste de X do regulador [V];
- $R_{linha}$  Resistência até o centro de carga [ $\Omega$ ];
- $X_{linha}$  Reatância até o centro de carga [ $\Omega$ ];
- $C_{P_{TC}}$  Corrente nominal do primário do TC [A];
- $RTP$  Relação de transformação de potencial [V/V].

Neste trabalho, reguladores de tensão são adotados para garantir os critérios de tensão e desequilíbrio do PRODIST, bem como compensar variações observadas na curva de carga do sistema. Para fins de dimensionamento, a potência é definida a partir de cenários de carga pesada ao final do horizonte de planejamento, com TCs e TPs sendo dimensionados para a mesma situação. Seu controle é definido como sendo feito por fase, podendo a parametrização ser realizada para o controle de cada fase em uma barra do sistema, a critério do algoritmo.

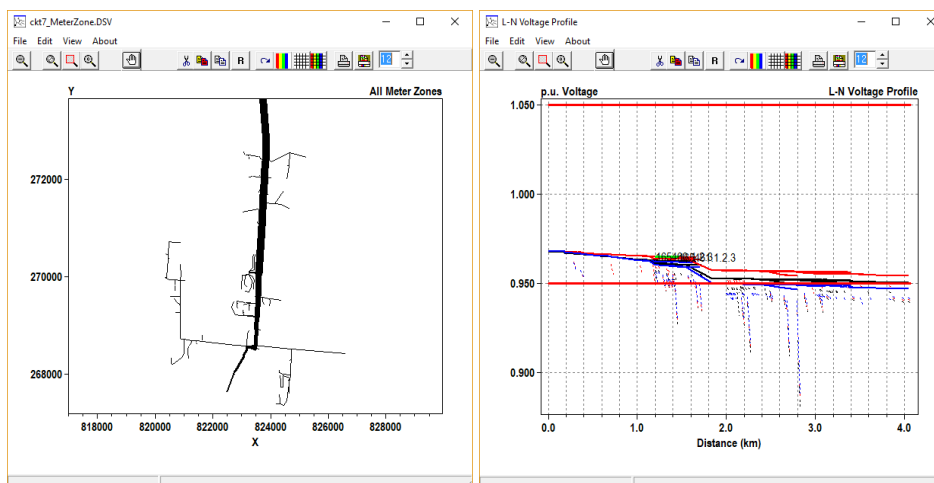
## 2.4 OpenDSS

Desenvolvido pelo *Electric Power Research Institute* (EPRI) o OpenDSS é uma ferramenta de simulação para sistemas elétricos de distribuição lançada em 2008 e capaz de realizar a maioria das simulações no domínio da frequência comumente feitas para esses sistemas. Seu desenvolvimento tem se concentrado, nos últimos anos, na implementação de novas funções, voltadas principalmente para o estudo de *smart grids*, modernização da rede e questões relacionadas a energias renováveis (EPRI, 2011), tais como curvas de radiação (SMITH; DUGAN; SUNDERMAN, 2011) e de ventos (CHIRAPONGSANANURAK *et al.*, 2012). A ferramenta permite de maneira simplificada a modelagem de todos os aspectos de alimentadores reais de distribuição, incluindo diferentes valores de impedância por fase em cada trecho do alimentador, cargas com potências e ligações variadas e reguladores de tensão independentes entre as fases. Dessa forma, as análises podem ser realizadas com base em um sistema mais próximo do real, o que acaba por se refletir nos resultados de elevada qualidade.

Elementos de geração distribuída, tais como painéis fotovoltaicos, geradores eólicos e estruturas de armazenamento também podem ser incluídos, modelados como mono, bi ou trifásicos de maneira adequada, de modo a representar o equipamento da maneira mais real possível. Da mesma forma, bancos de capacitores podem ser representados com diferentes números de fases e ligações, quer sejam fixos, chaveados ou controlados (EPRI, 2011).

Tudo isso contribui para que análises do alimentador possam ser efetuadas tal como ele é, tornando possível a obtenção de resultados adequados independentemente do tipo de estudo realizado. Alguns destes resultados podem ser apresentados de maneira gráfica, como visto na Figura 2.7, facilitando ou mesmo melhorando a análise por parte do usuário da ferramenta.

Figura 2.7 – Gráficos gerados pelo OpenDSS



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Operando de maneira isolada, o OpenDSS já é uma plataforma bastante útil, mas é a possibilidade de integração com outras ferramentas que o torna ainda mais poderoso, permitindo uma enorme gama de estudos em sistemas de distribuição. Tal integração, realizada por meio da interface COM ou por meio de diversas bibliotecas disponibilizadas pelo EPRI, permite sua utilização em conjunto com MATLAB<sup>®</sup>, VBA ou qualquer outra linguagem utilizada pelo pesquisador, tudo bastante documentado na internet e facilmente integrável à solução adotada.

Destaca-se também o quão ativo é o desenvolvimento da ferramenta, com a inclusão de recursos e a melhoria dos existentes. Da mesma forma, a comunidade envolvida é de grande valia, sendo o fórum utilizado como uma forma de contato direto com os pesquisadores do EPRI e outros usuários da plataforma.

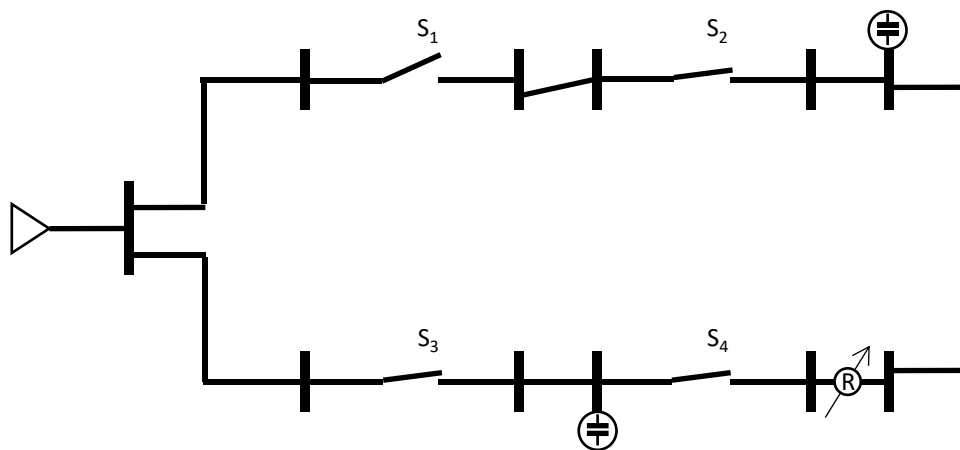
## 2.5 Divisão da Otimização em Duas Etapas

A partir da questão da eficiência de Pareto, a existência de ótimos para cada problema isolado não garante que resultados para o problema global, fruto da combinação de resultados para problemas menores, sejam soluções ótimas. Isso ocorre porque para cada situação isolada os resultados mostram apenas parte do problema, sendo os outros dados preteridos. O atendimento de restrições dos demais acabaria por reduzir a qualidade da solução de cada problema tratado de maneira independente, mas num contexto geral permitiria a obtenção de uma melhor solução.

Contudo, a forma como os três problemas são otimizados pode trazer desafios ou mesmo impossibilitar a obtenção de soluções de maior qualidade. Tal questão está relacionada

diretamente com o problema de reconfiguração de sistemas de distribuição, uma vez que alterações nos estados das chaves podem levar a grandes variações nos efeitos gerados por reguladores e capacitores, como na situação da Figura 2.8. Neste cenário, o algoritmo já avançou com a inserção de regulador de tensão na posição indicada, de modo que ainda que a melhor solução envolva a abertura da chave  $S_4$  (com o fechamento de  $S_1$ ) e que ela seja testada, a qualidade tenderá a ser prejudicado devido à existência de um equipamento, previamente alocado, que traz custos para o sistema, mas não traz benefícios. Por outro lado, mantida a configuração de chaves mostrada, capacitores e reguladores de tensão podem ser ajustados de maneira concomitante e ainda assim é possível a evolução de ambos.

Figura 2.8 – Sistema com alocação de equipamentos.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Desta forma, o método é desenvolvido em duas fases, sendo a primeira responsável pela definição da configuração de rede, selecionando aquelas que apresentam bons resultados independente da adição de reguladores e capacitores adicionais. A priorização da reconfiguração é adotada devido à inexistência de custo associada ao processo, tendo em vista que ele faz uso de equipamentos já instalados no sistema. Na sequência, é desenvolvida a segunda fase do método, durante a qual o algoritmo avança com a inclusão de reguladores de tensão e capacitores, necessários para a operação mais rentável do sistema.

## 2.6 Técnicas de Otimização

A otimização dos sistemas de distribuição passa pelo entendimento, modelagem e adequação de diversos pontos relacionados aos mesmos, não sendo a busca por soluções ideais para cada problema específico a garantia de uma solução ótima para o problema completo. Neste

sentido, a busca por soluções de interesse passa pela definição em como os três problemas são tratados de maneira individual e, posteriormente, de maneira conjunta, tendo em vista que tal processo pode ser abordado de diferentes formas e utilizando diferentes técnicas.

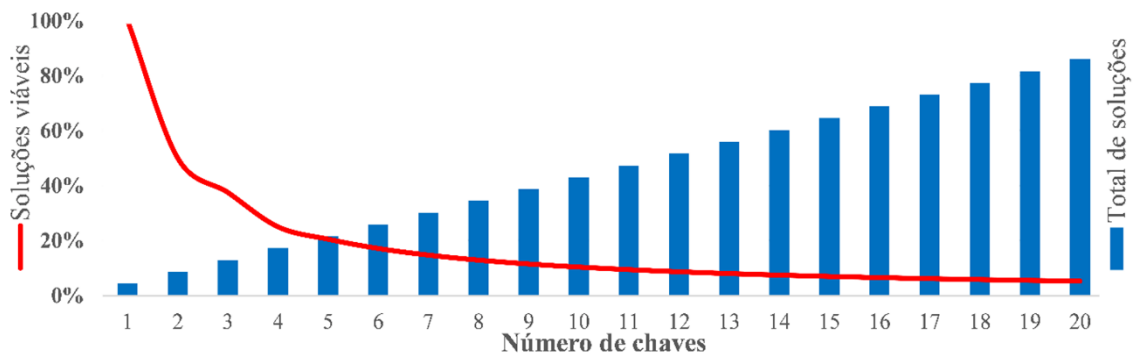
Uma classe de heurística comumente utilizada em problemas de planejamento de sistemas elétricos de distribuição é a dos Algoritmos Genéticos (AGs) (MITCHELL, 2001), que se baseiam no funcionamento do código genético de espécies em evolução. Se modelados adequadamente, alguns problemas podem apresentar bons resultados com um esforço computacional adequado, enquanto outros processos não aproveitam a técnica da mesma forma.

Nem todos os problemas fazem uso adequado de AGs, sendo apresentadas na sequência as análises realizadas e as considerações feitas de modo a justificar a escolha pela utilização de técnicas distintas para cada fase do processo. Assim, é descrito na seção 2.6.1 os motivos pelos quais entende-se como não sendo a escolha adequada para o problema de reconfiguração, além de ser definida a técnica a ser utilizada. Por outro lado, a otimização de capacitores e reguladores de tensão se beneficia da utilização de AGs, sendo apresentado na Seção 2.6.2 um algoritmo baseado na técnica e específico para a utilização neste trabalho.

### 2.6.1 Fase 1 – Reconfiguração do Sistema

O processo de busca por soluções é feito em um espaço de busca contendo  $2^n$  soluções, onde  $n$  é o número de chaves existentes no sistema, o que leva a uma explosão combinatorial e dificulta a busca por soluções quando existe um elevado número de chaves, situação bastante comum em sistemas de distribuição. Contudo, a operação comumente radial do sistema faz com que o número de soluções viáveis represente apenas uma fração do espaço de busca, visto na Figura 2.9. A forma como a rede é conectada e onde as chaves estão localizadas varia o percentual de soluções viáveis, sendo mantida uma tendência da redução do percentual de combinações com o aumento do número de chaves.

Figura 2.9 – Explosão combinatorial e percentual de soluções viáveis do problema de reconfiguração.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

A forma como as chaves são inseridas do sistema altera o percentual de soluções viáveis, havendo um crescente número de combinações conforme são incluídas chaves, mas não a garantia de mais soluções viáveis. Sendo todas as chaves ligadas em série só existe uma solução viável dentre as  $2^n$  possíveis, ao passo que a conexão de todas em paralelo gera  $n$  soluções viáveis. Qualquer configuração entre estes dois extremos possui então diferentes percentuais de alternativas viáveis, sendo possível a observação de uma queda no percentual geral conforme diferentes configurações são modeladas e testadas para um dado quantitativo de equipamentos.

#### 2.6.1.1 Utilização de Heurística

A forma como o espaço de busca é percorrido em busca de soluções adequadas é então determinante para a qualidade dos resultados obtidos. Sendo utilizada uma heurística como o AG o processo pode ser simplificado, permitindo a evolução das soluções sem a necessidade de se verificar todo o espaço de busca. Contudo, havendo a opção pela manutenção do sistema como radial e conexo, torna-se computacionalmente ineficiente a utilização do operador de cruzamento, bem como é prejudicada a utilização de um operador de mutação. Isso acontece porque a evolução das soluções com a manutenção da radialidade torna necessária a avaliação de cada nova solução tão logo ela é montada, de modo a garantir que a topologia siga sendo radial. Para o operador de mutação a questão pode facilmente ser tratada, com a alteração sendo possível apenas para soluções que mantêm a configuração de rede, com a utilização do OpenDSS, o que é detalhado na Seção 2.6.1.2.

Por outro lado, a utilização do processo de cruzamento é bastante prejudicada pela necessidade da verificação de radialidade. Se após o cruzamento a solução é vista como inviável

o processo pode ser (i) repetido com novos pais, (iii) repetido com novo ponto de cruzamento ou (iii) abortado, como defendido por Guimaraes, Castro e Romero (2007). Sendo repetido, o algoritmo pode se deparar em situações nas quais não existe um par de soluções (pais) capaz de gerar uma nova solução viável, não havendo saída para o loop. Ainda que seja estabelecido um critério que permita a saída do *loop* após um número pré-estabelecido de tentativas, o processo faz um esforço computacional infrutífero e que pode ser mais bem aproveitado.

Desta forma, a utilização da técnica em um algoritmo com melhor funcionamento faria apenas uso do processo de mutação, com funcionamento mais previsível e sem a possibilidade de *loops* infinitos. Contudo, assim como para o processo de cruzamento sendo abortado após a não obtenção de soluções viáveis, muito poder computacional acaba por ser desperdiçado em situações nas quais o algoritmo pode cair em ótimos locais sem a possibilidade de escapar, tendo em vista ausência do operador de cruzamento, útil em situações do tipo. Posto isso, entende-se que uma técnica com maiores controle e previsibilidade é especialmente útil neste estágio do processo de solução.

#### 2.6.1.2 Utilização de Algoritmo Baseado em *Branch and Bound*

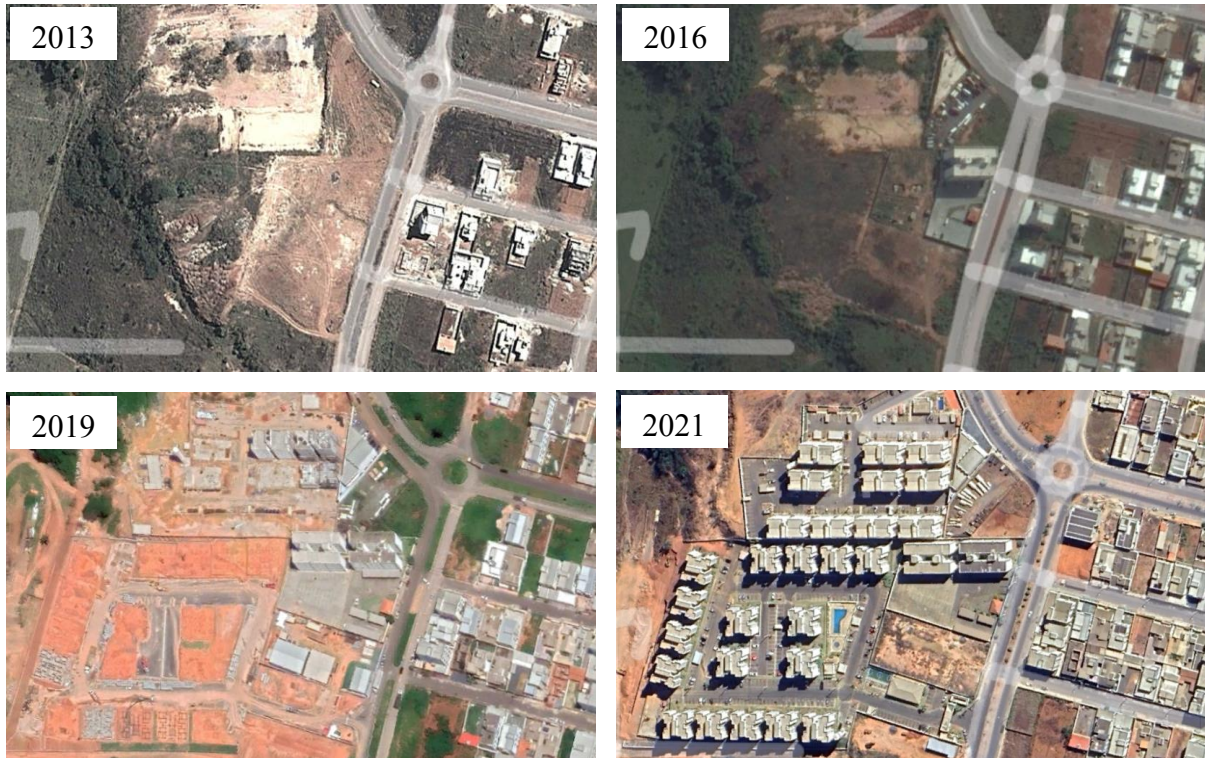
Situados na fronteira entre uma heurística e um processo de busca exaustiva, algoritmos baseados em *Branch and Bound* (LAND; DOIG, 1960) são bastante previsíveis e podem ser facilmente ajustados para garantir buscas locais exaustivas ou mais amplas e rasas com a alteração de poucos parâmetros, podendo inclusive serem variados durante o processo, se aproximando de técnicas como o *Simulated Annealing* (KIRKPATRICK; GELATT; VECCHI, 1983). Além disso, não havendo utilização de operadores como a roleta do AG, existe a garantia da varredura do espaço de busca com a possibilidade de evolução de soluções com um esforço computacional previsível ou mesmo calculável, a depender do problema sob análise. Em Jabr, Singh e Pal (2012) o método desenvolvido utiliza um algoritmo baseado nesta técnica, apresentando resultados de excelente qualidade.

Se a utilização de heurísticas avançadas facilita a obtenção de soluções mais próximas de um possível ótimo global, as necessidades de engenheiros de planejamento em sistemas de distribuição podem ser atendidas por uma ou mais soluções de elevada qualidade, capazes de melhorar o cenário atual das redes em análise. Considerando ainda as incertezas referentes a taxa de crescimento de carga, variação no carregamento de transformadores ao longo do dia e outras que comumente atingem tais sistemas, uma solução marginalmente superior obtida por meio de



um processo exaustivo pode facilmente se tornar inferior se um único ponto não previsto durante o processo de otimização é alterado, como no exemplo da Figura 2.10.

Figura 2.10 – Região com alteração na densidade de carga dentro do horizonte de planejamento.



Fonte: Google Earth (2023).

No local mostrado, localizado em uma cidade no interior de Minas Gerais, existe desde 2008 um loteamento residencial com foco em edificações unifamiliares de classe média baixa, com densidade populacional prevista pelo poder público para atingir 5.500 hab/km<sup>2</sup> após 20 anos. Contudo, em 2015 foi aprovado e posteriormente construído no local, como visto na segunda imagem, uma edificação multifamiliar à esquerda da região inicial. Posteriormente, já em 2019, foram aprovados novos empreendimentos, como visto na terceira imagem, com expectativa de uma densidade populacional superior a 70.000 hab/km<sup>2</sup> nos condomínios verticais, elevando a média da região para 19.000 hab/km<sup>2</sup> com as edificações mostradas na imagem de 2021. Embora a construção de empreendimentos do tipo tenha passado por prévia análise de carga por parte da concessionária, seus impactos anulam todos os esforços de planejamento para aquela região feitos ao longo de muitos anos.

### 2.6.1.3 Benefícios da técnica escolhida

Considerando o que é discutido nas seções 2.6.1.1 e 2.6.1.2, opta-se pela utilização de um algoritmo baseado em *Branch and Bound* para a solução do problema de reconfiguração, definido como a primeira fase do processo de otimização adotado neste trabalho. Seu uso garante a robustez necessária e a obtenção de múltiplas soluções, podendo ser facilmente ajustada a forma como a busca é realizada. Ainda que o processo possa demandar elevado esforço computacional em função das características do sistema em análise, a varredura pode percorrer toda a árvore, garantindo a obtenção da melhor solução para o espaço de busca. Além disso, sendo o processo realizado de maneira independente dos outros dois, esta fase pode ser realizada uma única vez com uma varredura detalhada da árvore e seus resultados posteriormente reutilizados em múltiplas rodadas da Fase 2.

Outro ponto importante da obtenção e armazenamento de tantas soluções quanto forem desejadas se refere à possibilidade da fácil atualização dos resultados após variação nos custos de equipamentos e mão de obra, discutidos na Seção 3.2.3. Se os custos variam de um mês para outro a concessionária pode atualizar os índices e verificar quais das configurações são agora aquelas que podem servir de base para a obtenção e uma rede com melhor rentabilidade.

Por fim, a critério de desenvolvedores e usuários do método, a busca pode ser realizada considerando critérios como graus de separação entre as soluções, permitindo que seja obtida, por exemplo, a melhor solução possível com a mudança do estado de até 5 chaves, reduzindo o número de intervenções feitas e ainda assim permitindo a evolução do cenário de operação. Outra possibilidade é a inclusão de candidatas manuais, obtidas por outros meios e que podem ser validadas pelo método ou mesmo serem utilizadas durante a segunda fase do processo conjunto de otimização mediante a alocação de capacitores e reguladores de tensão.

### 2.6.2 Fase 2 – Capacitores e Reguladores de Tensão

Diferentemente do que acontece para o problema de reconfiguração, a alocação e dimensionamento de capacitores, bem como a alocação e ajuste de reguladores de tensão, se apresentam como processos que muito se beneficiam da utilização de um AG. Isso acontece devido ao fato de os efeitos de tais elementos serem complementares, em oposição à relação de dependência entre estes e a configuração de rede. Assim, a alteração de ajustes para um deles não leva ao descarte dos avanços obtidos para o outro, podendo os dois processos serem realizados de maneira concomitante.

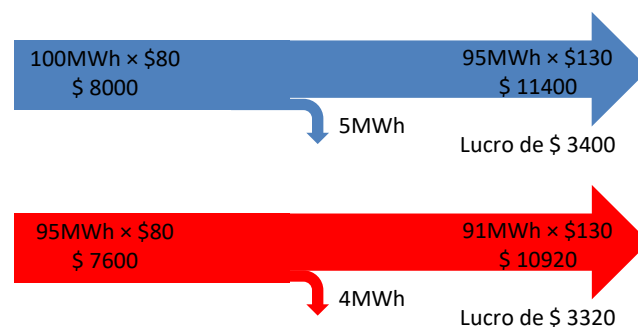
Contudo, devido ao modo como AGs operam e a como as distribuidoras de energia trabalham, é importante que sejam definidas discretizações para potências de bancos de capacitores e reguladores, bem como características de outros equipamentos, tais como cabos e postes utilizados, compatíveis com os padrões de concessionárias, além de relações de transformação para Transformadores de Corrente (TCs) e de Potencial (TPs) conforme as NBRs 6855 e 6856. Deste modo os resultados obtidos pelo método tornam-se mais aderentes à realidade de empresas de energia, podendo ser facilmente implementados em suas redes.

## 2.7 Balanço Energético e Perdas

Conforme a carga é variada ao longo do alimentador as variações diretas são facilmente observáveis, como a alteração em níveis de tensão e correntes nos ramos, as quais resultam na alteração dos valores relacionados às perdas de potência ativa. Indiretamente, no entanto, variações em níveis de tensão podem alterar a energia entregue aos clientes em função do tipo de carga alimentada (BAZRAFESHAN; GATSI, 2018), podendo haver uma alteração no balanço observado entre o que é injetado e o que é efetivamente fornecido e tarifado.

Embora pequena e variável em função das características dos alimentadores, esta alteração tende a ser superior aos ganhos, muitas vezes marginais, que podem ser obtidos em processos com a otimização baseados exclusivamente em perdas. Contudo, a partir do momento em que se tratam perdas como energia injetada e não faturada, mediante a multiplicação por seus respectivos custos, a variação na energia entregue pode até mesmo aumentar as perdas do sistema e ainda assim tornar o alimentador mais rentável, como na situação da Figura 2.11. Este comportamento é similar ao existente em situações de carga pesada, durante as quais elevam-se os níveis de perdas em decorrência do fornecimento de uma maior potência aos consumidores.

Figura 2.11 – Balanço financeiro da operação de compra e venda de energia



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Na situação mostrada na figura acima, a adoção da solução em vermelho é a mais indicada caso o problema seja focado na minimização das perdas do sistema. Neste caso, os 4 MWh de perdas (4,2% da energia injetada) representam um ganho de 20% sobre os 5 MWh (5% da energia injetada) da primeira situação. Por outro lado, analisando a questão por meio do balanço financeiro representado na figura, observa-se que, ainda que com maiores perdas, a alternativa em azul traz um rendimento maior. Isso acontece devido aos custos associados às energias injetada e fornecida, os quais fazem com que a lucratividade na operação do alimentador seja 2,4% superior na situação com maiores perdas (\$3400 contra \$3320). Assim, não havendo limitações em procedimentos de rede ou de sustentabilidade, é mais viável para que a distribuidora opere seu alimentador na situação em que é possível comercializar mais energia (azul), obtendo assim maiores lucros. Estes resultados são equivalentes aos de uma empresa que, utilizando os mesmos ativos, fabrica e vende 100 unidades de determinado item com um lucro líquido de R\$ 10,00 por unidade (lucro líquido total de R\$ 1000,00) em vez de fabricar e vender 50 unidades do mesmo item com um lucro líquido de R\$ 15,00 (total de R\$ 750,00).

## 2.8 PRODIST

Os procedimentos de distribuição definidos pelo PRODIST em seu Módulo 8 – Qualidade de Energia (ANEEL, 2021b) estabelecem dois tipos de fenômenos relacionados à Qualidade do Produto, os a) fenômenos de regime permanente e os b) fenômenos de regime transitório. Dado o escopo deste trabalho, que considera apenas o funcionamento do sistema em regime permanente, apenas alguns itens do primeiro grupo são avaliados. Neste grupo são incluídos os seguintes fenômenos:

- i. Variações de tensão de regime permanente;
- ii. Fator de potência;
- iii. Harmônicos;
- iv. Desequilíbrio de tensão;
- v. Flutuação de tensão; e
- vi. Variação de frequência.

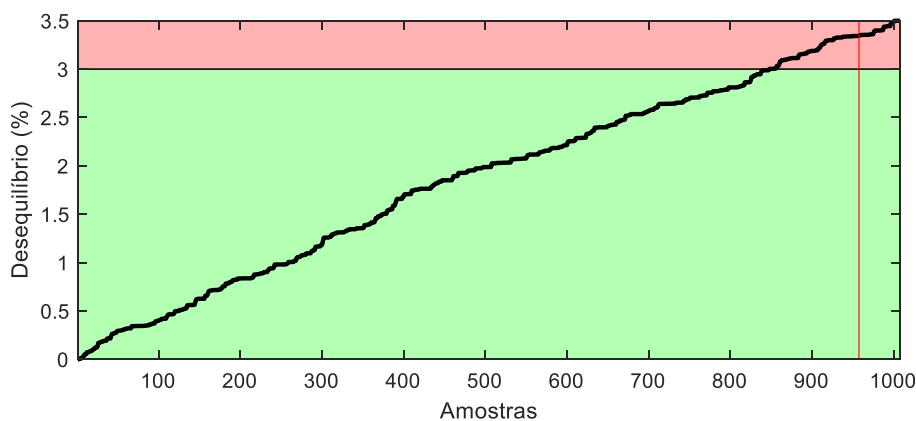
Destes, apenas os itens i e iv são aplicáveis às análises abordadas por este trabalho, sendo modelados de modo a se respeitar os limites da normativa. Isso decorre do fato de o critério do fator de potência ser aplicável, conforme itens 39 a 41 do módulo, apenas a consumidores e

centrais geradoras, que não são alvo deste estudo. Por sua vez, harmônicos, flutuação de tensão e variação de frequência não são modelados e, portanto, não analisados.

A variação de tensão em regime permanente considera as faixas de tensão mostradas na Figura 2.6, tendo sido adotada apenas a faixa adequada de tensão como alvo para a operação do sistema. Embora seja possível a operação dentro das faixas precária e crítica durante intervalos na operação este comportamento não é adequado, sendo a compensação financeira calculada como mostrado no item 29 da normativa vista apenas como alternativa para casos excepcionais, durante os quais a violação de limites é possível até que o serviço possa ser normalizado.

Os desequilíbrios de tensão por sua vez, são aplicáveis a todas as barras trifásicas do sistema e considera apenas as violações ocorridas apenas nos piores 5% das 1008 leituras semanais válidas ( $FD_{95\%}$ ). Diferentemente do que ocorre para níveis de tensão, desequilíbrios são encarados pelo Módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2021d) apenas como desejáveis, sendo possível a operação do sistema em desacordo com os limites. Ambas as questões, no entanto, são tratadas neste trabalho como restrições, não havendo impacto direto no processo de otimização desde que os limites sejam respeitados, como na Figura 2.12, que exemplifica uma situação na qual mais do que 5% das amostras para aquela barra violam o limite de desequilíbrio para a faixa 1-69 kV.

Figura 2.12 – Amostras ordenadas de desequilíbrio de tensão em uma das barras do sistema



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

## 2.9 Sistemas de Amortização

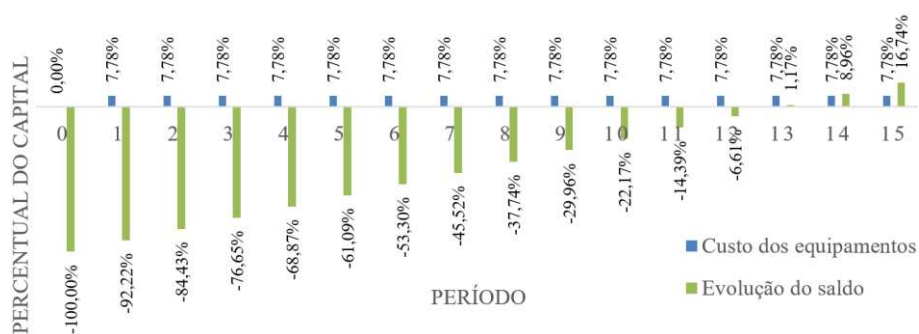
A realização de melhorias nos sistemas de distribuição é dependente da disponibilidade de recursos financeiros para seu custeio, os quais podem ser oriundos de duas fontes principais, tendo ambas o mesmo fim e a mesma modelagem. A primeira alternativa diz respeito à utilização

de capital próprio, para a qual é analisada uma Taxa Interna de Retorno (TIR) do investimento realizado, se adequado às expectativas e necessidades da gestão. Alternativamente pode ser obtido capital com uma terceira parte, sendo paga para esta uma taxa de juros compatível com o mercado e que fornece à fonte uma remuneração adequada.

Nas duas situações a realização de melhorias no sistema demanda investimentos aqui considerados como imediatos, mas que geram efeitos durante um maior intervalo de tempo. Sendo os efeitos elétricos constantes e diluídos ao longo do horizonte de planejamento, também são adotados como constantes os efeitos financeiros, modelados na forma de parcelas constantes adotando uma TIR ou taxa de juros que atenda aos interesses do detentor do capital e que viabilize a execução de obras na rede.

Dentre os principais modelos que podem ser utilizados para a amortização dos investimentos realizados na rede, o Sistema de Amortização Constante (SAC) (VIEIRA SOBRINHO, 2018) é o menos adequado para utilização neste trabalho em virtude da modelagem na forma de parcelas cujos valores decrescem com o tempo, em oposição aos efeitos crescentes da utilização dos equipamentos. Por outro lado, os Sistema Francês de Amortização (PRICE) (VIEIRA SOBRINHO, 2018) mantém as parcelas constantes ao longo do período de amortização, o que também acontece para o Sistema Alemão de Amortização (KRAHNEN; SCHMIDT, 2004), que difere do anterior por considerar o pagamento adiantado dos juros na forma de uma primeira parcela no momento da operação financeira. Sendo os dois sistemas com parcelas constantes adequados, opta-se pela utilização do Sistema PRICE, mais usual no Brasil, para o cálculo da amortização em parcelas mensais, iguais e sucessivas, como na situação da Figura 2.13.

Figura 2.13 – Evolução financeira dos investimentos no sistema de distribuição.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

### 3 MÉTODO PROPOSTO

O método desenvolvido neste trabalho tem por objetivo a otimização da instalação, dimensionamento e configuração de equipamentos visando a maximização do lucro na operação de alimentadores de distribuição. Conforme apresentado na Seção 2.6, seu desenvolvimento é dividido em duas fases distintas em virtude de características específicas dos três problemas a serem analisados, as quais demandam o tratamento anterior de um dos problemas e a utilização de técnicas distintas, alcançando assim uma maior eficiência na solução dos problemas. Assim, a Seção 3.1 apresenta a modelagem matemática do método para a otimização de recursos em sistemas de distribuição de energia elétrica, enquanto a Seção 3.2 trata de questões adicionais relacionadas ao modelo e a Seção 3.4 trata da implementação matemática do método.

#### 3.1 Modelagem Matemática do Problema

O problema de reconfiguração dos sistemas de distribuição estudados é tratado de modo a permitir a verificação de quais soluções são capazes de maximizar os lucros na operação do alimentador, sem a necessidade de equipamentos adicionais com o sistema operando com carga nominal. Neste cenário são esperadas violações dos limites e desequilíbrio de tensão do PRODIST, existindo também a possibilidade de violação dos limites de corrente das linhas. Desta forma, a Função Aptidão geral de reconfiguração ( $FA_{gr}$ ) vista na Equação (2) considera em sua composição o balanço financeiro na compra e venda de energia, adotando penalizações reduzidas que posteriormente poderão ser compensadas com a instalação de capacitores e reguladores de tensão.

$$FA_{gr} = (E_F \cdot V_{E_F} - E_I \cdot V_{E_I}) - \left( \sum (\lambda_1/10 \cdot dV_r) + \sum (\lambda_2/10 \cdot dI_l) + \sum (\lambda_3/10 \cdot \delta V) \right) \quad (2)$$

Onde:

$FA_{gr}$	Função Aptidão geral de reconfiguração [R\$];
$V_{E_F}$	Valor da energia fornecida [R\$/MWh];
$E_F$	Energia fornecida [MWh];
$V_{E_I}$	Valor da energia injetada [R\$/MWh];
$E_I$	Energia injetada [MWh];

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	Penalizações por desvio de tensão, violação de limite de corrente e de desequilíbrio de tensão, respectivamente;
$dV_r$	Desvio de tensão para o valor de referência $r$ na configuração da solução candidata [pu];
$dI_l$	Violação do limite de corrente do ramo $l$ na configuração da solução candidata [A];
$\delta V$	Desequilíbrio de tensão.

Com esta modelagem, o método avalia para cada configuração de rede os possíveis resultados para uma dada condição operativa. Havendo alteração de qualquer característica operativa, como a mudança da curva de carga utilizada, o método pode reavaliar um conjunto com as melhores soluções anteriores, não sendo necessário reiniciar a análise a cada alteração. Isso torna mais eficiente a elaboração de estudos recorrentes de otimização das redes, uma vez que um dos problemas pode ser previamente tratado e que configurações de rede que dão origem a resultados de pior qualidade não precisam ser reavaliadas.

Após a definição de configuração(ões) de rede a ser(em) adotada(s) para o sistema, o método segue para a segunda fase, por meio da qual aloca, dimensiona e ajusta capacitores e reguladores de tensão de modo a permitir a operação do sistema com máximo retorno financeiro. Não havendo uma relação de dependência direta entre os dois equipamentos, o processo pode ser realizado de modo a otimizar de maneira concomitante a utilização dos dois tipos de equipamentos.

A formulação matemática deste segundo problema considera a função objetivo global da Equação (3), que objetiva maximizar os lucros da concessionária na compra e venda de energia elétrica, incluindo como custos os investimentos na rede. Sendo perdas técnicas e comerciais a diferença entre as energias injetada e fornecida, o modelo contempla automaticamente as duas possibilidades no cálculo. No entanto, não são consideradas situações nas quais perdas não técnicas são tratadas de maneira diferente em virtude da omissão das concessionárias, conforme o Módulo 2 do PRODIST (ANEEL, 2021d).

$$\text{Max } FO_G = \left( V_{EF} \sum_{d=1}^{N_d} (E_{F_d}) - V_{EI} \sum_{d=1}^{N_d} (E_{I_d}) \right) - \left( \sum_{r=1}^{N_R} (C_{R_r}) + \sum_{c=1}^{N_C} (C_{C_c}) \right) \quad (3)$$

Onde:



$FO_G$	Função Objetivo Global do problema conjunto [R\$];
$V_{E_F}$	Valor da energia fornecida [R\$/MWh];
$E_{F_d}$	Energia fornecida para o carregamento $d$ [MWh];
$V_{E_I}$	Valor da energia injetada [R\$/MWh];
$E_{I_d}$	Energia injetada para o carregamento $d$ [MWh];
$C_{R_r}$	Custo para a instalação do regulador de tensão $r$ [R\$];
$C_{C_c}$	Custo para a instalação do banco de capacitores $c$ [R\$];
$d, r$ e $c$	Nível de carregamento, regulador de tensão e capacitor, respectivamente;
$N_D, N_R$ e $N_C$	Número total de níveis de carregamento, reguladores e capacitores, respectivamente.

Embora realizados no início do horizonte de planejamento, os gastos com equipamentos são tratados como sendo amortizados por meio do sistema PRICE (parcelas constantes) ao longo do horizonte de planejamento, utilizando uma taxa de juros adequada. A forma como são calculados neste trabalho é apresentada na Seção 3.2.3, que detalha a questão e explica a falha das modelagens de custo tradicionalmente utilizadas. Desta forma, os custos com equipamentos incluídos na Equação (3) são calculados conforme as equações (4) e (5) e representam o impacto no balanço mensal da distribuidora decorrente da instalação de equipamentos.

$$C_E = (C_B + C_P \cdot P_e + C_F \cdot N_F) \quad (4)$$

$$C_{EM} = C_E \cdot \frac{(1 + J_{per})^{P_{am}} \cdot J_{per}}{(1 + J_{per})^{P_{am}} - 1} \quad (5)$$

Onde:

$C_E$	Custo total do equipamento em [R\$], podendo ser $C_C$ para capacitores e $C_R$ para reguladores de tensão;
$C_{EM}$	Custo mensal do equipamento [R\$] utilizando modelo PRICE;
$C_B$	Custo por banco [R\$];
$C_P$	Custo por potência [R\$/kvar ou R\$/kVA];
$P_e$	Potência do banco [kvar ou kVA];
$C_F$	Custo por fase [R\$];
$N_F$	Número de fases;
$J_{per}$	Taxa de juros no período [%]

$P_{am}$  Número de períodos da amortização [meses].

Além das equações (3)- (5), o problema está sujeito às restrições a seguir:

$$\sum I_{Re}^i (V_{Re}^i, V_{Im}^i, P_k^i, Q_k^i, Y) = 0 \quad (6)$$

$$\sum I_{Im}^i (V_{Re}^i, V_{Im}^i, P_k^i, Q_k^i, Y) = 0 \quad (7)$$

$$I^l \leq I_{max}^l \quad (8)$$

$$Q_{cap}^s \in \{0, Q_1, \dots, Q_n\} \quad (9)$$

$$S_{reg}^s \in \{0, S_1, \dots, S_n\} \quad (10)$$

$$T_R^j - \Delta_{ADINF} \leq V_i \leq T_R^j + \Delta_{ADSUP} \quad (11)$$

$$FD_{95\%}^j \leq FD_{95\%max} \quad (12)$$

Onde:

$I_{Re}^i$  e  $I_{Im}^i$  Partes real e imaginária das correntes que entram no nó  $i$  [A];

$V_{Re}^i$  e  $V_{Im}^i$  Parte real das tensões nodais  $i$  do sistema [V];

$P_k$  e  $Q_k$  Potências ativa e reativa da carga  $k$  e ligada ao nó  $i$  [W e var];

$Y$  Matriz admitância nodal do sistema;

$I^l$  Corrente calculada no ramo  $l$  [A];

$I_{max}^l$  Corrente máxima no ramo  $l$  [A];

$Q_{cap}^s$  Potência do banco de capacitores para a fase  $s$  [var];

$Q_1 \dots Q_n$  Potências discretas possíveis para os bancos de capacitores [var];

$S_{reg}^s$  Potência do regulador de tensão para a fase  $s$  [VA];

$S_1 \dots S_n$  Potências discretas possíveis para os reguladores de tensão [VA];

$T_R$  Tensão de referência da barra  $j$  [pu];

$\Delta_{ADINF}$  Limite inferior da faixa adequada de tensão [pu];

$\Delta_{ADSUP}$  Limite superior da faixa adequada de tensão [pu];

$V_i$  Módulo de tensão calculada para o nó  $i$  [pu];

$FD_{95\%}^j$  Fator de Desequilíbrio de Tensão para a barra  $j$  que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas [%];

$FD_{95\%max}$  Limites para o indicador de desequilíbrio de tensão [%].

Destas, as restrições (6)-(7), calculadas pelo OpenDSS, se referem ao somatório de corrente nos nós  $i$  do sistema e a restrição (8) indica o limite de corrente em cada trecho. As

restrições (9) e (10) definem as possíveis potências para os bancos de capacitores e reguladores de tensão, (11) se refere aos limites da faixa adequada de tensão do PRODIST e (12) se refere ao limite de desequilíbrio de tensão.

### 3.2 Impactos e desenvolvimentos da modelagem matemática

A partir do modelo matemático para os problemas, é necessária a definição de uma modelagem adequada para seu tratamento. Conforme discutido na Seção 2.6, uma melhor e eficiente forma de tratamento para os três problemas consiste na separação da otimização em duas fases, fazendo isso uso de técnicas distintas para as duas etapas do processo de otimização, para as quais é apresentada a implementação na Seção 3.4. A implementação destes processos, no entanto, carece de algumas considerações adicionais, que permitem um melhor tratamento dos problemas, sendo considerações adicionais discutidas nas seções 3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3.

#### 3.2.1 Reconfiguração

A utilização de *Branch and Bound* para a etapa de reconfiguração tem por objetivo contornar os problemas relacionados à utilização de um AG para este processo, conforme já discutido pela literatura (GUIMARAES; CASTRO; ROMERO, 2007). Além disso, a utilização de tal técnica traz maior previsibilidade ao método, já que havendo recursos ilimitados existe a garantia de que toda as soluções podem ser encontradas, enquanto uma modelagem baseada em AG é dependente de questões probabilísticas para a execução do processo de busca. Em relação à técnica original, este trabalho considera alterações em relação (i) à forma de crescimento da árvore, que não permite o crescimento de galhos natimortos, relacionados a soluções que não atendem aos critérios de radialidade e conectividade; (ii) pelo índice utilizado para a poda, relacionado à aptidão de cada solução; e (iii) pelo número variável de galhos que sobrevivem à poda, dado em função das características do sistema e dos recursos disponíveis por meio do critério de intensidade de busca.

Devido à explosão combinatorial possível com o aumento do número de chaves no sistema, qualquer técnica para reduzir o número de soluções verificadas pelo algoritmo é de grande valia. Assim, é importante que chaves que não podem ser mantidas abertas sejam retiradas da lista de equipamentos a ter seu estado verificado, visando à redução do número de operações necessárias para a total e adequada verificação. Este processo deve ser realizado logo no início da

execução da execução do método, garantindo assim que soluções não viáveis não terão impacto nos tempos de execução.

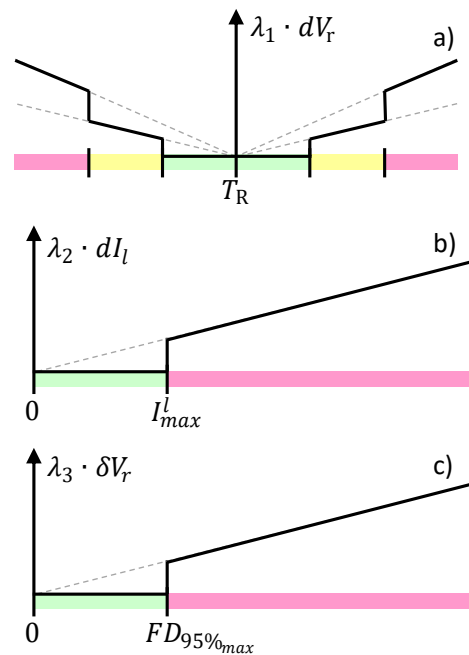
Sendo este um estágio inicial na solução do problema, violações de níveis de tensão, desequilíbrio de tensão e limites de corrente são esperados, não sendo motivo para que soluções sejam descartadas. Assim, são definidas penalizações referentes a tais questões como inferiores àquelas consideradas após a instalação de reguladores de tensão e mais bem detalhadas na próxima seção. Não sendo tratadas desta forma, o sistema pode descartar situações com grande teto, mas que apresentam um menor piso devido a problemas de fácil solução.

### 3.2.2 Conjunto

Diferentemente do comportamento observado para o problema de reconfiguração, a otimização do problema conjunto de capacitores e reguladores de tensão pode ser realizada por meio de um AG. Tal possibilidade se deve ao fato de não haver a possibilidade de soluções que não atendem a condições necessárias, tais como redes desconexas e/ou malhadas possíveis para o problema de reconfiguração. No pior cenário, a utilização do AG para os dois problemas adicionais apenas dá origem a configurações que técnica ou financeiramente são inferiores às demais. Desta forma, é viável uma alteração na técnica utilizada, deixando o *Branch and Bound* e adotando outra que seja capaz de explorar de maneira mais rápida porções distantes do espaço de busca. As modificações necessárias para a utilização da técnica neste trabalho incluem (i) a modelagem de dados de maneira real e binária; (ii) a utilização de operadores de mutação e cruzamento adequados aos dados operados; (iii) a variação automatizada do número de indivíduos e gerações em função das características do sistema e dos recursos disponíveis por meio do critério de intensidade de busca; e (iv) pela utilização de ilhas com diferentes configurações de rede.

Independente da técnica utilizada, a avaliação da qualidade das soluções por meio da Equação (3) permite a utilização de penalizações, responsáveis por modelar possíveis violações técnicas tais como desvios de tensão, desequilíbrios de tensão e violações de limite de corrente das linhas. Estes elementos, são incorporados ao *fitness* das soluções por meio penalizações em calha, como a penalização por desvio de tensão da Figura 3.1a.

Figura 3.1 – Penalizações por (a) desvio de tensão, (b) violação de limite de corrente e (c) desequilíbrio de tensão.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Na forma da Figura 3.1a, a penalização por desvio de tensão é tratada pela multiplicação do módulo do desvio em relação à tensão de referência ( $T_R$ ) por constantes ( $\lambda_1$ ) de ajuste. Para a faixa adequada não existe qualquer restrição, de modo que seu  $\lambda$  é zero. Por sua vez, para a faixa precária, permitida pelo algoritmo, existe uma penalização mediana, que naturalmente conduz as soluções para a faixa adequada. Considerando as restrições do Módulo 8 do PRODIST, o sistema pode operar nesta faixa em 3% das 1008 medições semanais, de modo que pequenas penalizações não descartam uma solução de imediato. Por outro lado, penalizações referentes à faixa crítica não são desejadas para a operação do sistema e pela modelagem, de modo que as penalizações desta faixa levam as soluções a serem rapidamente descartadas pelo sistema em função do alto impacto na qualidade da solução. Como o Módulo 8 considera a possibilidade de 0,5% das medições dentro desta faixa, é altamente desejável que soluções com este tipo de violação sejam descartadas sempre que possível.

Por sua vez, a Figura 3.1b representa a penalização por violação de limite de corrente dos condutores, modelada para fazer com que o método busque alternativas que respeitem tais limites durante a operação do alimentador, não havendo diferenciação para fluxo reverso. Já a Figura 3.1c representa a modelagem da penalização por violação do limite de desequilíbrio de tensão, que busca evitar que o valor de  $FD_{95\%}$  supere os limites normativos nas barras do sistema.

Tal modelagem considera que o atendimento aos limites da normativa deve ser encarado unicamente como limitante, não havendo penalização direta para as operações em qualquer nível dentro dos limites técnicos e normativos. Indiretamente, no entanto, o problema incorpora os resultados das tensões obtidas pelos múltiplos fluxos de carga e que se encontrem dentro da faixa adequada de tensão, por meio de seus impactos no balanço financeiro calculado pela Equação (3).

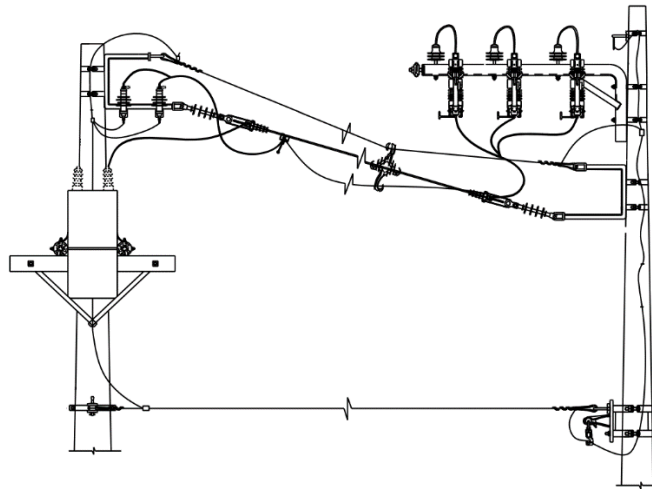
### 3.2.3 Modelagem dos Custos de Equipamentos

A modelagem clássica referentes aos custos de implementação de equipamentos em sistemas de distribuição considera-os como sendo diretamente proporcionais à potência, em uma simplificação que ajuda na obtenção de respostas para estudos de otimização, mas que prejudica bastante a aplicabilidade dos resultados. Com esse tipo de modelagem dois bancos monofásicos de capacitores, por exemplo, possuem o mesmo custo total que um único banco com o dobro da potência. No modelo de otimização a solução dividida em dois bancos tende a ser mais comum por permitir o fornecimento da potência reativa mais próximo de onde ela é demandada, reduzindo efeitos associados à sua circulação pelo sistema.

No entanto, com uma modelagem mais detalhada dos custos, a alternativa que considera dois bancos pode ser tecnicamente mais viável, mas seu custo é maior do que a alternativa com um único banco. Isso acontece porque, como mostrado na Figura 3.2, são utilizados quantitativos fixos de equipamentos como cruzetas, espaçadores ou mesmo um poste adicional para a execução do serviço, independente da potência do banco. Da mesma forma, a alteração do número de fases do banco leva a alterações em equipamentos como cabos, conectores, chave fusível e outros.

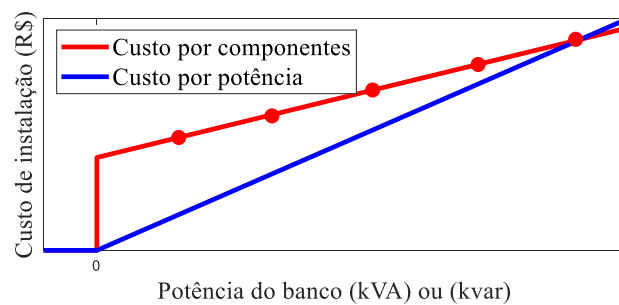
Assim, a modelagem dos custos relacionados à implantação de bancos de capacitores como uma única parcela proporcional à potência, não representa o real impacto financeiro na operação das empresas do setor. Uma modelagem baseada em três parcelas, no entanto, é mais indicada para a obtenção de soluções de interesse prático, tratando os custos com as células capacitivas linearmente com a potência, enquanto outros custos são calculados a partir do número de fases e do número de bancos de capacitores a serem instalados no sistema. Graficamente, o impacto da adoção da técnica baseada em três componentes pode ser visto na Figura 3.3, com destaque para as possibilidades discretas para a potência de equipamentos.

Figura 3.2 – Estruturas para a instalação de banco de capacitores no circuito primário de distribuição



Fonte: CEMIG (2016).

Figura 3.3 – Comparação entre custo linear e custo com três componentes.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

A separação dos custos em três parcelas é importante porque, além dos custos proporcionais à potência instalada, também são relevantes os custos fixos por banco e por fase, que causam grande impacto nos resultados. Estes custos fixos estão ligados a mão de obra, postes e outros itens que não variam linearmente com a potência do equipamento instalado e seu impacto é minimizado para potências maiores, mas para potências menores há uma grande variação nos custos envolvidos, como visto na Figura 3.3, sendo alocados apenas quando os ganhos decorrentes da sua instalação superam este degrau.

A Figura 3.2 apresenta o esquema de ligação dos equipamentos necessários para a instalação do banco de capacitores no sistema primário de uma concessionária brasileira. Nela é possível observar que independente da potência do banco de capacitores alguns equipamentos como cruzetas, espaçadores e mesmo um poste adicional são necessários para a execução do serviço em campo. Da mesma forma, caso se trate de rede monofásica, também há a alteração em cabos, conectores, chave fusível e outros equipamentos utilizados. Assim, a modelagem dos

custos relacionados à implantação de bancos de capacitores como uma única parcela proporcional à potência não representa o real impacto financeiro na operação das empresas do setor. Por fim, o Anexo A - apresenta o padrão construtivo completo da Figura 3.2 , incluindo a lista dos materiais utilizados enquanto o Anexo B - apresenta os itens necessários para a instalação de um banco trifásico de reguladores de tensão.

#### 3.2.4 Impacto do Modelo de Carga Utilizado

Em análise de sistemas elétricos de potência, o modelo de carga utilizado é primordial para um adequado entendimento dos sistemas. Existindo cargas modeladas como potência constante os impactos observados nos resultados do método se aproximam do pior caso, no qual aumento da lucratividade na operação do alimentador está diretamente ligada à redução das perdas. Neste caso, os investimentos realizados em melhorias da rede são responsáveis pela manutenção das tensões dentro dos limites do PRODIST e da redução das perdas técnicas. Havendo então a redução das perdas com menores investimentos, é melhorado o balanço financeiro.

Por outro lado, sendo utilizados modelos que variam em função da tensão em cada carga, abre-se a possibilidade para que maiores ganhos sejam obtidos também pelo fornecimento de energia adicional. Em sistemas com cargas do tipo corrente constante a potência cresce linearmente com o aumento da tensão, ao passo que para o modelo de impedância constante a potência cresce com o quadrado da tensão. Além destas modelagens, é importante destacar sua combinação, que melhor representa a diversidade de cargas observada em sistemas de distribuição, adotando para isso um modelo ZIP (SCHNEIDER; FULLER; CHASSIN, 2011; SCHNEIDER *et al.*, 2018).

#### 3.2.5 Ajustes dos Reguladores de Tensão

O Módulo 1 do PRODIST define Tensão de Referência como o “[...] valor de tensão utilizado como referência para comparação com os valores de tensão de leitura, devendo ser equivalente à tensão nominal ou contratada pelas unidades consumidoras” (ANEEL, 2021a, p.30). Este valor impacta em questões como perdas, limites de tensão e, a depender do tipo de carga, até mesmo no consumo, sendo determinante para o correto funcionamento do sistema. Sendo respeitados limites de equipamentos e da normativa, diferentes filosofias podem ser adotadas para a operação e, mais especificamente, a parametrização de equipamentos tais como reguladores de tensão.



Uma das possibilidades para o ajuste destes equipamentos envolveria então o ajuste da tensão na saída do regulador para o maior valor possível, limitado aos valores do PRODIST. Por outro lado, pode ser adotada como referência a manutenção das tensões tão próximas de 1 pu quanto possível, sendo o ajuste do regulador feito para garantir tal tensão em uma barra controlada remota, geralmente localizada no centro de carga do sistema, por meio de ajustes de resistência e reatância equivalentes até o ponto controlado (GONEN, 2015; NASEF; SHAHEEN; KHATTAB, 2022).

### 3.3 Critérios de Intensidade de busca

Embora a formulação apresentada nas seções anteriores permita a exploração do universo de soluções para o problema, sua aplicação torna-se dependente de grande esforço computacional para a utilização em sistemas com dimensões reais. Assim, havendo disponibilidade de computadores com grande desempenho ou incontáveis horas de simulação, o processo permite a obtenção de soluções de qualidade para a operação do sistema sob análise.

Entretanto, nem sempre esses recursos estão disponíveis, além de existirem situações nas quais o único objetivo é a obtenção de uma referência de quão lucrativa pode ser a operação do alimentador. Assim, faz-se necessária a definição de critérios que permitam o tratamento da otimização de sistemas de distribuição condicionada às disponibilidades e às necessidades para o processo, permitindo que um mesmo método possa ser utilizado para a obtenção de soluções de qualidade com o acesso aos recursos necessários, enquanto resultados subótimos podem ser obtidos se este for o intuito ou a única possibilidade. Neste sentido, são apresentadas nas próximas seções estratégias para a melhor utilização dos recursos disponíveis.

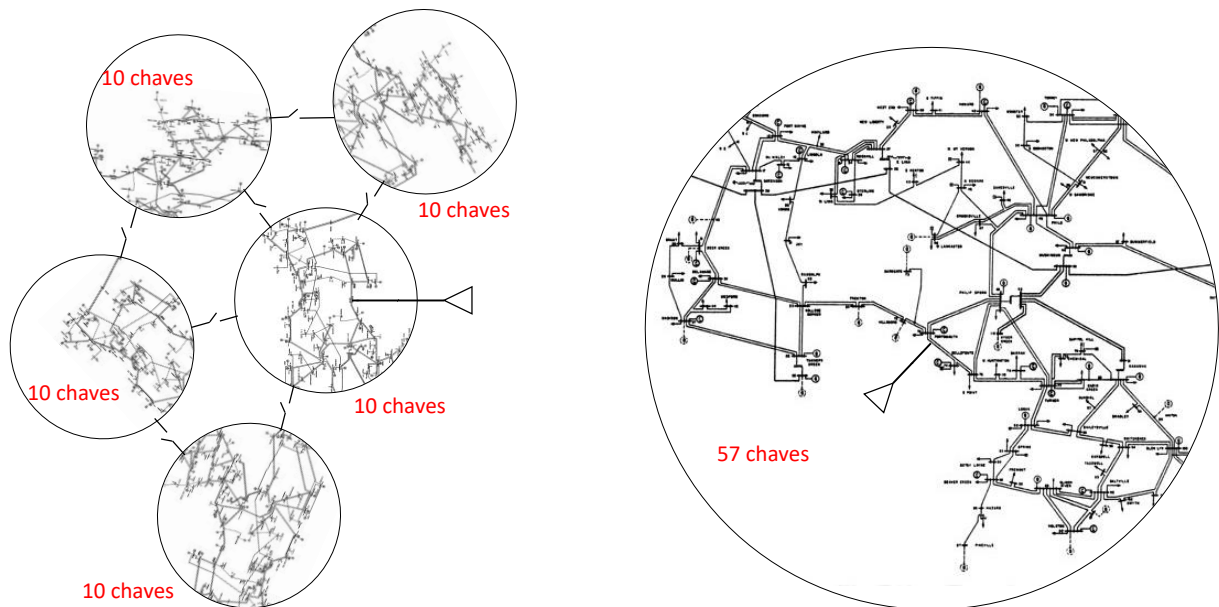
#### 3.3.1 Intensidade de Busca para o Problema de Reconfiguração

Embora bastante significativa, a redução percentual da Figura 2.9 não resolve a questão do elevado número de soluções viáveis, que ainda pode demandar um esforço computacional significativo para sistemas com um elevado número de chaves, a depender de características de cada sistema. Neste sentido, a Figura 3.4 apresenta um exemplo de como o posicionamento das chaves pode alterar quantas soluções viáveis existem.

Nas duas situações mostradas na figura existem 57 chaves, posicionadas em locais com características distintas. Embora o número de equipamentos seja igual, o número de chaves

fechadas que permite manter a rede como radial e conexa, bem como o percentual de combinações que permitem à rede atender aos mesmos critérios, tende a diferir bastante. Assim, para fazer um melhor uso do poder computacional disponível, um método visando à solução do problema de reconfiguração pode fazer a análise de qual a situação a rede em análise se enquadra, ajustando-se a tal situação. Ainda que a verificação direta do tipo de rede seja possível, tal classificação depende de um esforço semelhante ao da busca exaustiva por meio do algoritmo da Figura 3.12 isoladamente, não sendo adequada. Assim, podem ser utilizados valores obtidos por meio da matriz  $Y_{inc}$ , fornecida pelo OpenDSS, e tratados pela biblioteca de grafos do MATLAB® e que podem orientar o ajuste dos parâmetros de busca.

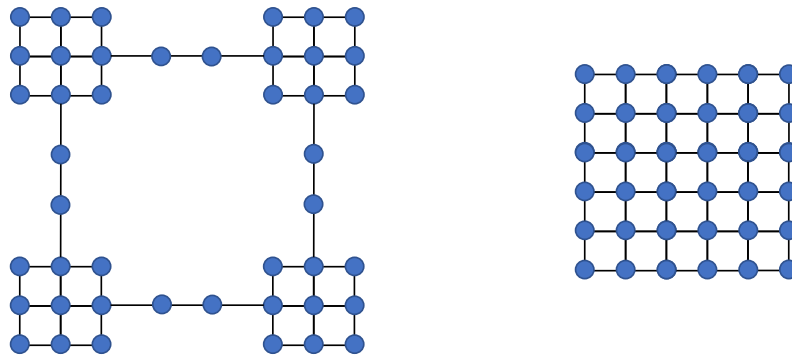
Figura 3.4 – Configuração de rede e distribuição de chaves.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Esta representação de redes pode ser realizada na forma de grafos como na Figura 3.5, havendo em ambos os casos um mesmo número de ramos (60). Tomando cada nó por uma barra e cada aresta como uma linha com chave em um dos terminais, é possível estimar que tipo de situação o método precisa encarar e qual a melhor forma de fazê-lo. Neste caso, existem  $2^{60}$  configurações possíveis (aberta ou fechada) em ambas as situações, mas, devido à forma como as ligações são feitas, existem mais configurações viáveis para o grafo da direita, o qual exige um esforço computacional maior na busca pela melhor solução. Tal diferença ocorre porque enquanto o primeiro sistema possui algumas chaves em série, o segundo não apresenta tal característica, de modo que podem ser definidas mais malhas quando todas as chaves são mantidas fechadas.

Figura 3.5 – Grafos com diferentes configurações.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Considerando o processo utilizado em Merlin e Back (1975) para a obtenção de redes radiais a partir de redes totalmente malhadas por meio da abertura de chaves, pode-se verificar que com um maior número de malhas fechadas existentes em um grafo, maior o número de possibilidades para a abertura de chaves. Em outras palavras, quanto maior o número de malhas, maior é o número de combinações possíveis que atendem aos critérios de conectividade e radialidade. Aplicando esta ideia aos grafos da Figura 3.5 existem 4.148 possibilidades de fechamento de malha para o grafo da esquerda, enquanto para o grafo da direita existem 1.222.363 malhas possíveis, conforme calculado pela função *allcycles* do MATLAB<sup>®</sup>, o que fornece um indicativo de qual dos sistemas possui maior número possíveis de combinações viáveis.

Segundo estudo recente relacionado a teoria de grafos, o máximo de malhas para um grafo com 60 vértices é da ordem de  $1,4^{60}$  (ARMAN; TSATURIAN, 2017), número semelhante às  $2^{60}$  combinação possíveis para um cenário com igual número de chaves. Tal número de malhas, no entanto, é obtido quando todos os nós possuem ligação direta com os demais, o que não acontece em redes de distribuição. Ainda assim, quanto maior o número de malhas existentes no sistema, maior tende a ser o número de combinações de chaves que atendem aos critérios de rede estabelecidos. Embora diferentes, os valores dão uma noção da ordem de grandeza do número de combinações viáveis com um esforço computacional reduzido e que permite estimar o esforço total para a varredura completa da árvore. Assim, o número de soluções possíveis ( $2^n$ ), o número de malhas que podem ser fechadas no sistema (calculado pelo MATLAB<sup>®</sup>) e o número de combinações que possuem o número necessário de chaves fechadas ( $(N_{NA} + N_{NF}^*)! / (N_{NA}! \cdot N_{NF}^*!)$ ) são utilizados pelo método na definição de como o algoritmo opera a busca de soluções para o problema de reconfiguração.

O algoritmo para a busca de solução do problema de reconfiguração, baseado na Figura 3.12, pode então ser utilizado com ajustes para permitir o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Assim, casos com um número suficientemente pequeno de configurações podem ter a árvore de soluções totalmente verificada, enquanto casos com grande número de chaves podem ser analisados de maneira mais detalhada em situações com um pequeno número de malhas. Por fim, casos com uma elevada quantidade de chaves, mas com muitas malhas, são alvo de uma varredura ajustada para ser menos profunda e mais ampla.

O esforço computacional necessário para o cálculo de um único cenário de operação depende diretamente do tamanho do sistema e do hardware disponível para a realização da tarefa. Assim, o método inicia o cálculo de parâmetros realizando um cálculo de *benchmark*, o qual considera o tempo para a realização de uma operação unitária (neste caso, montagem de grafo e realização dos demais processos necessários). Havendo hardware capaz, sendo o sistema de fácil solução e sendo disponibilizado um Tempo Limite para a Reconfiguração ( $T_{tr}$ ) adequado, os parâmetros são calculados para intensificar a varredura, permitindo assim que sejam obtidas todas as soluções possíveis. Por outro lado, havendo restrição de um ou mais recursos, o método se adapta para realizar as simulações de maneira menos intensa e localizada.

O tempo total da execução da varredura é estimado por meio da Equação (13), obtida e ajustada empiricamente através da simulação de sistemas com diferentes configurações.

$$T_{tr} = T_{br} \cdot \frac{(N_{NA} + N_{NF}^*)!}{N_{NA}! \cdot N_{NF}^*!} \cdot \sqrt[10]{\frac{n_m}{1,4^{n_c}}} \quad (13)$$

Onde:

$T_{tr}$	Tempo total estimado para a varredura da árvore completa [s];
$T_{br}$	Tempo de <i>benchmark</i> individual [s];
$N_{NA}$	Número total de chaves normalmente abertas;
$N_{NF}^*$	Número total de chaves normalmente fechadas, descontadas daquelas que obrigatoriamente ficam fechadas;
$n_c$	Número total de chaves no sistema;
$n_m$	Número total de malhas no sistema.

Sendo o tempo total estimado ( $T_{tr}$ ) inferior ao tempo limite para a etapa ( $T_{lr}$ ), o algoritmo vasculha toda a árvore de soluções e garante a obtenção das melhores configurações de rede. Contudo, havendo um maior número de chaves o valor de  $T_{tr}$  cresce rapidamente, sendo necessária ajustar a forma como a busca é realizada.

Em um cenário onde  $T_{lr} \approx T_{tr}$  a busca pode ser realizada com maior intensidade em toda a árvore. Com  $T_{lr} > T_{tr}$  a busca torna-se menos intensa localmente e permite o crescimento da árvore de soluções. Por fim, quando  $T_{lr} \gg T_{tr}$  a busca é realizada de modo a ampliar o espaço de busca, atenuando ao máximo a busca local. Para isso, é calculado o índice de intensidade de busca, dado pela Equação (14).

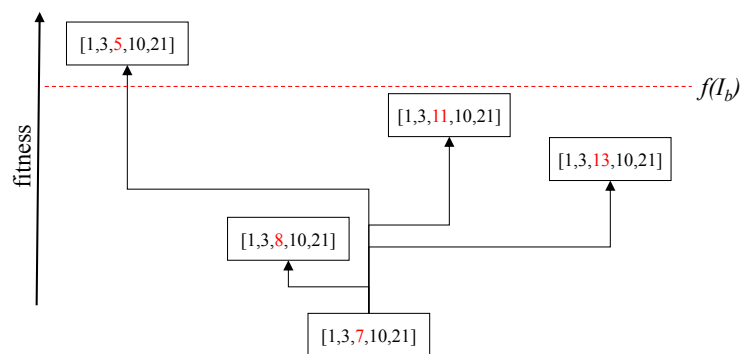
$$I_{br} = \max \left( 1 \mid \left[ n_{CP} - \log_{10} \left( \frac{T_{tr}}{T_{lr}} \right) \right] \right) \quad (14)$$

Onde:

- $I_{br}$  Índice de intensidade de busca para o problema de reconfiguração;
- $n_{CP}$  Número de combinações possíveis partindo do nó sob análise;
- $T_{lr}$  Tempo limite de busca em árvore [s].

Este índice é utilizado para podar a árvore de soluções na situação mostrada na Figura 3.6. Enquanto o algoritmo da Figura 3.12 considera a verificação de todas as soluções possíveis a partir da abertura da chave 7, a utilização do índice  $I_{br}$  limita o surgimento de novos ramos, sendo calculado para definir quantas dessas soluções passam pelo corte, dando origem a um novo galho na árvore de soluções.

Figura 3.6 – Poda da árvore de soluções.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

O *fitness* parcial para esta etapa do algoritmo é calculado conforme a Equação (15) e considera perdas e níveis de tensão obtidos com carga nominal e normalizados pelos valores obtidos para a configuração atual. Embora o objetivo do método seja a obtenção de soluções com maior rentabilidade, considera-se que não existem custos com equipamentos associados à mudança da configuração de rede, enquanto o aumento da rentabilidade passa a ser analisado apenas após a inclusão de novos reguladores e capacitores na rede de distribuição.

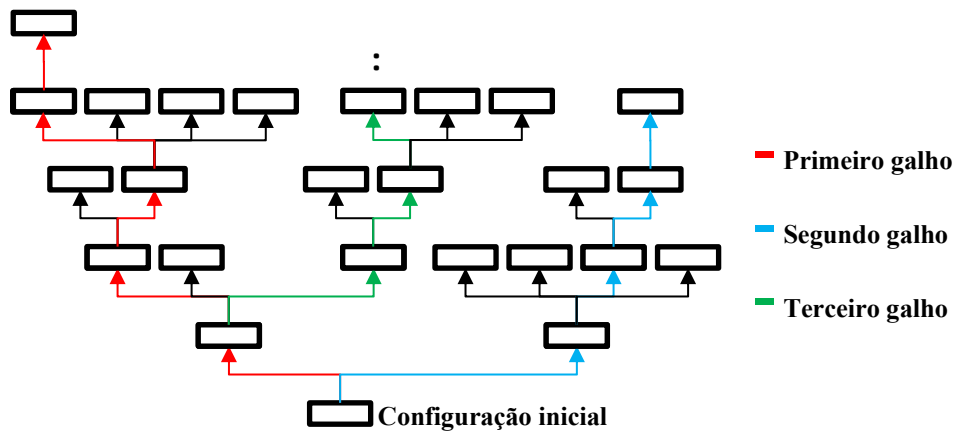
$$FA_{pr} = \left( \frac{P_r - P_n}{P_n} \right) + \left( \frac{\sum(dV_r) - \sum(dV_n)}{\sum(dV_n)} \right) \quad (15)$$

Onde:

$FA_{pr}$	Função aptidão parcial para a poda da árvore de soluções;
$P_r$	Perdas para o ramo candidato [W];
$P_n$	Perdas para o nó de origem [W];
$dV_r$	Módulo do desvio de tensão para o valor de referência na configuração do ramo candidato [pu];
$dV_n$	Módulo do desvio de tensão para o valor de referência na configuração do nó de origem [pu].

Conforme o processo avança, em algum momento algoritmo guloso (CORMEN *et al.*, 2022) utilizado com a técnica de *Branch and Bound* dá origem a nós para os quais não se abrem novos ramos. Nesta situação o método retorna ao primeiro nível da árvore contendo ramos ainda não explorados e prossegue a busca a partir daquele ponto, conforme a Figura 3.7, realizando o processo até que  $T_{lr}$  seja atingido. A utilização de  $I_{br}$  permite que a busca vasculhe mais ramificações a partir de cada nó, tornando o processo mais intenso em sistemas menores e situações com maior poder computacional, ao passo que para situações com maior dificuldade de solução o algoritmo vasculha apenas a(s) melhora(s) combinação(ões) a partir nó. Chegando ao final daquele ramo, o método volta ao início da árvore e parte em outra direção até que outra situação do tipo ocorra, o tempo limite se esgote ou a árvore seja totalmente varrida.

Figura 3.7 – Mudança de galho após a verificação completa do anterior.



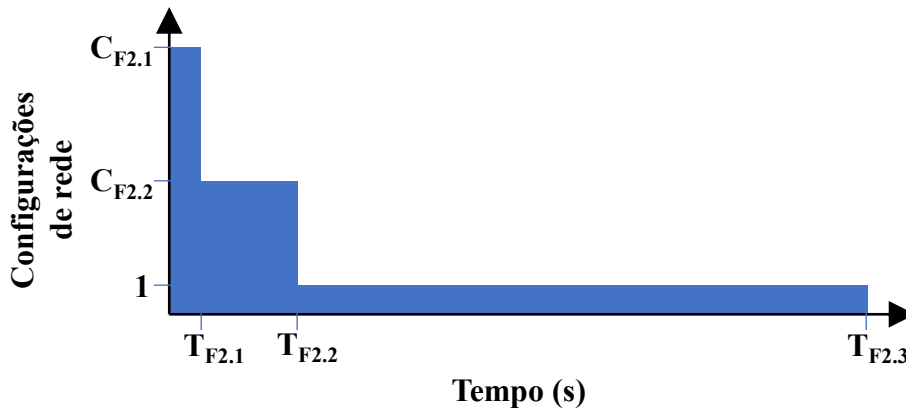
Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Por fim, ao final do processo de varredura da árvore de soluções, calcula-se o Função Aptidão geral de reconfiguração ( $FA_{gr}$ ) por meio da Equação (2). Além disso, sendo a primeira fase do método utilizada como entrada para a seguinte, as combinações obtidas e as componentes de sua  $FA_{gr}$  são armazenadas, permitindo a posterior utilização para múltiplas execuções da segunda fase. Havendo alteração nos valores relacionados a compra e venda de energia, as soluções podem ser novamente classificadas por meio do cálculo do balanço financeiro e sua nova  $FA_{gr}$ , obtida com a utilização dos valores atualizados de energia, insumos ou taxa de juros, tendo em vista que questões elétricas não sofrem alteração.

### 3.3.2 Intensidade de Busca para o Problema Combinado

A intensidade de busca para o problema em combinado considera que, havendo múltiplas combinações de chaves e configurações inicialmente inferiores que podem ser melhoradas mediante a inclusão de reguladores de tensão e capacitores, faz-se necessária a análise de tantas combinações quanto for possível, especialmente em situações com pequenas diferenças de  $FA_{gr}$ . Entretanto, não sendo possível a disponibilização dos mesmos recursos computacionais para a verificação de todas as soluções, são estabelecidas três fases distintas no processo de otimização, doravante denominadas Fase 2.1, Fase 2.2 e Fase 2.3, conforme a Figura 3.8.

Figura 3.8 – Fases do processo de otimização combinada.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Adaptando a ideia de variação na intensidade de busca da Seção 3.3.1, o método analisa um número  $C_{F2.1}$  de combinações de uma forma menos intensa durante um tempo  $T_{F2.1}$ . Ao final deste período, as  $C_{F2.2}$  configurações de rede com melhores resultados são otimizadas pelo AG com maior nível de detalhamento por um tempo  $T_{F2.2}$ , depois do qual é estabelecida a combinação com melhores resultados e esta é otimizada até o limite do tempo disponível para a sua evolução. Assim como é realizado para o problema de reconfiguração, a solução combinada também adota um critério de intensificação de busca em função das características do sistema e dos recursos disponíveis, sendo aqui responsável pelo cálculo no número de ilhas, gerações, indivíduos nas fases 2.1, 2.2 e 2.3.

O primeiro valor a ser calculado é o tempo necessário para a realização da Fase 2.3 utilizando uma única combinação, dado por  $T_{tc}$ . Estimado por meio da Equação (16), este é o tempo mínimo para a execução do algoritmo por  $n_{ger}$  gerações.

$$T_{tc} = 100 \cdot n_{ger} \cdot T_{bc} \quad (16)$$

Onde:

- $T_{tc}$  Tempo total de execução do AG para uma combinação de chaves [s];
- $n_{ger}$  Número de gerações do AG na Fase 2.3;
- $T_{bc}$  Tempo de *benchmark* para o problema combinado [s].

Havendo a disponibilidade de um tempo para a solução superior a  $T_{tc}$ , o método calcula como excedente é utilizado e qual sua distribuição para as fases 2.1, 2.2 e 2.3. O tempo disponível para tais fases é então utilizado no cálculo de quantas combinações são alvo de análise. Para isso



é estabelecido uma divisão de 20% do tempo que superar  $T_{tc}$  para a Fase 2.1 e 80% para a Fase 2.2, até um limite de  $2T_{tc}$ , o que se reverte em um diferente número de combinações a serem analisadas em cada fase, conforme (17) e (18). Sendo disponibilizado um tempo superior a  $2T_{tc}$ , a divisão do tempo adicional considera também a Fase 2.3, destinando 10% do tempo que excede  $2T_{tc}$  para a Fase 2.1, 20% para a Fase 2.2 e 70% do tempo para a Fase 2.3. No caso específico da Fase 2.3 este tempo adicional é revertido em um aumento do tamanho da população e do de gerações a serem analisadas na etapa.

Enquanto a Fase 2.3 analisa apenas uma configuração de rede, as fases 2.1 e 2.2 avaliam um número variável de configurações, dado em função do tempo disponível para a fase e o tempo necessário para a avaliação de cada solução com o nível de detalhamento estipulado. As equações (17) e (18) são utilizadas no cálculo das  $C_{F2.1}$  e  $C_{F2.2}$  combinações que serão otimizadas durante 5 e 20 gerações, respectivamente.

$$C_{F2.1} = \begin{cases} \left\lfloor 8 \cdot \frac{(T_l - T_{tc})}{T_{bc}} \right\rfloor & p / T_{tc} < T_{lc} < 2T_{tc} \\ \left\lfloor 4 \cdot \frac{(T_l - 2T_{tc})}{T_{bc}} \right\rfloor & p / T_l > 2T_{tc} \end{cases} \quad (17)$$

$$C_{F2.2} = \begin{cases} \left\lfloor 4 \cdot \frac{(T_{lr} - 2T_{tc})}{T_{bc}} \right\rfloor & p / T_{tc} < T_{lc} < 2T_{tc} \\ \left\lfloor 1 \cdot \frac{(T_{lr} - 2T_{tc})}{T_{bc}} \right\rfloor & p / T_l > 2T_{tc} \end{cases} \quad (18)$$

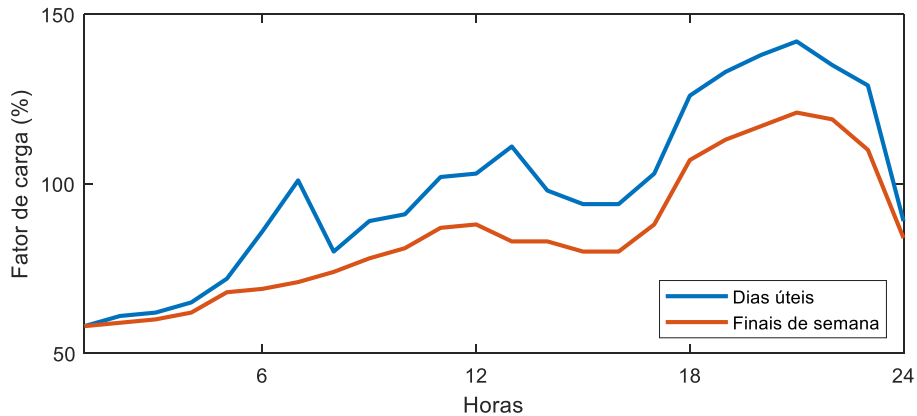
Onde:

- $T_{lc}$  Tempo limite de solução do problema combinado;
- $C_{F2.1}$  Número de combinações analisadas na Fase 2.1;
- $C_{F2.2}$  Número de combinações analisadas na Fase 2.2.

Embora a Fase 2.1 trate de mais soluções, sua duração é menor que a da Fase 2.2 devido ao menor número de gerações analisadas e aos cenários de carga. Enquanto a Fase 2.1 analisa três patamares de carga (leve, nominal e pesada), a Fase 2.2 passa a trabalhar com toda a curva de carga adotada, discretizada em 24 passos de uma hora, como as observadas na Figura 3.9. Em razão disso, as constantes das equações (17) e (18) são definidas, sendo obtidas a partir da divisão do tempo que excede  $T_{tc}$  e do número de pontos da curva de carga de cada fase. Assim, é possível

uma verificação simplificada de um maior número de soluções mantendo os mesmos critérios de variação de intensidade. Da mesma forma, a Fase 2.3 também faz uso da curva de carga completa, diferenciando-se da anterior por realizar o processo de evolução das soluções por meio de AG durante um número maior de gerações.

Figura 3.9 – Curvas de carga horárias utilizadas nas fases 2.2 e 2.3.

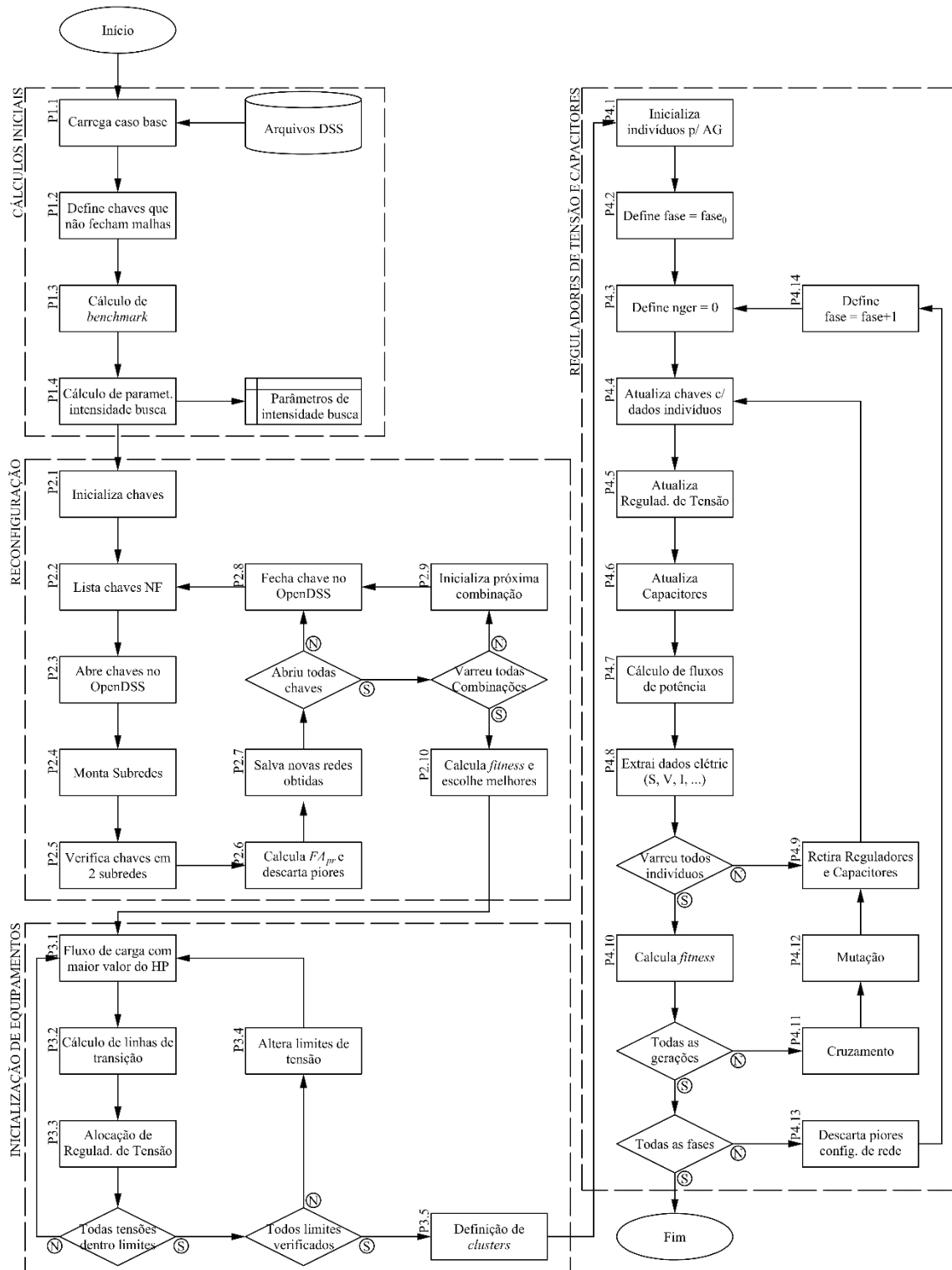


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

### 3.4 Implementação computacional

A implementação computacional do método, desenvolvida em ambiente MATLAB<sup>®</sup>, tem por objetivo fazer com que o hardware utilizado possa realizar a otimização da rede considerando o modelo matemático adotado. Para isso, o código gerado parte do sistema base a ser analisado pelo método, que inclui apenas as chaves que serão operadas pelo algoritmo de reconfiguração e demais equipamentos que a distribuidora pretende manter em operação. A partir deste cenário, o método inicia sua operação, primeiro buscando as múltiplas configurações de rede conforme descrito em 3.4.2 e posteriormente a aplicação de capacitores e reguladores de tensão nas redes com maior valor de  $FA_{gr}$ , conforme a seção 3.4.3. Tais processos são realizados de modo a maximizar os retornos financeiros decorrentes da operação da rede. A execução computacional segue o fluxograma da Figura 3.10, cujas etapas serão detalhadas nas seções seguintes.

Figura 3.10 – Fluxograma completo do método.

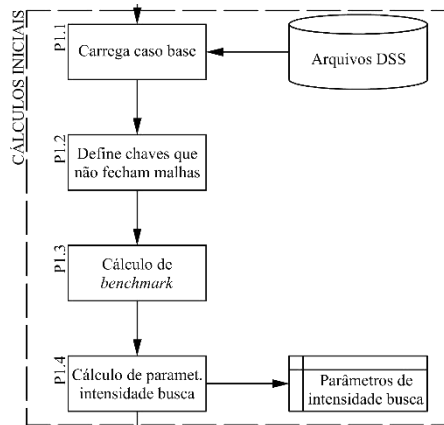


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

### 3.4.1 Cálculos iniciais

O início da execução do método consiste na definição do caso sob análise, sua compilação pelo OpenDSS e leitura de dados pelo MATLAB® (**P1.1**). A partir desta etapa o método adquire as primeiras informações sobre as características do sistema a ser simulado, podendo definir quais chaves não fazem parte de nenhuma malha (**P1.2**), realizar os cálculos de *benchmark* e estimar o tempo total para sua execução (**P1.3**). A partir destes valores e dos tempos limite para cada etapa, são calculados os parâmetros de intensidade de busca (**P1.4**). Esta etapa compreende os passos mostrados no fluxograma parcial da Figura 3.11.

Figura 3.11 – Fluxograma parcial para os cálculos iniciais.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

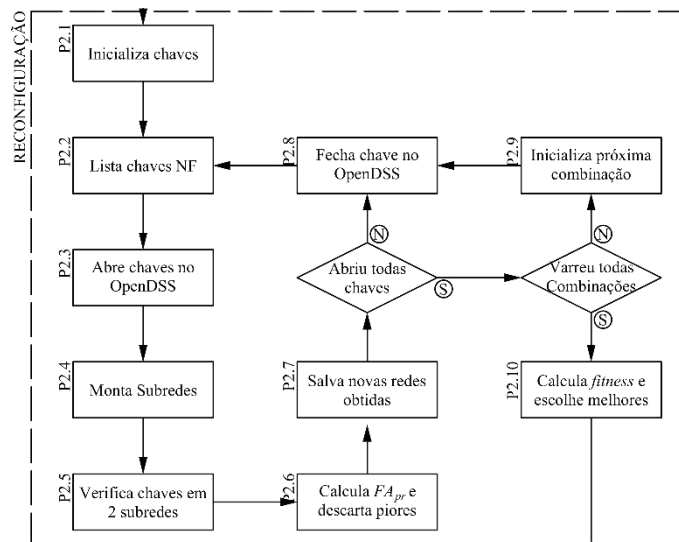
### 3.4.2 Solução do problema de reconfiguração

A primeira fase do método, baseada no algoritmo de *Branch and Bound* e responsável pela reconfiguração do sistema, é realizada após a obtenção dos dados iniciais para o sistema e faz uso destas informações. Esta etapa considera também que o caso base é configurado com chaves mantidas de modo a formar uma rede radial e totalmente conexa, incluindo também reguladores de tensão e capacitores fixos já existentes. Considerando a aplicação do método por distribuidoras de energia, tais arquivos podem representar o estado atual da rede e incluir aqueles equipamentos que serão mantidos independentemente dos resultados do método.

A partir deste ponto, o método utiliza o algoritmo mostrado na Figura 3.12 para percorrer a árvore de soluções em busca de possíveis combinações. Este algoritmo é detalhado pelos passos **P2.1-P2.9**, nos quais as chaves se referem às da Figura 3.13. Ele considera que, partindo de um sistema radial e conexo, a obtenção de outras soluções do tipo é feita pela abertura de uma chave

e a verificação, realizada com auxílio do OpenDSS, de quais chaves podem restaurar a rede à situação conexa, sendo definido qual será fechada. No Apêndice B - são apresentadas todas as configurações possíveis para a rede mostrada na figura e a sequência em que podem ser obtidas por meio do algoritmo.

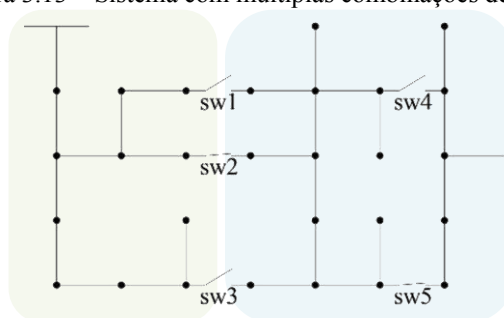
Figura 3.12 – Fluxograma parcial para a etapa de reconfiguração.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

- P2.1:** Inicializa o estado das chaves no OpenDSS, gerando a primeira configuração de rede a ser analisada pelo algoritmo;
- P2.2:** Lista chaves NF no estado analisado ([2 5]);
- P2.3:** Escolhe uma das chaves para abrir (2);
- P2.4:** Monta as duas subredes desconexas no OpenDSS (esquerda e direita);
- P2.5:** Verifica quais chaves podem ser fechadas para que o sistema volte a ser radial e conexo (1 e 3);
- P2.6:** Calcula  $FA_{pr}$  e realiza o processo de poda utilizando o valor de  $I_{br}$  para aquele ponto;
- P2.7:** Gera novas combinações de chaves NF que formam redes radiais e conexas ([1 5], [3 5]), incluindo-as no conjunto de combinações conhecidas ([2 5]);
- P2.8:** Fecha a chave aberta em **P2.3**;
- P2.9:** Tendo todas as chaves da primeira combinação sido varridas, inicializa-se a próxima combinação ainda não analisada ([1 5]);
- P2.10:** Quando todas as combinações tiverem sido obtidas, calcula-se o *fitness* e escolhem-se as melhores soluções.

Figura 3.13 – Sistema com múltiplas combinações de chaves.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Conforme discutido na Seção 2, a explosão combinatorial resultante da existência de um elevado número de chaves é um dos desafios enfrentados em problemas de reconfiguração, sendo o algoritmo descrito o primeiro passo para reduzir o espaço de busca, tendo em vista que garante que soluções não viáveis não sejam verificadas. Sendo utilizado individualmente, o algoritmo se baseia na redução do percentual de soluções válidas em função do aumento no número de chaves, vista na Figura 2.9. Contudo, casos com um número elevado de chaves seguem sendo de difícil solução, podendo se beneficiar da técnica apresentada na Seção 3.3 para definir como explorar o universo de soluções da melhor maneira possível, dependente do sistema em estudo e dos recursos disponíveis.

### 3.4.3 Solução do problema conjunto

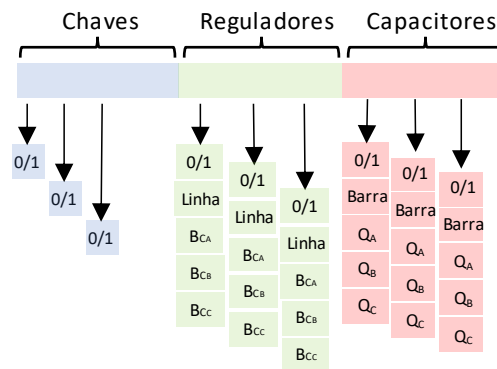
Sendo obtido um conjunto de soluções que antes da inserção de capacitores e reguladores já permite a obtenção de maior rentabilidade na operação do sistema, a segunda fase do processo passa a verificar a instalação, o dimensionamento e a configuração de equipamentos em uma ou mais redes. Ao realizar este processo com um maior número de redes, o método não fica limitado a uma configuração com melhores resultados sem a inclusão dos equipamentos (piso), mas verifica se tal superioridade inicial se converte em maior lucratividade na operação da rede.

A segunda fase se baseia na utilização de um algoritmo genético, responsável por alocar, dimensionar e ajustar equipamentos. De modo a facilitar o processo de busca e reduzir o número de gerações são criadas estratégias para a inicialização dos equipamentos. Além disso, a inicialização dos reguladores de tensão define os *clusters* e o número de bancos de capacitores a serem instalados.

### 3.4.3.1 Inicialização de Soluções

Ainda que realizada para configurações fixas de rede, a inicialização inclui genes para a modelagem do estado das chaves, vistos na Figura 3.14, que também apresenta os genes a serem inicializados nas próximas seções. O algoritmo trata cada configuração como uma ilha e aplica os operadores do AG apenas dentro de seus limites. Desta forma, ganhos advindos da otimização de reguladores e capacitores não são revertidos quando analisados em uma rede diferente da sua de origem. Embora ocupe mais posições no indivíduo, tal modelagem permite a avaliação de soluções de maneira conjunta, sendo a separação das ilhas aplicável apenas aos processos específicos do AG.

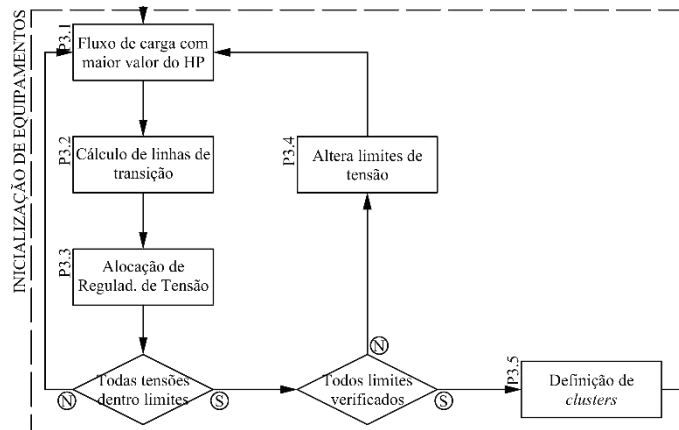
Figura 3.14 – Formação do indivíduo tratado pelo AG contendo genes para cada tipo de equipamento.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Considerando a natureza de capacitores e reguladores de tensão, a inicialização destes equipamentos é realizada de modo a permitir que eles contribuam da melhor maneira para o sistema. Sua definição, no entanto, é realizada de modo que a inicialização dos bancos de capacitores é dependente da inicialização realizada para os reguladores de tensão. A forma como tais processos são realizados individualmente é então apresentada nas seções seguintes, sendo a inicialização dos reguladores de tensão apresentada na Seção 3.4.3.1.2, enquanto a Seção 3.4.3.1.3 apresenta o procedimento para bancos de capacitores. Além disso, a Figura 3.15 apresenta o fluxograma parcial de como é feita a inicialização.

Figura 3.15 – Fluxograma parcial para a etapa de inicialização de equipamentos para o AG.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 3.4.3.1.1 Inicialização das Chaves

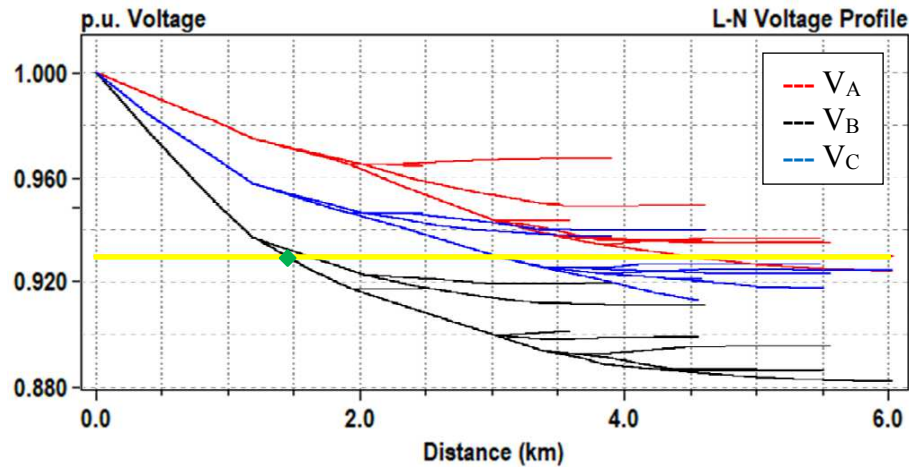
O processo de reconfiguração descrito na Seção 3.4.2 permite ao método a obtenção de múltiplas soluções para o problema de reconfiguração, as quais são classificadas em função de seu valor de  $FA_{gr}$ . A realização da otimização das redes faz então uso da(s) solução(ões) mais bem avaliada(s) como base para a utilização do AG. Assim, no início da avaliação de cada solução o sistema base é recompilado, simulado com a maior carga do horizonte de planejamento (**P3.1**) e posteriormente feita a atualização do estado das chaves, que passam a reproduzir uma das configurações de rede avaliadas anteriormente e que apresenta potencial para evolução com a instalação de equipamentos.

#### 3.4.3.1.2 Inicialização de Reguladores de Tensão

A inicialização de cromossomos referentes às características modeladas para reguladores de tensão é realizada de modo a instalar os equipamentos necessários para que seja possível manter as tensões dentro dos limites da faixa adequada de tensão do PRODIST, destacada em verde na Figura 2.6. Para isso, considera-se que as tensões na barra de saída da subestação são ajustadas dentro dos limites estabelecidos e que, a partir dali, variam até que esses limites sejam violados, como no perfil de tensão da Figura 3.16, gerado pelo OpenDSS.



Figura 3.16 – Perfil de tensão gerado pelo OpenDSS para o cenário de maior carregamento.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

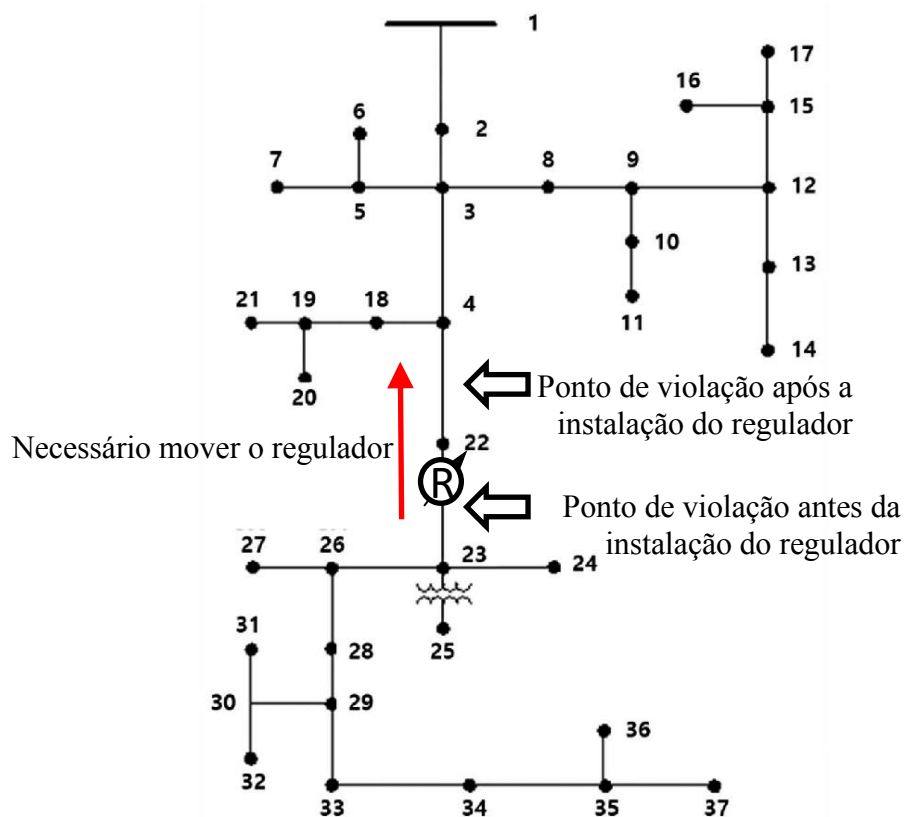
A figura mostra que para o cenário de maior carregamento do sistema (carga pesada no último ano do horizonte de planejamento) existe um trecho de linha, iniciado a cerca de 1,45 km da subestação, no qual as três fases da barra mais próxima da SE estão dentro dos limites da faixa adequada, enquanto pelo menos uma das fases na barra mais distante viola os limites (**P3.2**). Sendo o ajuste da tensão feito de modo a compensar alterações decorrentes da variação de carregamento seguindo a curva de carga, a alocação de um regulador de tensão próximo deste ponto de transição é útil para garantir que as tensões a partir dele também sejam mantidas dentro dos limites (**P3.3**).

Com a definição do ponto de instalação do regulador de tensão, faz-se necessário o ajuste dos parâmetros do circuito compensador de queda de tensão (vide Equação (1)), sem os quais o equipamento não é capaz de controlar a tensão de uma barra remota adequadamente. Para isso o método analisa, com auxílio do OpenDSS, qual(is) a(s) barra(s) a jusante, ou seja, qual da(s) barra(s) cuja(s) tensão(ões) pode(m) ser ajustada(s) pelo regulador, onde existe o maior desvio em relação aos limites definidos pela ANEEL. Sendo localizada(s) a(s) barra(s), é calculado o ponto médio entre o regulador e a(s) barra(s) indicada(s), onde é definido o ponto de controle do regulador de tensão. Instalado e ajustado o regulador, repete-se o teste inicial em busca de novas violações de tensão. Caso existam, novos reguladores são incluídos até que todas as tensões sejam mantidas dentro dos limites da faixa adequada de tensão ao longo de toda a curva de carga.

Comumente é observado que a inicialização dos reguladores de tensão leva a cenários nos quais a inserção do equipamento acaba por aumentar as cargas a jusante, naturalmente aumentando as correntes a montante do equipamento e, conseqüentemente, causando maiores

quedas de tensão. Assim, um regulador inicializado a uma distância da subestação pode levar a uma violação entre sua posição e a subestação após sua instalação. Em virtude disso, o processo de inicialização torna-se recursivo e exige o ajuste de equipamentos anteriormente instalados, como na Figura 3.17. Neste cenário, o sistema operava com tensões dentro da faixa de inicialização na barra 22 e os viola a partir da barra 23. Contudo, após a inserção do regulador no local indicado, a barra 4 é a última que respeita a faixa adequada de tensão para as três fases, sendo necessário mover a montante o regulador previamente instalado.

Figura 3.17 – Mudança do ponto de violação de tensão após a inclusão de regulador.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Além disso, em situações como a da Figura 3.16, o algoritmo pode levar à instalação de reguladores em posições próximas, como nas duas linhas que partem do ponto imediatamente anterior à primeira violação. Desta forma, caso o regulador recém adicionado esteja próximo de outro regulador em um ramo paralelo, os dois equipamentos poderiam ser substituídos por um único regulador, instalado no ponto imediatamente anterior à ramificação. No entanto, tal situação é mantida pelo método, uma vez que os diferentes níveis de tensão verificados realizam esse tipo de correção automaticamente. Isto permite ao algoritmo verificar qual das opções reduz os custos de instalação e operação relacionados ao número de fases e de reguladores, conforme modelado

pela Equação (4), tendo em vista a possibilidade de um menor custo relacionado à utilização de dois bancos de menor potência e com menor número de fases.

Visando à diversificação das soluções iniciais para o AG, repete-se o processo outras quatro vezes considerando incrementos de 0,5% em relação às restrições do PRODIST (0,940, 0,945, 0,950, 0,955 e 0,960 pu), permitindo a verificação de situações com tensões mais próximas da referência em todo o sistema e de diferentes combinações de bancos de reguladores, fases e potências (**P3.4**). Por sua vez, as barras controladas são variadas a partir da distância elétrica entre o regulador e a barra controlada com menor tensão, sendo ajustadas em valores posições 10% acima e abaixo do ponto médio, sendo geradas ao todo 10 combinações distintas resultantes da combinação de cinco limites (entre 0,940 e 0,960) e dois percentuais de ajuste (40% e 60%).

A Equação (1) indica ainda a dependência dos ajustes em relação aos TCs e TPs utilizados, havendo também impacto destes equipamentos nos custos de instalação dos reguladores de tensão. Contudo, tais itens não são incluídos no problema de otimização, sendo a corrente primária do TC obtida a partir da maior corrente dentro do horizonte de planejamento e a tensão primária do TP dada pela tensão nominal no ponto de instalação, ambos ajustados para os valores normatizados. Por fim, a potência do regulador de tensão é calculada com base na maior potência que circula por ele dentro do horizonte de planejamento e posteriormente ajustada para as potências utilizadas pela distribuidora em seus alimentadores.

#### 3.4.3.1.3 Inicialização de Bancos de Capacitores

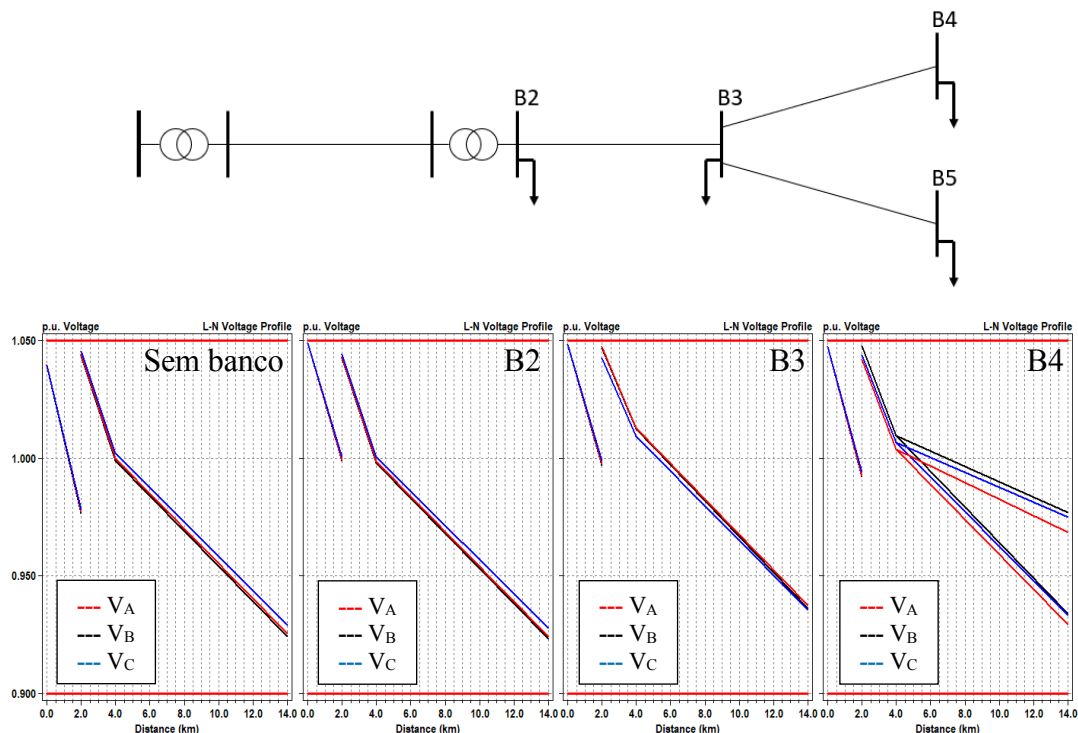
A inicialização dos bancos de capacitores necessários à execução do AG se baseia na atuação local de tais equipamentos, sendo realizada de modo a fornecer reativos com a mínima circulação pelo sistema. Contudo, caso a otimização feita pelo AG entenda ser economicamente viável, a potência reativa instalada pode ser ajustada de modo a atender as necessidades de pontos remotos.

Para a definição dos pontos onde são instalados os bancos, é feita a divisão da rede em *clusters* (**P3.5**), formados a partir das áreas de controle dos reguladores de tensão calculados na Seção 3.4.3.1.2. Nesta situação, são então definidos para o sistema  $n_{reg}+1$  *clusters*, sendo o cluster adicional dedicado ao fornecimento de potência reativa para a região do sistema anterior ao primeiro regulador instalado. Tal estratégia é compatível com a realidade de distribuidora e possui boa escalabilidade, além de permitir a formação de *clusters* com um maior número de barras,

havendo redução nos custos decorrentes desta centralização. Por fim, sendo um cluster instalado na região de controle de um regulador, tal potência não circula pelo equipamento, permitindo a utilização de reguladores de menor potência e menor custo.

Na sequência são definidas as barras de interesse para a instalação do banco dentro de cada cluster, sendo utilizado para isso as tensões obtidas para a região controlada. Se instalado na saída do regulador o banco evita quedas de tensão a montante do equipamento, mas as mantém dentro do cluster, como observado no segundo perfil de tensão da Figura 3.18. Por outro lado, sendo instalado no ponto mais distante do regulador a potência reativa pode, a depender da configuração do cluster, acabar circulando muito pelo sistema, causando perdas e quedas de tensão em algumas regiões. Desta forma, definem-se as posições dentro do cluster entre os ramos mais distantes do regulador e a metade desta distância como referência para a inicialização dos bancos instalados.

Figura 3.18 – Impacto da instalação de banco de capacitores em diferentes posições dentro do cluster.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Também necessária à inicialização dos equipamentos, é definida a potência inicial de cada cluster. Para tanto, calcula-se a potência reativa demandada em cada área, sendo inicializados valores derivados desta. No total, são então definidas cinco discretizações para este valor, referentes a 60%, 80%, 100%, 120% e 140% da potência nominal calculada para cada cluster.

Assim, cabe ao algoritmo genético analisar os impactos de compensações superiores à potência nominal, se aproximando da potência de carregamento pesado, e da compensação de potências que se aproximam das demandadas durante cenários de carregamento leve.

Cruzando as duas possibilidades para a inicialização da posição dos bancos de capacitores com as cinco faixas de potência, são então inicializadas dez variações para cada cluster. Considerando ainda as dez possibilidades para os reguladores de tensão, o método inicializa 100 soluções únicas formadas por diferentes combinações dos elementos inicializados. Estes dados são incorporados aos de chaves, mantidos fixos dentro de cada ilha, e manipulados pelo AG no formato apresentado na Figura 3.14.

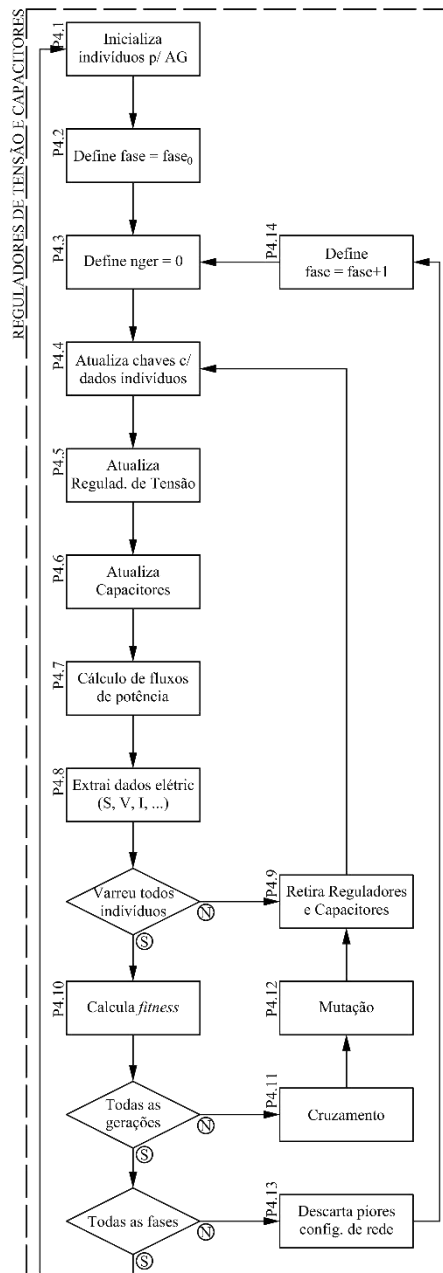
#### 3.4.3.2 Execução do Algoritmo Genético

O Algoritmo Genético utilizado para a solução do problema de otimização combinada de recursos em sistemas de distribuição utiliza os dados inicializados para os três problemas e evolui por meio de operadores de mutação e cruzamento ao longo de pelo menos 100 gerações, podendo este número ser aumentado em função do tempo destinado à execução da Fase 3, conforme descrito na Seção 3.3. Em função dos múltiplos problemas otimizados e de como se correlacionam, as seções a seguir detalham o funcionamento em função do operador e da fase.

##### 3.4.3.2.1 Modelagem e utilização das soluções de reconfiguração

As soluções inicializadas pelo algoritmo na forma da Figura 3.14 contemplam os três problemas tratados, incluindo apenas os dados alvo de otimização. A cada nova geração, os 100 indivíduos modelados para cada configuração de rede são incluídos no modelo do OpenDSS como mostrado na Figura 3.19, que apresenta o fluxograma relacionado à etapa combinada do processo de otimização. Para este fluxograma, as etapas são detalhadas nos passos **P4.1-P4.14**.

Figura 3.19 – Fluxograma parcial para a etapa de otimização conjunta de reguladores de tensão e capacitores.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

- P4.1:** Dados de inicialização de chaves, reguladores de tensão e capacitores são usados na criação de indivíduos do AG, seguindo número total calculado pelo critério de intensificação de busca;
- P4.2:** Contador do número de fases é inicializado a partir dos ajustes da intensificação de busca;
- P4.3:** Contador do número de gerações do AG é definido;

- P4.4:** Estado das chaves (abertas/fechadas) é atualizado utilizando os recursos de *switch=y* e *enabled=yes/no* do OpenDSS, de modo a corresponder aos estados codificados no indivíduo a ser avaliado;
- P4.5:** Reguladores de tensão são criados e atualizados usando os elementos *transformer* e *regcontrol* do OpenDSS, conforme dados codificados no indivíduo a ser avaliado;
- P4.6:** Capacitores são criados e atualizados usando o elemento *capacitor* do OpenDSS, conforme codificados no indivíduo a ser avaliado;
- P4.7:** Realizados cálculos de fluxos de potência para todos os pontos da curva de demanda avaliada adotada para aquela fase do processo;
- P4.8:** Extraídos dados elétricos de interesse;
- P4.9:** Modificações realizadas no sistema base são revertidas para que novos equipamentos possam ser avaliados;
- P4.10:** Findada uma geração, é calculado o *fitness* para as soluções analisadas.
- P4.11:** Realizado processo de cruzamento das soluções;
- F4.12:** Realizado processo de mutação das soluções;
- F4.13:** Findada uma fase, são descartadas as piores configurações de rede analisadas até então;
- F4.14:** Contado de fase é atualizado, iniciando a próxima fase de otimização.

#### 3.4.3.2.2 Avaliação das soluções do problema combinado

Por meio do procedimento descrito na Seção 3.4.3.2.1 são obtidos os dados elétricos e de equipamentos necessários à avaliação das soluções do problema combinado. Esta etapa faz uso destes dados, em conjunto com as equações (3)-(5) no cálculo da  $FO_G$ , enquanto as equações (6)-(7) são tratadas internamente pelo OpenDSS durante a execução dos fluxos de carga e as equações (9)-(10) são usadas pelo AG a partir de valores preestabelecidos e compatíveis com aqueles utilizados pelas concessionárias. Por fim, as equações (8), (11) e (12) são utilizadas como restrições de calha, sendo subtraídas da  $FO_G$  para o cálculo da função de aptidão global das soluções sob análise, conforme a Equação (19).

$$FA_G = FO_G - \left( \sum (\lambda_1 \cdot dV_c) + \sum (\lambda_2 \cdot dI_c) + \sum (\lambda_3 \cdot \delta V_c) \right) \quad (19)$$

Onde:

$FA_G$	Função aptidão do problema global [R\$];
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	Penalizações por desvio de tensão, violação de limite de corrente e de desequilíbrio de tensão, respectivamente;
$dV_c$	Desvio de tensão para o valor de referência na configuração da solução candidata [pu];
$dI_c$	Violação do limite de corrente do ramo na configuração da solução candidata [A];
$\delta V_c$	Desequilíbrio de tensão considerando $FD_{95\%}$ [%].

Enquanto a curva de carga utilizada nas fases 2.2 e 2.3 é composta de 24 pontos, são utilizados apenas três patamares de carga (leve, nominal e pesada) para a Fase 2.1, sendo definido que cada patamar se referente a oito horas diárias. Desta forma, os quantitativos de energia injetada e fornecida utilizados na Equação (3) são multiplicados por permitindo a simulação para apenas três patamares com o cálculo dos efeitos considerando 24 intervalos horários. Assim, o balanço financeiro da compra e venda de energia é ajustado, permitindo uma análise adequada dos impactos relacionados ao custo dos equipamentos na variação do balanço e consequente avaliação da qualidade das soluções.

#### 3.4.3.2.3 Ajustes do Algoritmo Genético (antigo Genético Taxas de Elitismo, Cruzamento e Mutação)

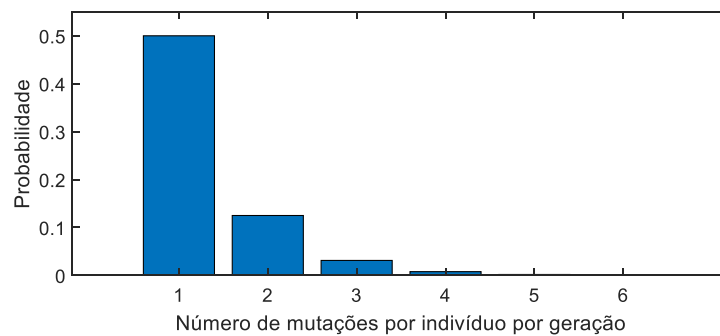
Um adequado funcionamento do AG é dependente da definição de múltiplos parâmetros, os quais ditam a forma como será verificado o universo de soluções. Destes, o número de gerações é definido como igual a 100, valor também utilizado para o número de indivíduos. Estes valores são tradicionalmente utilizados na literatura (SHELKE *et al.*, 2023) como primeira estimativa, sendo ajustados empiricamente se necessário, o que costuma ser realizado em problemas de maiores dimensões (TANOMRUG; SAIVICHIT; SILAWAN, 2022). Neste trabalho, no entanto, utilizam-se os valores inicialmente definidos e, havendo recursos disponíveis, tais números são escalados de acordo, conforme discutido na Seção 3.3.

Além destes, o algoritmo considera um elitismo fixo de 10% para o processo, permitindo a passagem das melhores soluções para a próxima geração e protegendo o conjunto de possíveis involuções. A taxa de cruzamento é ajustada em 50%, sendo o processo realizado por meio de roleta, enquanto a taxa de mutação é definida como sendo decrescente, iniciando em 50% com



queda de 75% a cada mutação. Assim, a probabilidade de uma mutação ocorrer em um dado indivíduo é 50%, enquanto para duas mutações a probabilidade é de 12,5% e para três as chances são de 3,1%, conforme a Figura 3.20. Deste modo, a ocorrência de mutações é bastante comum e é garantido um avanço do algoritmo, sendo, no entanto, bastante incomum a ocorrência de um número elevado de mutações em cada indivíduo a cada geração. Todos os valores foram obtidos e ajustados empiricamente, seguindo como referência faixas de valores da literatura.

Figura 3.20 – Probabilidade de ocorrência de determinado número de mutações por indivíduo por geração.



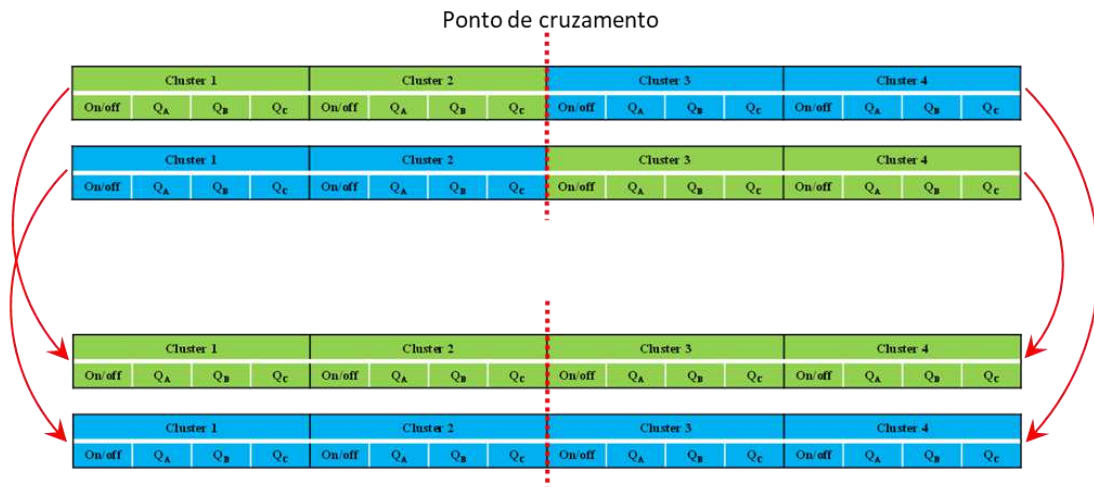
Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

O processo de mutação é realizado com modelagem não binária por parâmetro, podendo haver múltiplas mutações em um mesmo gene por geração, seguindo as probabilidades da Figura 3.20. Por sua vez, o processo de cruzamento é de dois pontos, sendo cada um deles localizado dentro dos limites de um dos problemas, ou seja, cruzamento de ponto único para reguladores de tensão e de ponto único para capacitores utilizando os mesmos pais.

#### 3.4.3.2.4 Operadores de cruzamento

A inicialização para as soluções dentro de uma mesma ilha é feita considerando uma mesma sequência para os *clusters*, mantendo a estrutura da Figura 3.21. Deste modo, o cruzamento pode ser realizado sem a necessidade de maiores ajustes.

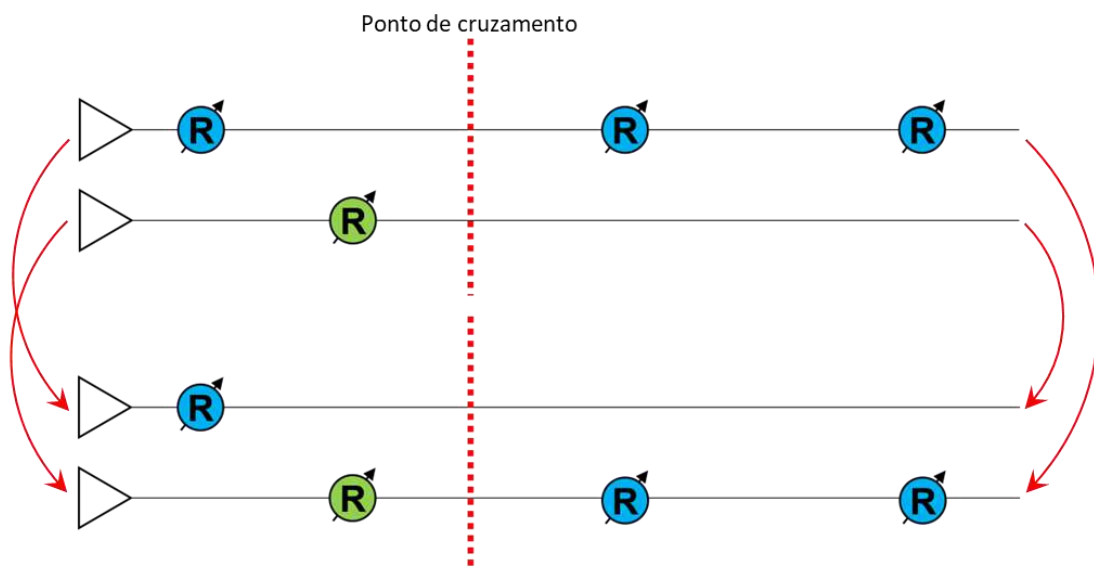
Figura 3.21 – Cruzamento de cromossomos relacionados aos capacitores.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Devido à forma como é realizada a inicialização dos reguladores de tensão, existe possibilidade de cromossomos relacionados a tais equipamentos terem diferentes tamanhos, impossibilitando o cruzamento como feito para os capacitores. Em vez disso, o cruzamento é feito na posição dos equipamentos dentro do alimentador, como na Figura 3.22. Com tal procedimento, evita-se que os filhos percam equipamentos necessários ou considerem equipamentos muito próximos uns dos outros quando cromossomos com diferente número de posições são escolhidos como pais.

Figura 3.22 – Cruzamento de cromossomos relacionados aos reguladores de tensão.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

### 3.4.3.2.5 Operadores de mutação

Diferentemente do que acontece para operadores de cruzamento, os operadores de mutação são tratados da mesma forma para ambos os problemas, conforme apresentado na Figura 3.23. Considerando a taxa de mutação decrescente da Figura 3.20, é inicialmente definido quantos genes são alvo de mutação e, na sequência, escolhidos quais genes. Para cada característica específica é então escolhida uma das possíveis mutações, as quais incluem variações de 25 ou 50 kvar de potência reativa ( $Q_A$ ,  $Q_B$  e  $Q_C$ ) e Barra para os bancos de capacitores, sendo também possível eliminar o equipamento. Por sua vez, os reguladores de tensão podem ser mutados com a movimentação do equipamento a montante ou a jusante dentro do alimentador (Linha), bem como ter alterada a barra controlada em cada fase ( $B_{C_A}$ ,  $B_{C_B}$  e  $B_{C_C}$ ), o que altera as impedâncias de ajuste do regulador de tensão.

Figura 3.23 – Possíveis mutações de genes relacionados a capacitores e reguladores de tensão.

Capacitor 1					Regulador de tensão 1				
1	Barra	$Q_A$	$Q_B$	$Q_C$	1	Linha	$B_{C_A}$	$B_{C_B}$	$B_{C_C}$
0	↑ Barra	$Q_A+50$	$Q_B+50$	$Q_C+50$	0	↑ Linha	↑ $B_{C_A}$	↑ $B_{C_B}$	↑ $B_{C_C}$
	↓ Barra	$Q_A+25$	$Q_B+25$	$Q_C+25$		↓ Linha	↓ $B_{C_A}$	↓ $B_{C_B}$	↓ $B_{C_C}$
		$Q_A-25$	$Q_B-25$	$Q_C-25$					
		$Q_A-50$	$Q_B-50$	$Q_C-50$					

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

## 4 RESULTADOS

A fim de se testar a eficiência do método proposto e seu potencial de aprimoramento, foram realizadas simulações utilizando diferentes casos da literatura. Além disso, de modo a verificar a intensificação do processo de busca em função do caso e dos recursos, as simulações são realizadas utilizando diferentes computadores e sendo disponibilizados diferentes tempos para a solução. Todavia, de modo a limitar os impactos relacionados a questões externas, como o software utilizado, padronizou-se a utilização de Microsoft Windows 10 Pro x64 (22H2), MATLAB® R2022b e OpenDSS 9.5.1.1. Por fim, os testes foram conduzidos com o sistema operacional em modo de segurança e sem conexão à internet, minimizando os impactos decorrentes da utilização de recursos por outros processos, sendo definido um núcleo físico dedicado à execução do sistema enquanto os demais são utilizados para a solução do problema.

### 4.1 Computadores Utilizados

Para a realização dos testes foram utilizados dois computadores distintos, listados na Tabela 4.1 e com diferentes níveis de performance, que nas próximas seções serão indicados como PC1 e PC2. Para ambos é apresentada a pontuação do processador no PassMark, *benchmark* comumente utilizado na classificação de nível de desempenho de processadores (PASSMARK SOFTWARE, 2023). Considerando as diferentes possibilidades para a utilização do método, pode-se entender o Computador 1 como um hardware disponível durante uma reunião ou em campo e o Computador 2 como uma workstation comum para a utilização em etapas de planejamento. Devido à não disponibilidade, não foram incluídos testes com um sistema com maior poder computacional, no nível do que as concessionárias possuem acesso para esse tipo de simulação.

Tabela 4.1 – Computadores utilizados para as simulações.

<b>Computador 1 (PC1)</b>	<b>Computador 2 (PC2)</b>
Laptop Asus X510UR	Desktop
Intel® Core™ i5-8250U (4C/8T)	AMD Ryzen 5 5600 @4.2 (6C/12T)
16 GB DDR4-2400	16 GB DDR4-3200
PassMark: 1.918 ( <i>Single Thread</i> )	PassMark: 3.251 ( <i>Single Thread</i> )
5.897 ( <i>Multi Thread</i> )	21.536 ( <i>Multi Thread</i> )

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

## 4.2 Ajustes Financeiros

De modo a ajustar os pesos utilizados pelo método, é necessária a obtenção de (i) equipamentos necessários para cada alteração no sistema, (ii) os custos relacionados a materiais e mão de obra e (iii) a taxa de juros. Todos os dados utilizados têm como base o mês de setembro de 2022, sendo utilizada como taxa de juros para os cálculos o valor da taxa Selic, fixada em 13,75% a.a. na ocasião. A fim de se calcular os valores mensais referentes à instalação dos equipamentos, define-se um prazo de 15 anos para a amortização. Embora o horizonte de planejamento seja ajustado em 5 anos conforme o Módulo 2 do PRODIST (ANEEL, 2021d), o período de amortização considera que os equipamentos possuem vida útil maior, sendo seus efeitos sentidos por mais tempo.

A lista completa dos equipamentos necessários à instalação de bancos de capacitores e reguladores de tensão foi definida a partir do padrão utilizado por distribuidoras em suas redes aéreas urbanas classe 15kV, conforme normas de cada área (CEMIG, 2023; ENERGISA, 2023b; EQUATORIAL ENERGIA, 2023; LIGHT, 2023). Os custos relacionados a tais equipamentos foram obtidos por meio de fornecedores, enquanto os custos com mão de obra foram fornecidos por empreiteiras habilitadas por uma concessionária para a execução em suas redes, não sendo considerada a necessidade de serviços ou materiais para obras envolvendo linha viva. Foram obtidos três orçamentos para todos os itens utilizados, sendo adotado no modelo a média destes, conforme valores apresentados no Anexo C - . Por sua vez, o Anexo D - apresenta valores referentes à energia elétrica, conforme obtido em plataforma da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022).

## 4.3 Curvas de Carga

Todas as simulações cujos resultados são apresentados nesta seção se baseiam nas curvas de carga da Figura 3.9, fornecida pelo EPRI como curva padrão do OpenDSS (dias úteis). A partir dela são definidos como patamares de carga baixa, média e alta os valores de 58%, 100% e 142% dos valores nominais de cada caso analisado. Considerando o horizonte de planejamento de 5 anos estabelecido pelo PRODIST(ANEEL, 2021d), é também definida uma taxa de crescimento da carga de 2% a.a. sobre os valores da curva, obtida a partir da 2ª Revisão Quadrimestral das Previsões de Carga para o Planejamento Anual da Operação Energética PLAN 2022-2026 para o ano de 2022 (EPE, 2022).

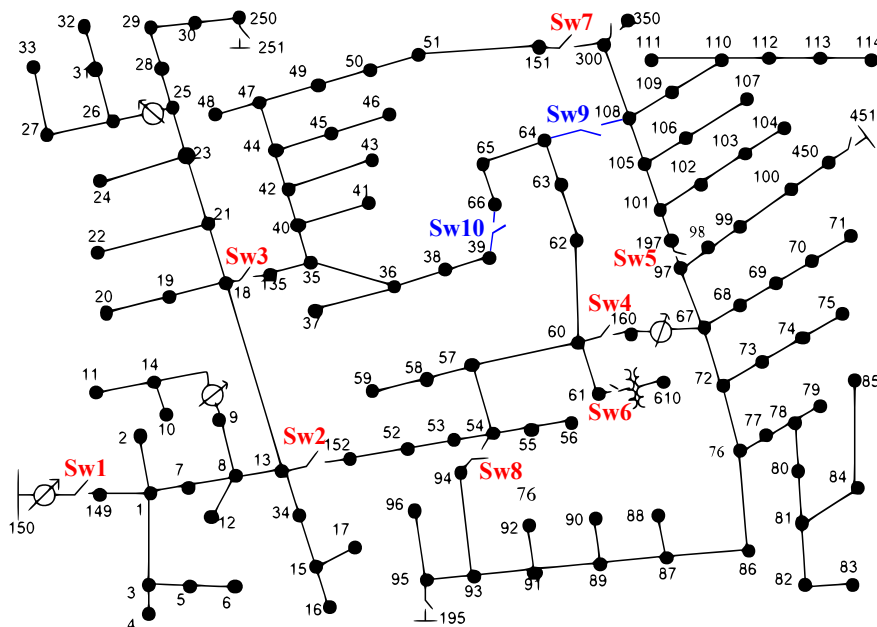
#### 4.4 Sistemas simulados

Para a realização das simulações são definidos dois casos da literatura, escolhidos com o objetivo de representar sistemas com diferentes dimensões e como tal questão impacta no desempenho do método e nos resultados. Assim, a Seção 4.4.1 apresenta o sistema teste IEEE 123 Barras, o qual é visto na literatura como um sistema de pequeno porte, sendo esperada uma solução rápida e fácil pelo método. Na sequência, são realizadas simulações considerando o sistema teste IEEE 8500 nós, cujas dimensões mais se aproximam da realidade de sistemas de distribuição de energia elétrica, sendo demandado um maior esforço computacional associado à sua otimização.

##### 4.4.1 Sistema IEEE 123 Barras

O sistema IEEE 123 barras, mostrado na Figura 4.1, é baseado em um alimentador representado por seu circuito de média tensão, operando em 4,1 kV, o qual contém barras tri e monofásicas. Não havendo representação de baixa tensão no sistema (exceto pela barra 610), as cargas são conectadas diretamente no sistema primário, sendo para as simulações deste trabalho adotada a configuração com cargas desequilibradas.

Figura 4.1 – Sistema IEEE 123 Barras.



Fonte: Kersting (1991).

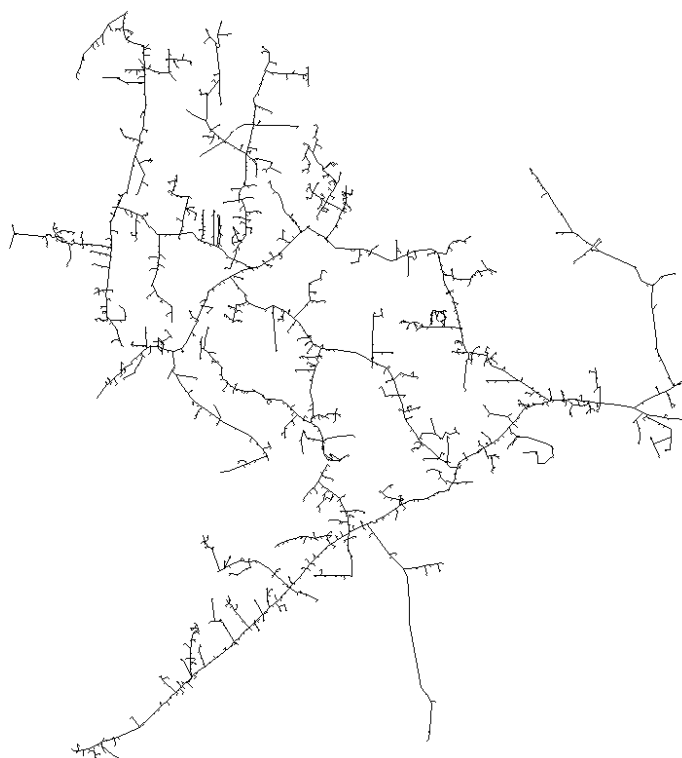
Este sistema é considerado para os padrões atuais de estudos em sistemas de distribuição como sendo de pequeno porte (ARRITT; DUGAN, 2010) e de fácil solução considerando os recursos computacionais atuais. Desta forma, devido ao pequeno número de chaves existentes,

são adicionados equipamentos adicionais para um aumento no número de combinações possíveis, conforme descrito no (Apêndice C - ) e destacadas em azul na figura acima.

#### 4.4.2 Sistema IEEE 8500 Nós

Diferentes casos são utilizados na literatura para a análise de sistemas de distribuição, tendo cada um deles diferentes enfoques. Destes, o sistema IEEE 8500, visto na Figura 4.2, foi desenvolvido e é utilizado com o objetivo de permitir aos pesquisadores testar a capacidade de seus métodos lidarem com sistemas de grande porte, semelhante aos existentes em muitas situações práticas. Este sistema faz uso de uma configuração comumente utilizada nos Estados Unidos e no Canadá, mas também em locais com menor densidade populacional no Brasil, tais como áreas periféricas de diferentes municípios ou diferentes formas de comunidades rurais. Tal configuração se baseia na utilização de transformadores de tape central, os quais naturalmente levam as redes a operar de maneira desbalanceada.

Figura 4.2 – Sistema IEEE 8500 Nós.



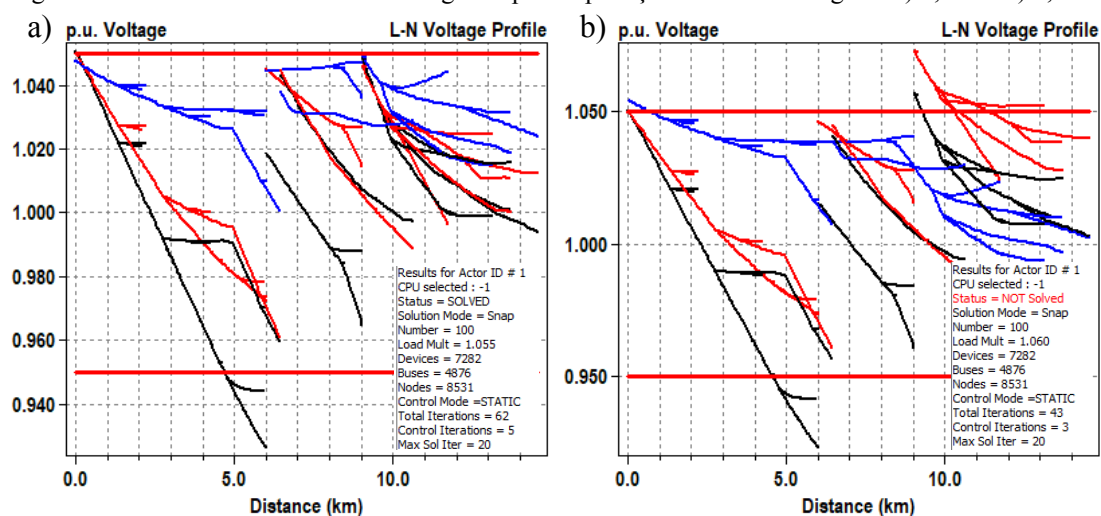
Fonte: Arritt e Dugan (2010).

Este sistema representa um maior desafio para o método, devido ao maior tempo necessário para sua simulação pelo OpenDSS, maior número de combinações de chaves e para a manipulação dos indivíduos pelo AG, tendo em vista o maior número de genes em cada um deles.

Este sistema contempla uma rede de média tensão operando em 12,4 kV no primário, enquanto o secundário, alimentado por transformadores monofásicos de tape central, opera em 120-240V. Mais detalhes sobre ele podem ser vistos no Apêndice C - , incluindo o posicionamento das 10 chaves adicionais utilizadas neste trabalho.

Embora provido de quatro bancos de capacitores controlados e quatro bancos de reguladores de tensão, este sistema está muito próximo de seu limite de carregamento, como observado na Figura 4.3, que considera o sistema rodando com multiplicadores da carga nominal próximos de seu limite. No primeiro caso, o sistema permanece dentro de um patamar de carga possível e o OpenDSS consegue convergir. Contudo, incrementando a carga até o segundo fator, o sistema diverge, não sendo tal carga suportada por ele. Em virtude disso, e de modo a permitir a utilização da mesma curva de carga, o carregamento nominal do sistema a ser analisado nesta etapa do trabalho é ajustado para 68,3% dos valores da literatura, permitindo que em carga pesada e ao final do horizonte de planejamento o sistema opere com fator de carga 1,05.

Figura 4.3 – Sistema teste IEEE 8500.original após a aplicação de fator de carga de a) 1,055 e b) 1,060.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5 Otimização de Recursos em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Considerando o Método Desenvolvido

As simulações realizadas neste trabalho são divididas em função do sistema teste considerado, sendo o sistema IEEE 123 Barras visto como de pequeno porte e o sistema IEEE 8500 Nós como tendo dimensões compatíveis com as observadas em alimentadores reais de distribuição. Além da divisão por sistema teste, são realizadas simulações considerando a inclusão do problema de reconfiguração dentro do modelo do AG e posteriormente com a variação de (i)



tempo de simulação; (ii) dispositivo utilizado; (iii) curva de carga utilizada; (iv) modelo de carga utilizado; e (v) modo de controle dos reguladores de tensão. Por fim, são realizados testes comparando os resultados deste trabalho com uma abordagem baseada unicamente em AG e a outros da literatura.

#### 4.5.1 Em Sistema IEEE 123 Barras

Para o sistema IEEE 123 Barras é definido como padrão o cenário apresentado na Tabela 4.2. A partir destes dados são realizadas as simulações cujos resultados são apresentados a seguir. Posteriormente estes resultados são comparados aos obtidos mediante a variação de um único parâmetro, permitindo assim verificar o impacto de cada questão individualmente.

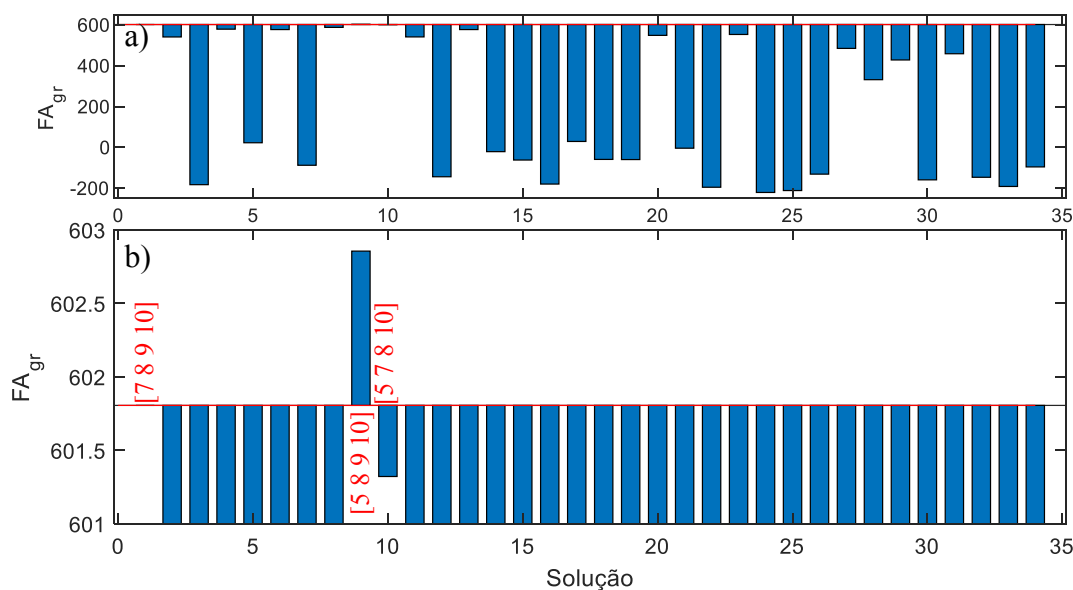
Tabela 4.2 – Configuração padrão para simulação do sistema IEEE 123 Barras.

<b>Tempo (por fase)</b>	<b>PC</b>	<b>Carga (por fase)</b>	<b>Modelo de carga</b>	<b>Modo controle regulador</b>
5s	PC1	nominal	1 / 2 / 5	Controle remoto
1200s ( $T_{ic}$ )	(laptop)	24h dias úteis	(Padrão do caso)	em 1,00 pu

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para esta configuração, o método é capaz de obter todas as 34 configurações de rede válidas, obtidas conforme a sequência mostrada na Figura 4.4a, que considera a linha de base como a configuração inicial das chaves (conforme o Apêndice C -). Dentre as soluções, destacam-se a nona e a décima obtidas, cujos valores de  $FA_{gr}$  mais se aproximam do valor da solução inicial (+0,17% e -0,08%, respectivamente). Para estas soluções as chaves mantidas abertas são mostradas Figura 4.4b, sendo seu impacto na operação do sistema referente a qual chave dentre Sw5, Sw7 e Sw9 é a responsável pela energização do canto superior direito do sistema (barras 101-114, 197 e 300).

Figura 4.4 – Aptidão para (a) as soluções obtidas em cada configuração do sistema teste IEEE 123 barras, com (b) destaque para as três melhores soluções.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para este sistema, visto como de fácil solução e contendo apenas 10 (dez) chaves, existem apenas as 34 soluções que atendem os critérios de conectividade e radialidade, sendo este número decorrente do pequeno número de equipamentos, ao fato de duas chaves (sw01 e sw06) não fazerem parte de nenhum ciclo e pela própria posição das chaves umas em relação às outras. Desta forma, ainda que o máximo teórico de combinações do estado das chaves seja 1024 ( $2^{10}$ ), o fato de duas chaves não fazerem parte de nenhum ciclo reduz o número para 256 ( $2^8$ ), sendo este número novamente reduzido em função do posicionamento das chaves no sistema.

Dentre as soluções obtidas, o valor de  $FA_{gr}$  das 5 melhores pode ser visto na Tabela 4.3, que também apresenta as chaves abertas em cada cenário e quando a solução foi obtida. Ao final da tabela, é incluída também a pior solução dentre as 34 obtidas, cujo valor negativo de  $FA_{gr}$  é representativo das penalizações aplicada à solução, geradas muito em função da utilização de chaves monofásicas para o atendimento de trechos trifásicos de rede. Considerando todas as soluções mostradas na Figura 4.4, observa-se que 19 soluções seguem este padrão, sendo possíveis numericamente, embora não tecnicamente.

Tabela 4.3 – Melhores configurações de rede para o sistema IEEE 123 Barras.

$FA_{gr}$	Chaves abertas	Sequência
602,84	7 8 9 10	9 <sup>a</sup>
601,80	5 8 9 10	1 <sup>a</sup> (inicial)
601,32	5 7 8 10	10 <sup>a</sup>
587,73	4 7 8 10	8 <sup>a</sup>
579,01	3 8 9 10	4 <sup>a</sup>
⋮	⋮	⋮
-220,88	3 4 8 9	24 <sup>a</sup>

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Assim, sendo um problema de fácil solução pelo OpenDSS e com um reduzido número de soluções viáveis a serem avaliadas, o método conclui a verificação da árvore com um tempo inferior a 2 segundos. Este tempo é possível em função do método desenvolvido e sua utilização da matriz  $Y_{inc}$  gerada pelo OpenDSS, um processo que embora mais lento que o cálculo do fluxo de potência, restringe drasticamente o espaço de busca.

Antes de executar o AG, no entanto, é necessária a inicialização dos equipamentos necessários considerando apenas a melhor configuração de rede ( $FA_{gr} = 602,84$ ). Para a configuração escolhida são então definidos as posições iniciais e o número de reguladores de tensão, conforme a Tabela 4.4, definindo também o número de *clusters* para a alocação de bancos de capacitores.

Tabela 4.4 – Inicialização de equipamentos para o sistema IEEE 123 considerando uma configuração de rede.

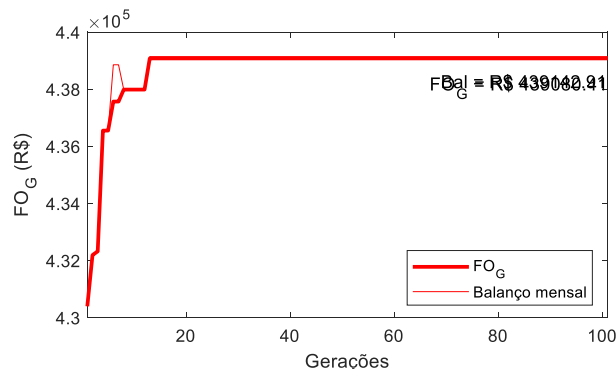
	<b>0,960</b>	<b>0,955</b>	<b>0,950</b>	<b>0,945</b>	<b>0,940</b>
<b>Número Reguladores</b>	3	2	2	3	3
<b>Barras candidatas no cluster (Capac.)</b>	15 31 1 22	30 14 24	30 13 25	21 9 5 33	1 15 6 47

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Sendo conhecidas todas as soluções possíveis para o problema de reconfiguração e inicializados os indivíduos, o método pode executar o AG para a otimização de capacitores e reguladores de tensão. Neste cenário e com o tempo destinado à segunda fase do processo de otimização sendo o suficiente para a avaliação de apenas uma rodada do AG, a otimização é feita

para os 100 indivíduos e ao longo de 100 gerações, evoluindo a melhor solução até  $FO_G = 439.080,41$ , conforme a Figura 4.5.

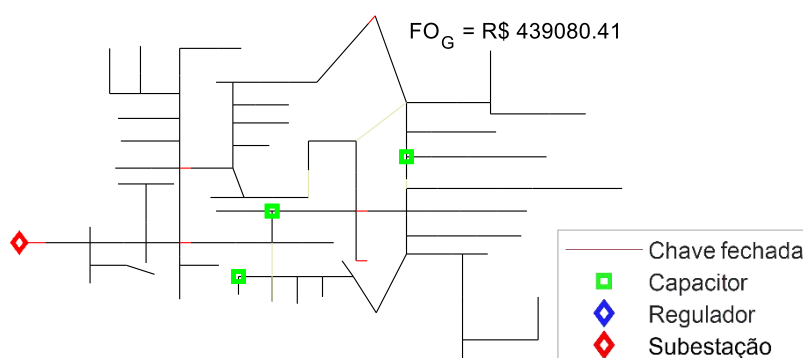
Figura 4.5 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 considerando uma configuração de rede.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para a configuração de rede obtida mediante a otimização da melhor configuração de rede da etapa anterior, o método é capaz de obter tal  $FO_G$  com a utilização de três bancos de capacitores, conforme mostrado na Figura 4.6. Se comparada ao sistema original, esta rede demonstra a não necessidade de reguladores de tensão além do existente na subestação. Contudo, se tratando de um caso com baixíssimo nível de perdas e níveis de tensão controlados, não há benefício financeiro para a operação da rede decorrente da instalação de tais equipamentos. Os capacitores, por outro lado, podem ser arrançados no sistema de diferentes formas, conforme visto a seguir.

Figura 4.6 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados pelo método considerando a melhor solução de reconfiguração.

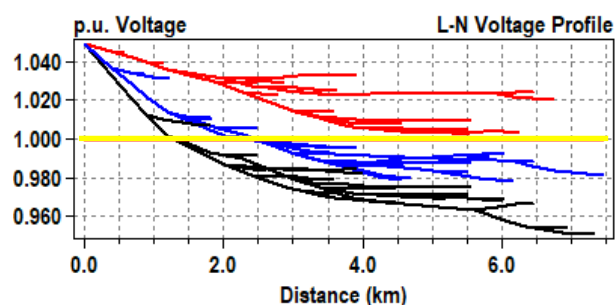


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para esta configuração, os níveis de tensão para o sistema operando com carga pesada podem ser vistos nas Figura 4.7. Observa-se que as tensões respeitam os limites da faixa adequada do PRODIST sem grandes problemas, ainda que os reguladores de tensão sejam retirados. Por sua

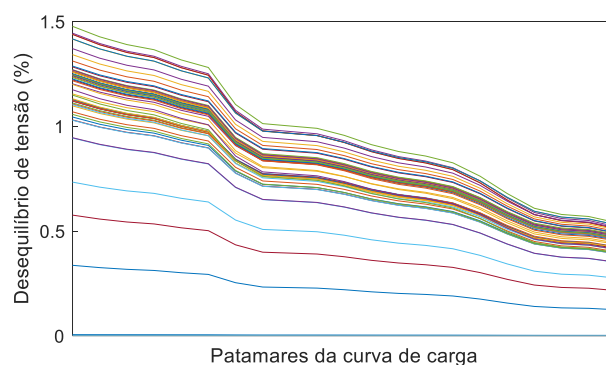
vez, a Figura 4.8 mostra que os desequilíbrios de tensão para todas as barras trifásicas do sistema, representadas pelas diferentes curvas, se mantém abaixo dos limites desejáveis para todos os patamares da curva de carga adotada.

Figura 4.7 – Perfil de tensão com carga pesada nas barras do sistema IEEE 123 barras considerando a melhor solução de reconfiguração.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

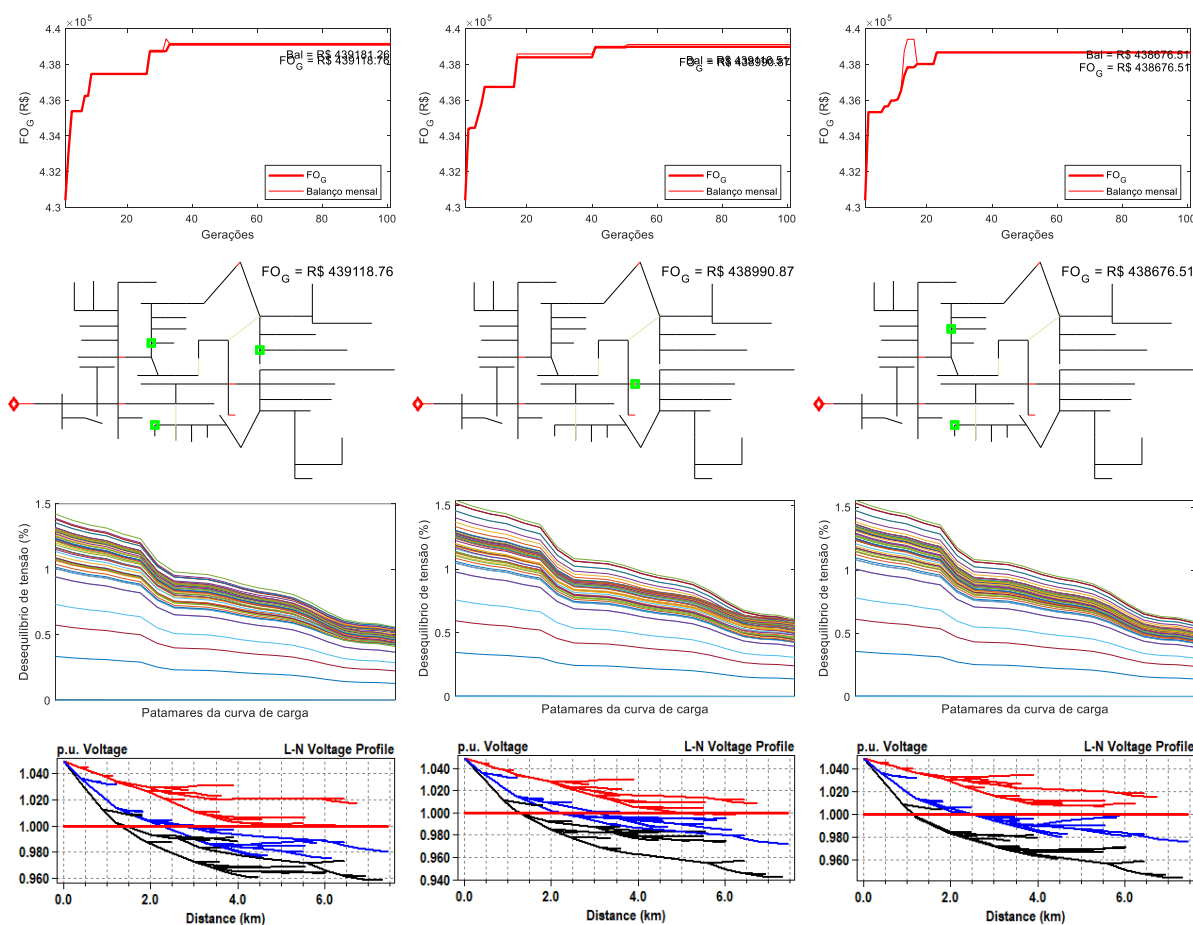
Figura 4.8 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 123 barras em função de valores decrescentes da curva de carga considerando uma solução de reconfiguração.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

A solução mostrada acima é apenas uma das possíveis mediante a utilização do método quando considerada apenas a melhor configuração obtida para o problema de reconfiguração. Outras possíveis configurações, juntamente com seus resultados, podem ser vistas na Figura 4.9. Observa-se neste caso uma variação de até 0,10% em relação à função objetivo da primeira solução obtida.

Figura 4.9 – Diferentes configurações de rede para o sistema IEEE 123 barras adotando a configuração base.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

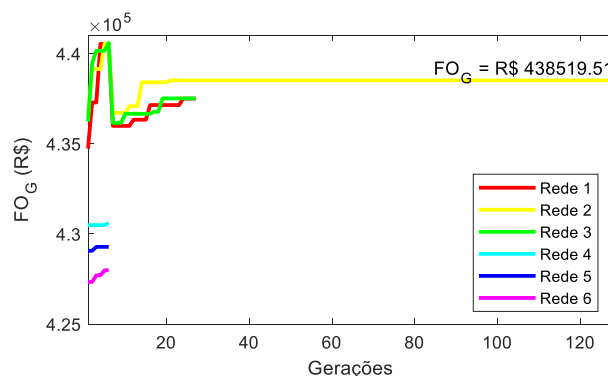
Conforme observado por meio das soluções mostradas, o método permite a evolução da  $FO_G$  com a obtenção de múltiplas e diferentes soluções de interesse prático para as distribuidoras, havendo diferenças mínimas entre a rentabilidade do sistema considerando tais resultados. Desta forma, engenheiros de planejamento podem definir qual das soluções mais se adequa aos objetivos da empresa e dar prosseguimento à etapa de planejamento fazendo uso dos equipamentos otimizados.

#### 4.5.1.1 Variação do tempo de otimização

Sendo o tempo de cinco segundos suficiente para a obtenção de todas as configurações de chaves para este caso, adota-se nesta subseção um aumento apenas do tempo disponível para o AG, que passa a ser de 2400 segundos ( $2T_{ic}$ ). Este tempo é suficiente para a avaliação de duas configurações de rede ao longo de 100 gerações ou de seis configurações de rede para a Fase 2.1 e três configurações para a Fase 2.2 quando todos os outros ajustes são mantidos conforme a Tabela 4.2.

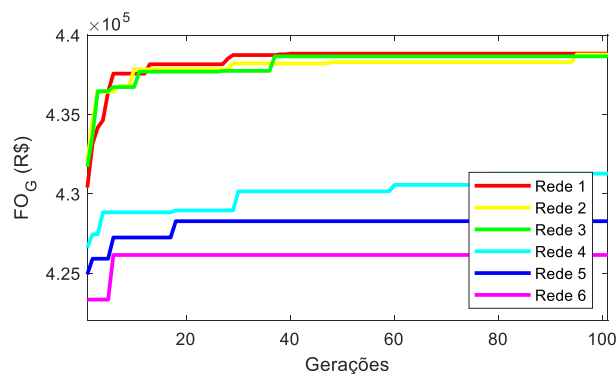
Considerando os critérios de intensificação de busca e a avaliação de seis configurações de rede, a otimização pode verificar que soluções inicialmente piores podem se converter em melhores resultados para a operação do sistema, como no caso da Figura 4.10. Nesta situação, a segunda configuração de rede evolui mais rapidamente do que a rede vista inicialmente como mais adequada, sendo otimizada até o final da Fase 2.3. Dependendo do sistema este procedimento permite uma verificação rápida de um maior número de redes, impedindo que redes com potencial sejam descartadas caso a otimização por AG considere apenas uma configuração. Isso também impede situações onde não é possível a obtenção de redes tecnicamente viáveis a partir de uma única configuração, em virtude de questões como a violação de limite de corrente de condutores (MONTSUTSUMI *et al.*, 2017). Comparando os resultados desta otimização aos da Figura 4.11 observa-se uma diferença inferior a 0,05% para  $FO_G$ , mas com um tempo de otimização três vezes menor (39min27s contra 2h01min44s) utilizando o PC1.

Figura 4.10 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras considerando seis configurações de rede utilizando o critério de intensidade de busca.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

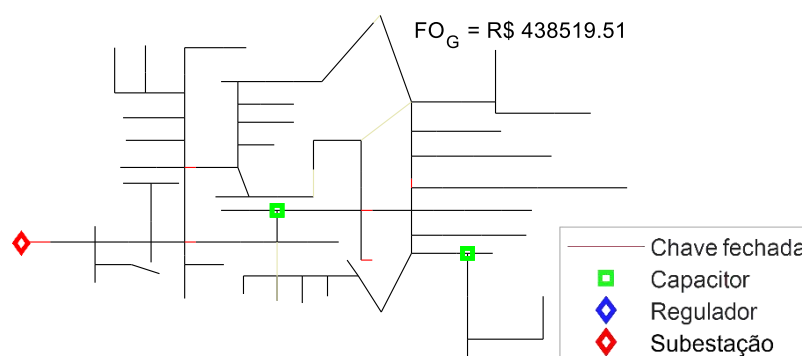
Figura 4.11 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras considerando a otimização de seis configurações de rede em paralelo.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

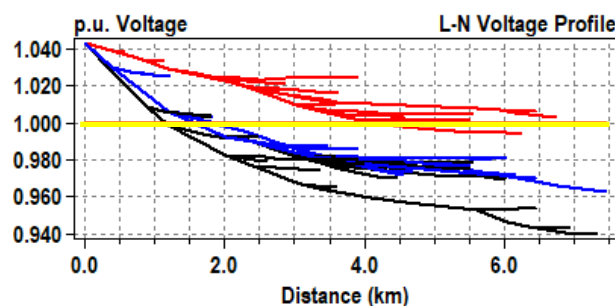
Para a rede otimizada seguindo a curva de  $FO_G$  mostrada na Figura 4.10 o método chega a uma configuração com a alocação de equipamentos mostrada na Figura 4.12. Conforme observado, esta configuração de rede altera a chave responsável por ligar a parte superior direita do sistema, mas ainda assim permite a obtenção de resultados equivalentes aos da configuração base. Da mesma forma, a Figura 4.13 mostra que tal configuração permite a manutenção dos níveis de tensão ainda que com carga pesada.

Figura 4.12 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados pelo método considerando as seis melhores soluções de reconfiguração.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Figura 4.13 – Perfil de tensão nas barras do sistema IEEE 123 barras considerando as seis melhores soluções de reconfiguração utilizando o critério de intensidade de busca.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5.1.2 Otimização considerando computador com diferente nível de desempenho

Sendo comparados os tempos de *benchmark* para ambos os computadores, observam-se valores de  $T_{bc} = 0,12$  segundos para o PC1 e  $T_{bc} = 0,06$  segundos para o PC2. Desta forma, a utilização do segundo computador permite ao método realizar o dobro de operações, podendo ser os resultados desta alteração semelhantes aos obtidos para a Seção 4.5.1.1 com um tempo de 1200 segundos. Assim, havendo o mesmo tempo disponível para a otimização do sistema, algumas possibilidades de soluções para as fases 2.1, 2.2 e 2.3 a serem avaliadas podem ser vistas na



Tabela 4.5. Desta forma, os critérios de intensidade de busca permitem a verificação da qualidade e posterior otimização de mais configurações de rede do que seria possível se considerada a otimização paralela com a utilização de uma curva de carga mais detalhada e durante todas as gerações do AG.

Tabela 4.5 – Número de soluções possíveis de serem avaliadas com o critério de intensidade de busca para o sistema IEEE 123 barras.

$T_{lc}$	$PCI$	$PC2$
1800s	4 / 2 / 1	20 / 9 / 1
2400s	8 / 4 / 1	32 / 14 / 1
3600s	20 / 9 / 1	56 <sup>1</sup> / 34 / 1

<sup>1</sup> Caso IEEE 123 só possui 34 combinações totais.

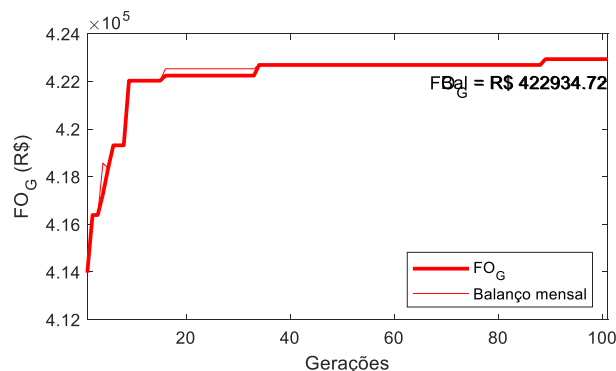
Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5.1.3 Alteração da curva de carga utilizada

Outra questão que impacta nos resultados a serem obtidos pelo método é a curva de carga utilizada. Enquanto a configuração padrão para este caso considera apenas a curva de carga para dias úteis da Figura 3.9, esta subseção compara os resultados obtidos por meio da otimização do sistema considerando uma curva de carga semanal. A curva adotada é então formada por 144 pontos, dados por cinco repetições da curva para dias úteis e duas repetições para a curva de finais de semana.

Para este cenário é possível observar uma redução no valor de  $FO_G$  e do balanço financeiro mensal para o sistema, frutos da menor carga observa para sábados e domingos. Se comparados aos resultados da configuração base, este caso representa uma redução de aproximadamente 3,7% do balanço mensal, frutos de uma redução de média da carga de 13,6% nos finais de semana (3,9% de redução média ao longo da semana).

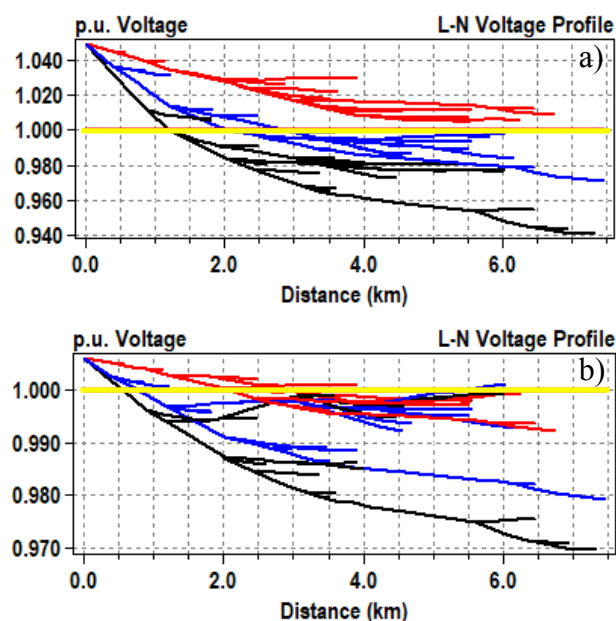
Figura 4.14 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras adotando uma curva de carga semanal.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Conforme observado na Figura 4.15 o sistema pode facilmente operar dentro dos limites da faixa adequada de tensão, com destaque para (a) o cenário de maior carregamento e (b) o cenário com carga mais leve ao longo da semana. Além disso, conforme já observado para o sistema base, os índices de desequilíbrio são mantidos dentro dos limites desejáveis definidos pelo PRODIST.

Figura 4.15 – Perfis de tensão para o sistema IEEE 123 barras operando com cargas (a) pesada e (b) leve para otimização considerando curva de carga semanal.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

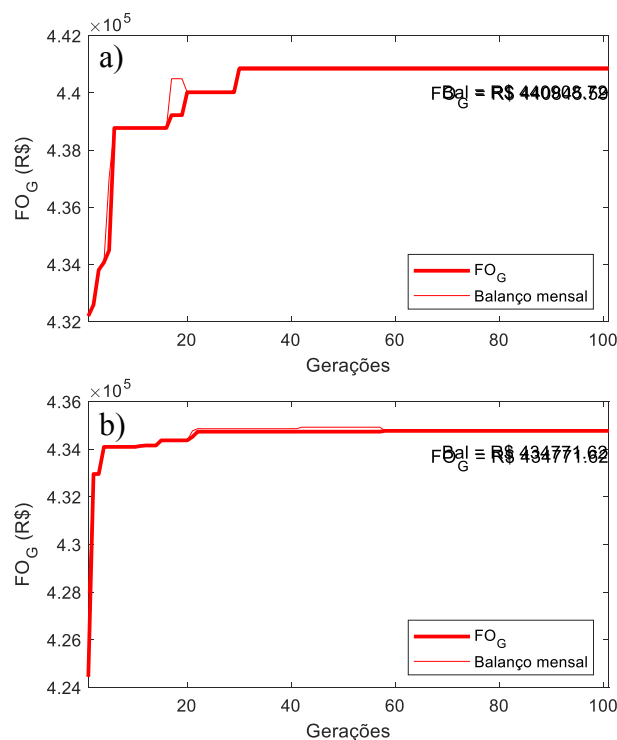
#### 4.5.1.4 Utilização de diferentes modelos de carga

Conforme discutido na Seção 3.2.4, o modelo de carga utilizado pode ter impacto direto nos resultados obtidos. Considerando que o sistema IEEE 123 barras original é composto por

carga modelas como  $Z$  constante,  $I$  constante e  $P$  constante (modelos 2, 5 e 1 do OpenDSS, respectivamente), as simulações desta seção trazem resultados obtidos por meio da alteração do modelo, incluindo todas as cargas como (i) impedância constante e (ii) potência constante.

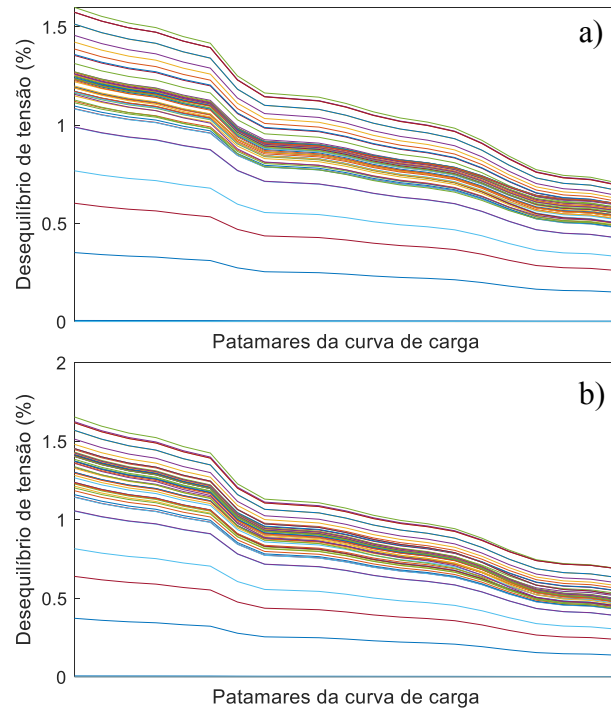
Neste sentido, a Figura 4.16 traz a evolução dos valores de balanço mensal e de  $FO_G$  para os dois modelos de carga. Comparando-os ao modelo do caso original, observa-se um aumento nos dois valores do gráfico para a modelagem como impedância constante, enquanto os resultados para potência constante indicam a redução dos mesmos valores. Assim, redes otimizadas pelo método e com cargas modeláveis como  $Z_{cte}$  podem ser financeiramente mais rentáveis e respeitando níveis de desequilíbrio e tensão, conforme Figura 4.17 e Figura 4.18.

Figura 4.16 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras com cargas modeladas como a) impedância constante e b) potência constante.



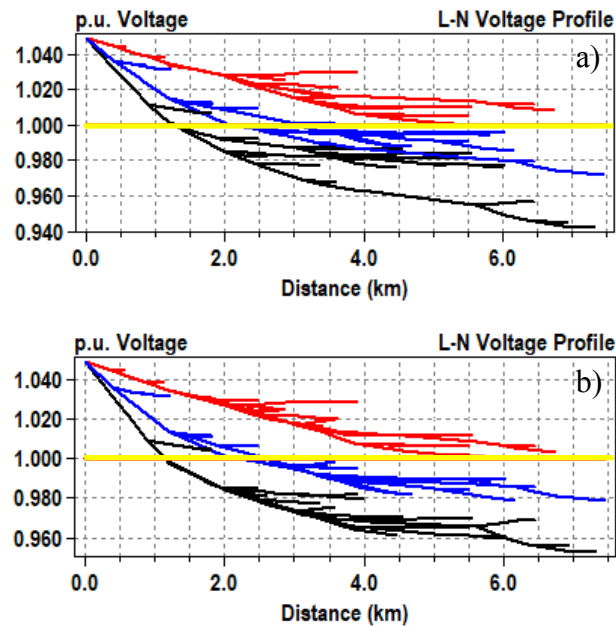
Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Figura 4.17 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 123 barras em função de valores decrescentes da curva de carga com cargas modeladas como a) impedância constante e b) potência constante.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Figura 4.18 – Perfil de tensão com carga pesada nas barras do sistema IEEE 123 barras com cargas modeladas como a) impedância constante e b) potência constante.

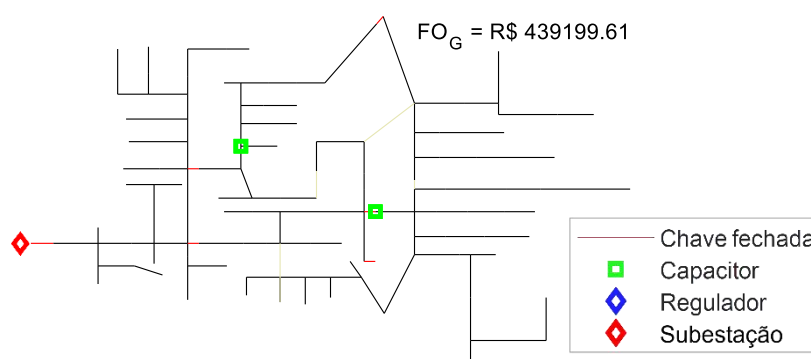


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5.1.5 Alteração do modo de controle dos reguladores de tensão

Outra questão com impacto na otimização é o modo de controle dos reguladores de tensão. Adotando o controle remoto em 1,00 pu o sistema tende a operar com tensões mais próximas deste valor durante toda sua operação, contribuindo para a redução de desequilíbrios. Por outro lado, a operação com controle local em 1,05 pu tende a manter as tensões tão próximas quanto possível do limite da faixa adequada de tensão do PRODIST, mas pode contribuir para um aumento nos níveis de desequilíbrio para o sistema. Contudo, devido às características do sistema IEEE 123 barras, a otimização considerando o controle local em 1,05 pu não traz benefícios financeiros para a operação deste sistema, não sendo instalados tais equipamentos, conforme a .

Figura 4.19 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados pelo método com controle local de tensão.

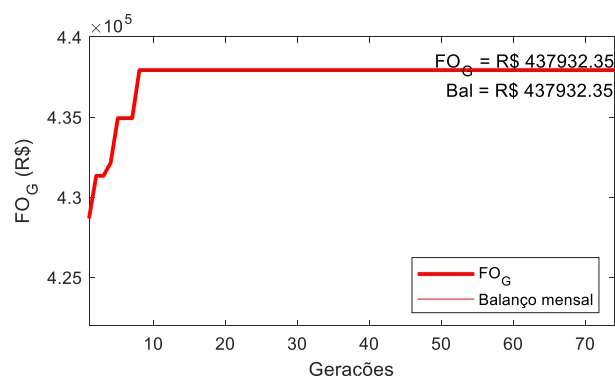


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5.1.6 Otimização em fase única baseada em AG

Devido à facilidade de manutenção do sistema dentro dos limites do PRODIST e a não utilização de reguladores de tensão adicionais, a otimização com uma única fase baseada em AG é possível para sistema IEEE 123 barras. Desta forma, uma inicialização que seja aplicável a todas as configurações de rede pode ser mais facilmente obtida, dando origem a resultados próximos dos observados para a otimização em duas fases, tal como observado na Figura 4.20.

Figura 4.20 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras considerando uma única fase baseada em AG.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5.1.7 Comparação com a Literatura

O sistema IEEE 123 é comumente utilizado para a realização de testes em sistemas de distribuição, tal como em dos Santos Pereira, Fernandes e Aoki (2018). Neste trabalho os autores buscam otimizar o sistema por meio da instalação de reguladores de tensão e capacitores para buscando a melhoria da qualidade do produto através de um método baseado em PSO. Seus resultados indicam a instalação de dois reguladores de tensão, sendo um na subestação do sistema e outro na linha entre as barras 23 e 25. Além disso são considerados dois bancos de capacitores fixos e trifásicos, instalados nas barras 60 e 100, com 750 kvar e 150 kvar, respectivamente.

Embora seja possível operar dentro dos limites do PRODIST, esta configuração apresenta resultados inferiores aos da configuração de referência deste trabalho, rendendo menos para a distribuidora na compra e venda de energia. Além disso, os equipamentos utilizados possuem um custo associado maior, conforme observado na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Comparação entre resultados deste trabalho e os da literatura para o sistema IEEE 123 barras.

	$FO_G$ (R\$)	Custo mensal dos Equipamentos <sup>1</sup> (R\$)	Equipamentos <sup>1</sup>
Otimizado	439.080,41	652,81	Capacitor 275 kvar Capacitor 300 kvar Capacitor 525 kvar
Literatura	421.276,35	2.080,85	Capacitor 150 kvar Capacitor 750 kvar Regulador 3x414 kVA

<sup>1</sup> Desconsiderando regulador da SE, mantido em ambos os sistemas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5.2 Sistema IEEE 8500 Nós

Assim como feito para o sistema IEEE 123 Barras, são definidos os valores da simulação padrão para o sistema IEEE 8500 nós, mostrados na Tabela 4.7. A partir destes, são realizadas simulações comparando os resultados obtidos a partir desta configuração a outros obtidos mediante a variação de um único parâmetro, permitindo assim verificar o impacto de cada questão individualmente.

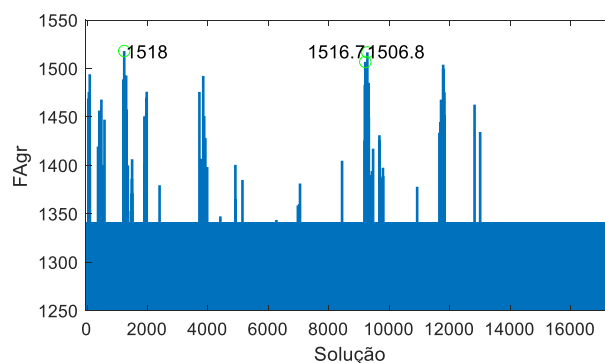
Tabela 4.7 – Configuração padrão para simulação do sistema IEEE 8500 nós.

Tempo (por fase)	PC	Carga (por fase)	Modelo de carga	Modo controle regulador
36.000s	PC2	Nominal	1 (Pot. constante)	Controle remoto
19.250s ( $T_{ic}$ )	(desktop)	24h dias úteis	(Padrão do caso)	em 1,00 pu

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Considerando as dimensões e o número de chaves deste sistema, a otimização do problema de reconfiguração ao longo de 36.000 segundos (10 horas) permite a obtenção de 17.400 possibilidades para a configuração das chaves, conforme visto na Figura 4.21. Destas, as dez soluções obtidas com o melhor valor de  $FA_{gr}$  são mostradas na Tabela 4.8.

Figura 4.21 – Aptidão para as soluções obtidas em cada configuração do sistema IEEE 8500 nós após 36.000 segundos.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Tabela 4.8 – Melhores configurações de rede para o sistema IEEE 8500 nós após 36.000 segundos.

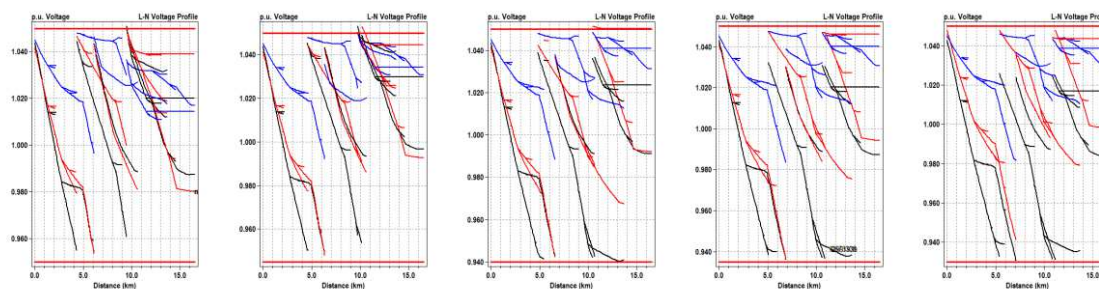
$FA_{gr}$	Chaves abertas	Sequência
1518,02	2 6 22 35 40 43 46 47 48 51 52 53	1232 <sup>a</sup>
1516,67	2 6 13 22 35 40 43 46 48 51 52 53	9279 <sup>a</sup>
1506,75	2 6 22 35 40 43 46 47 48 50 52 53	9210 <sup>a</sup>
1503,92	2 6 22 35 40 44 45 46 47 48 51 53	1179 <sup>a</sup>
1498,07	2 6 13 22 35 40 43 46 48 50 52 53	1194 <sup>a</sup>
1494,22	2 6 8 22 32 35 40 45 46 47 48 51	3985 <sup>a</sup>
1494,06	2 6 22 35 40 43 44 46 47 48 51 53	91 <sup>a</sup>
1492,32	2 6 8 22 35 40 43 46 47 48 51 53	1296 <sup>a</sup>
1488,81	2 6 13 22 35 40 45 46 48 51 52 53	1218 <sup>a</sup>
1485,09	2 6 8 22 32 35 40 45 46 47 48 50	9340 <sup>a</sup>

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Considerando a alocação de reguladores para diferentes limites inferiores de tensão, observa-se que o critério de inicialização garante a manutenção de todas as barras do sistema primário dentro dos limites, como visto na Figura 4.22. No entanto, pode-se observar a necessidade a instalação de um diferente número de equipamentos em cada um dos cenários. Neste caso, considerando um sistema com a mesma configuração de chaves e o mesmo limite de carregamento (105%) do sistema original, são necessários 6 (27,07 MVA), 5 (21,77 MVA), 4 (21,66 MVA), 5 (21,41 MVA) e 5 (21,11 MVA) reguladores de tensão para as faixas de 0,960, 0,955, 0,950, 0,945 e 0,940 pu nas barras de média tensão, respectivamente.



Figura 4.22 – Manutenção da tensão dentro dos limites estabelecidos mediante a adoção de reguladores de tensão para uma configuração de rede do caso IEEE 8500 FC=1,05 e limite inferior variando entre 0,96pu e 0,94 pu.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Contrariando as expectativas para o processo, observa-se que não há uma queda no número de equipamentos conforme são reduzidos os limites de tensão, o que ocorre devido à possibilidade da substituição de dois equipamentos por um só quando instalados em posição ligeiramente a montante na rede. Observa-se, no entanto, uma redução no somatório da potência total dos equipamentos necessários. Assim, a utilização de limites de tensão diferentes para a inicialização dos reguladores de tensão com a obtenção de diferentes quantidades de equipamentos abre a possibilidade de diferentes composições de custos. Tais equipamentos, quando colocados em operação juntamente com os capacitores para a solução do AG, podem dar origem a soluções com maior retorno financeiro, que respeitem os limites e que incrementem a capacidade de assumir carga do sistema.

Devido ao estado das chaves para cada configuração de rede e o posicionamento dos reguladores de tensão no sistema, acontece a formação de diferentes números de *clusters* para cada situação em estudo. Sendo feita a inicialização a partir da potência demandada em cada cluster, o somatório de tais valores é fixo, havendo diferenciação apenas na forma como as potências se dividem. No cenário referente à configuração de rede mais bem avaliada pelo AG, a potência de referência para a inicialização dos *clusters* em cada faixa de tensão é mostrada na Tabela 4.9. A partir destas divisões é feita a inicialização dos indivíduos, considerando os percentuais de 60%, 80%, 100%, 120% e 140% sobre a potência base.

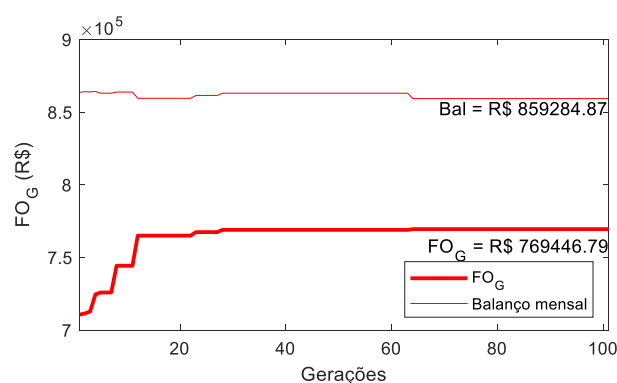
Tabela 4.9 – Número de barras por *cluster* inicializado pelo método em função da tensão de transição.

	<b>0,960</b>	<b>0,955</b>	<b>0,950</b>	<b>0,945</b>	<b>0,940</b>
<b>Config. 1</b>	104 68 61 302	146 69 56	149 72 52	149 77 46	149 84 38
	15 12 115	256 6 123	250 127	249 14 129	248 9 131

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Por meio da otimização considerando a melhor configuração de rede obtida para o problema de reconfiguração e a inicialização de reguladores de tensão e capacitores apresentada é possível a obtenção da rede cuja evolução de  $FO_G$  é vista na Figura 4.23. Além desta, o posicionamento dos equipamentos (Figura 4.24), o desequilíbrio de tensão em função do carregamento (Figura 4.26) e a variação das tensões nodais ao longo da curva de carga (Figura 4.25) são mostrados a seguir.

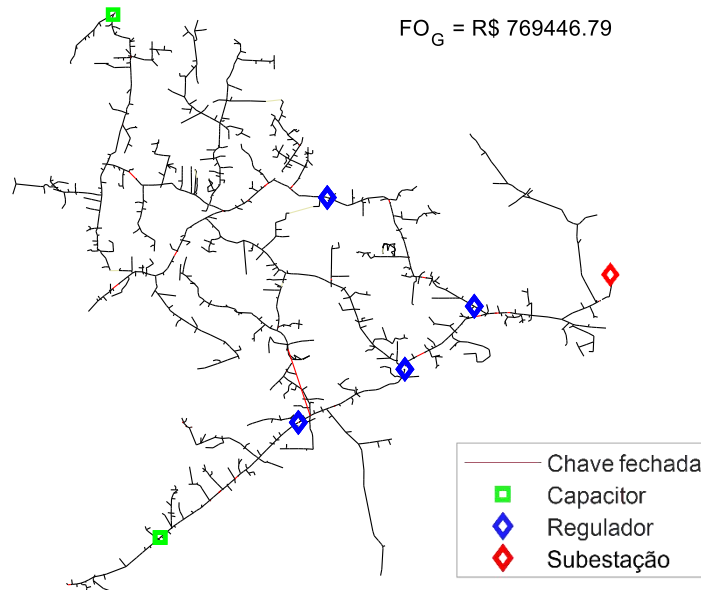
Figura 4.23 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós considerando uma configuração de rede.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

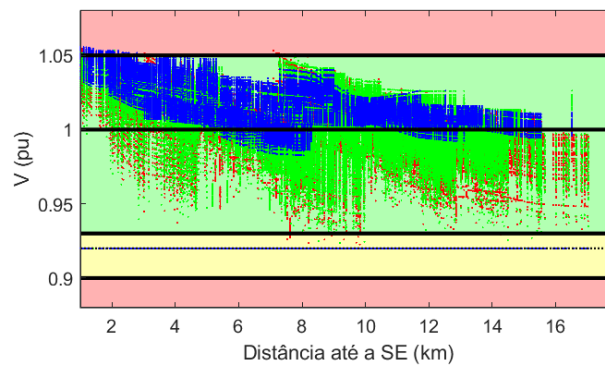
Conforme observado, para o sistema IEEE 8500 há uma diferença entre o balanço financeiro mensal e o valor de  $FO_G$ , indicando a manutenção de algumas penalizações. Neste caso, as penalizações são associadas aos índices de desequilíbrio e limites de tensão, como observado nas Figura 4.25 e Figura 4.26. Considerando a formulação desbalanceada do sistema utilizado é esperada a manutenção de certos níveis de desequilíbrio de tensão, enquanto as violações da faixa adequada do PRODIST têm ligação com a operação do regulador de tensão da subestação, mantido com a configuração original, que ajusta a tensão na saída da subestação para 1,054 pu, conforme a Figura 4.27, mostrada na página 121.

Figura 4.24 – Configuração de rede do sistema IEEE 8500 nós e equipamentos otimizados pelo método considerando a melhor solução de reconfiguração.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

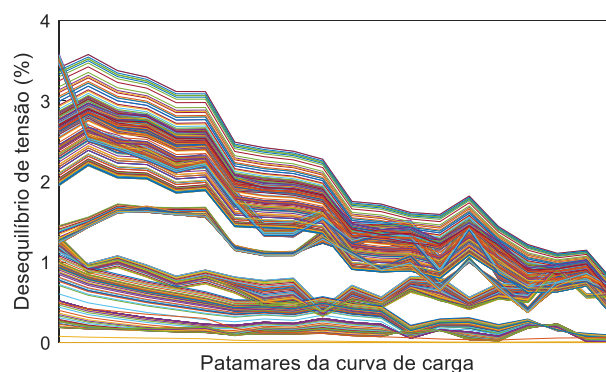
Figura 4.25 – Variação nas tensões nodais do sistema IEEE 8500 nós para a configuração base em função da variação da curva de carga.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Diferentemente dos limites da faixa adequada de tensão, os valores de desequilíbrio definidos pelo Módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2021b) são vistos apenas como desejáveis, não havendo compensação financeira prevista tal como observado para as violações das faixas de tensão. Desta forma, valores como os da Figura 4.26 são adequados à operação do sistema, se assemelhando àqueles observados para o sistema original, conforme apresentado na Seção 4.5.2.7.

Figura 4.26 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 8500 nós em função de valores decrescentes da curva de carga considerando a melhor solução de reconfiguração.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Figura 4.27 – Ajustes do regulador de tensão da subestação do sistema IEEE 8500 nós.

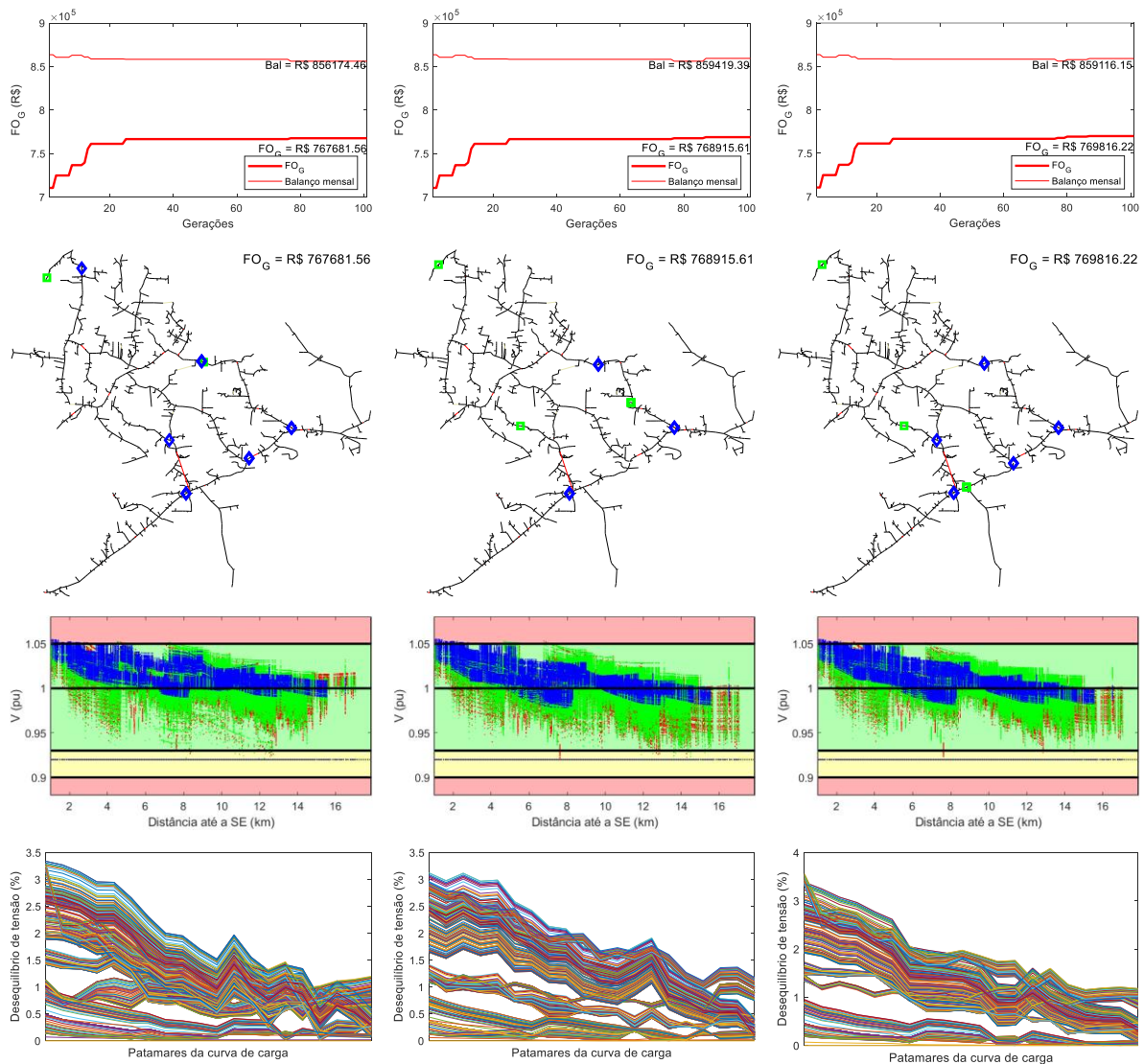
```
! Three single-phase voltage regulators on feeder
! Define transformer part as low-impedance 2-winding Y-Y transformer
New Transformer.FEEDER_REGA phases=1 windings=2 buses=(regxfmr_HVMV_Sub_LSB.1, _HVMV_Sub_LSB.1)
~conns=(wye, wye) kvs=(7.2, 7.2) kvas=(27500, 27500) xhl=0.1 %loadloss=.001 wdg=2 Maxtap=1.1 Mintap=0.9 ppm=0
New Transformer.FEEDER_REGB phases=1 windings=2 buses=(regxfmr_HVMV_Sub_LSB.2, _HVMV_Sub_LSB.2)
~conns=(wye, wye) kvs=(7.2, 7.2) kvas=(27500, 27500) xhl=0.1 %loadloss=.001 wdg=2 Maxtap=1.1 Mintap=0.9 ppm=0
New Transformer.FEEDER_REGC phases=1 windings=2 buses=(regxfmr_HVMV_Sub_LSB.3, _HVMV_Sub_LSB.3)
~conns=(wye, wye) kvs=(7.2, 7.2) kvas=(27500, 27500) xhl=0.1 %loadloss=.001 wdg=2 Maxtap=1.1 Mintap=0.9 ppm=0

! Voltage regulator controls
New RegControl.FEEDER_REGA transformer=FEEDER_REGA winding=2 vreg=126.5 ptratio=60 band=2
New RegControl.FEEDER_REGB transformer=FEEDER_REGB winding=2 vreg=126.5 ptratio=60 band=2
New RegControl.FEEDER_REGC transformer=FEEDER_REGC winding=2 vreg=126.5 ptratio=60 band=2
```

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Sendo o objetivo do método a obtenção de múltiplas soluções de interesse prático para a utilização em redes de distribuição, é importante destacar também outras configurações obtidas por meio de sua utilização, conforme observado na Figura 4.28. Embora exista a aleatoriedade relacionada à utilização de tais técnicas, é possível observar uma diferença de apenas 0,27% entre os valores de  $FO_G$  das soluções.

Figura 4.28 – Diferentes configurações de rede para o sistema IEEE 8500 nós adotando a configuração base.



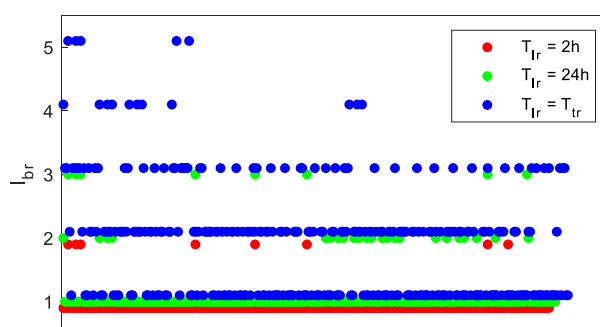
Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5.2.1 Variação do tempo de otimização

Devido às dimensões do sistema IEEE 8500 e ao elevado número de chaves, o tempo dedicado à verificação da árvore de soluções para o problema de reconfiguração torna-se bastante relevante para o processo. Neste cenário, a utilização do critério de intensidade de busca para o problema de reconfiguração permite que mais soluções derivadas da atual possam ser verificadas a cada etapa do processo, conforme visto na Figura 4.29. Neste caso, se definido um tempo limite de 2 horas o valor de  $I_{br}$  utilizado é de um em grande parte das podas realizadas, fazendo com que um reduzido número de ramos da árvore seja explorado. Contudo, aumentando  $T_{lr}$  para 24 horas torna-se mais comum a verificação de dois ramos de cada vez, incluindo situações nas quais três

ramos novos são verificados. Por fim, definindo  $T_{lr} = T_{tr}$  o método entende que tem tempo suficiente para explorar completamente a árvore de soluções, sendo obtidas até 5 novas configurações de rede em algumas situações. Deste modo, a utilização do critério de intensidade ajusta o método automaticamente e realiza de maneira diferenciada a busca por soluções de diferentes fatores.

Figura 4.29 – Impacto da intensidade de busca na ramificação da árvore de soluções para o problema de reconfiguração.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Considerando as soluções obtidas considerando o tempo de 36.000 segundos com as 1012 obtidas pela varredura de 720 segundos, das quais as cinco melhores são vistas na Tabela 4.10, observa-se uma grande diferença na qualidade dos resultados. Contudo, dada a diferença de 50 vezes entre os tempos, a diferença é pequena, sendo possível a utilização dos resultados da menor simulação caso não haja tempo suficiente. Além disso, a partir dos valores de  $I_{br}$  da Figura 4.29 é possível observar que para o menor tempo (720s) este valor deve permanecer sempre em 1, enquanto para o maior tempo de simulação (36.000s) o valor chega a 3 em alguns cenários.

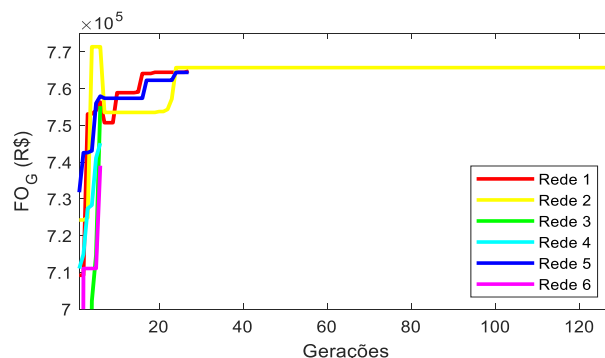
Tabela 4.10 – Melhores configurações de rede para o sistema IEEE 8500 nós após 720s.

$FA_{gr}$	Chaves abertas	Sequência
1494,06	2 6 22 35 40 43 44 46 47 48 51 53	91
1475,63	2 6 8 22 35 40 45 46 47 48 51 53	62
1468,78	2 6 22 32 35 40 44 45 46 47 48 51	42
1467,88	2 6 22 32 35 40 43 44 46 47 48 51	476
1456,53	2 6 22 32 35 40 44 45 46 47 48 50	407

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Se a redução no tempo disponível para o processo de reconfiguração prejudica a qualidade dos resultados obtidos, a existência de um maior tempo para a etapa conjunta permite que um maior número de configurações de rede possa ser otimizado. Neste cenário, sendo disponibilizado o dobro do tempo para a execução da etapa ( $T_{ic} = 38.500$  segundos), abre-se a possibilidade de serem verificadas duas configurações de rede. Contudo, sendo adotado o critério de intensidade de busca, seis soluções podem ser verificadas com o mesmo esforço computacional (seis, três e uma nas fases 2.1, 2.2 e 2.3, respectivamente, conforme (17) e (18)). Neste caso, a Figura 4.30 mostra a evolução do valor de  $F_{OG}$  das soluções ao longo das três fases do processo.

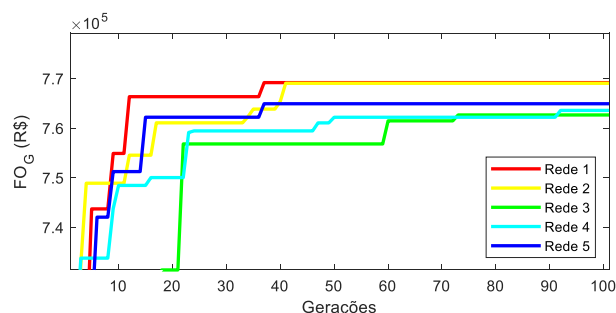
Figura 4.30 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós considerando seis configurações de rede utilizando o critério de intensidade de busca.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Na situação mostrada, a Rede 2 é aquela com melhores resultados ao final da Fase 2.2, sendo a única que evolui até o final do processo. Caso as mesmas seis configurações fossem otimizadas em paralelo ao longo da Fase 2.3 os resultados poderiam se assemelhar aos da Figura 4.31, para os quais a solução da Rede 1 acaba por ser apenas 0,04% superior. Contudo, tal processo demandaria o triplo do tempo de processamento, como no caso das 31h58min de simulação da Figura 4.31, contra 10h37min da Figura 4.30, sendo os testes conduzidos no PC2.

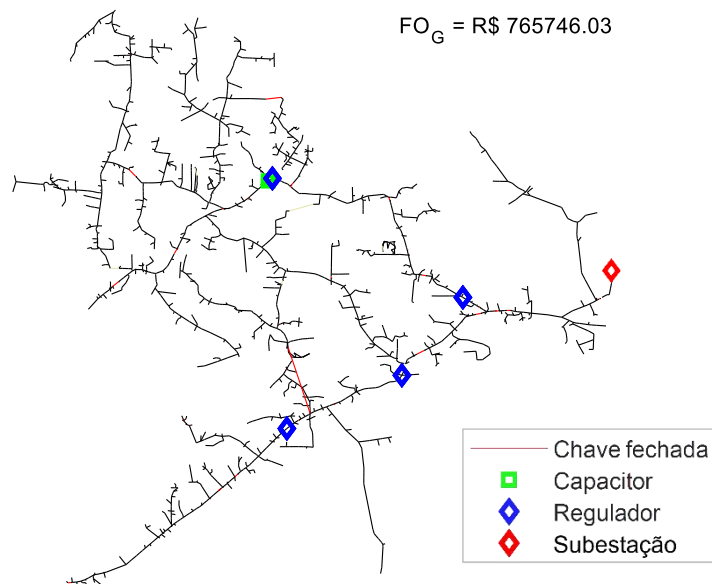
Figura 4.31 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós considerando a otimização de seis configurações de rede em paralelo.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

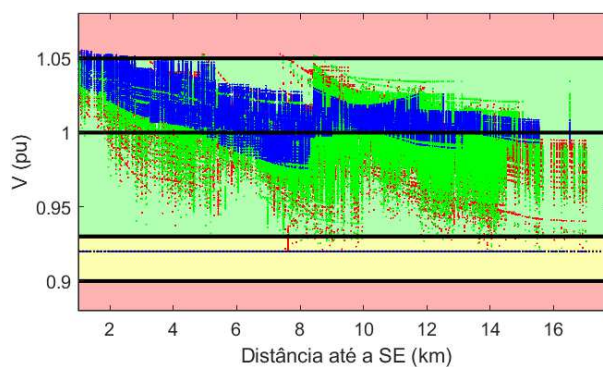
Analisando-se os resultados obtidos por meio da solução que considera a intensificação de busca, as Figura 4.32, Figura 4.33, Figura 4.34 mostram que eles se mantêm próximos das soluções obtidas para a configuração padrão da Tabela 4.7.

Figura 4.32 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados pelo método considerando as seis melhores soluções de reconfiguração.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

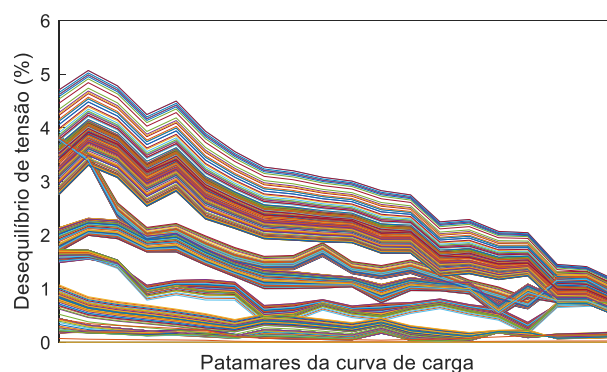
Figura 4.33 – Variação nas tensões nodais do sistema IEEE 8500 nós em função da variação da curva de carga considerando a variação do tempo de otimização.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).



Figura 4.34 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 8500 nós em função de valores decrescentes da curva de carga considerando a variação do tempo de otimização.

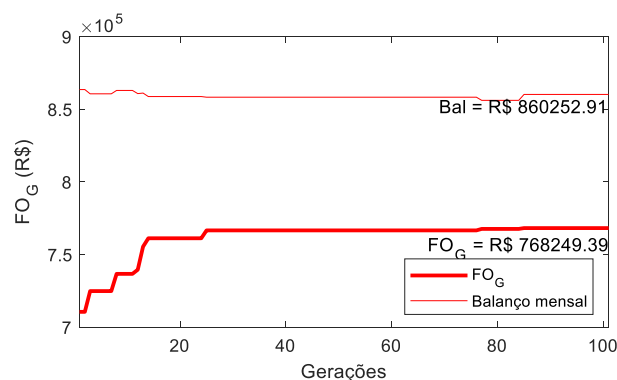


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5.2.2 Otimização considerando computador com diferente nível de desempenho

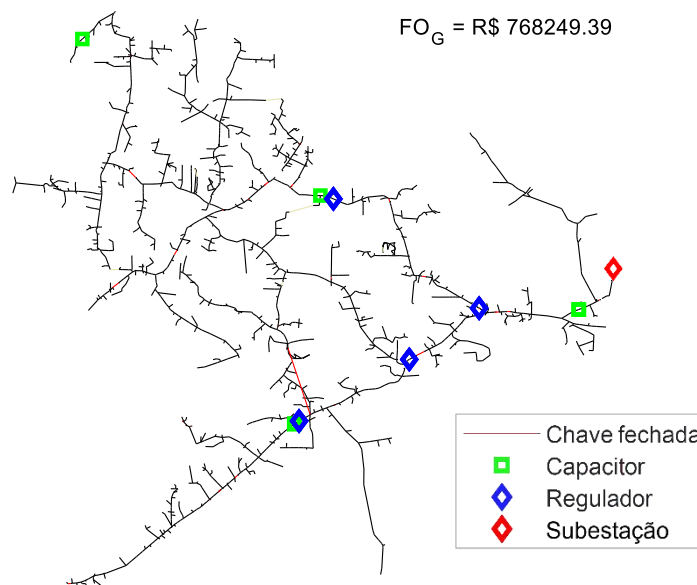
A verificação do impacto do computador utilizado para otimizar os resultados do sistema IEEE 8500 considera a otimização de uma única configuração de rede. Comparando-se os tempos de *benchmark* dos dois computadores, de 4,02 segundos para o PC1 e 1,87 segundos para o PC2, estima-se que o laptop pode concluir a otimização em 11h10min, tempo 115% superior ao tempo para o mesmo processo considerando o desktop. Ao ser realizado o teste, por meio do qual foram obtidos os resultados mostrados a seguir, foi obtido um tempo de simulação de 10h57min. O nível dos resultados, no entanto, segue o padrão para as outras simulações realizadas para este sistema, conforme observado nas Figura 4.35 e Figura 4.36.

Figura 4.35 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós considerando a utilização de um computador com menor desempenho.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Figura 4.36 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados pelo método utilizando computador com diferente nível de desempenho.

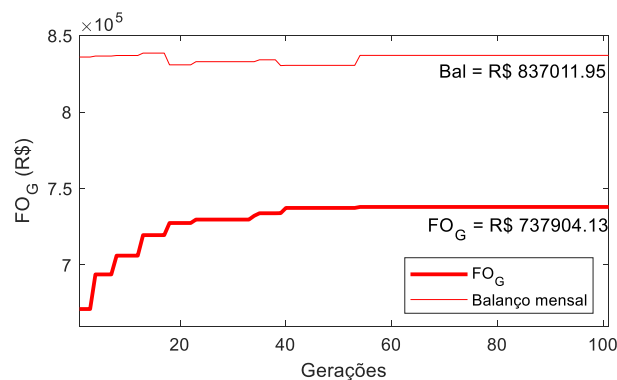


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5.2.3 Alteração da curva de carga utilizada

Embora não dependente do hardware utilizado, os resultados obtidos pelo método podem variar bastante quando utilizadas diferentes curvas de carga, como a curva para finais de semana presente na Figura 3.9. Para os testes desta seção, é então considerada uma curva de carga semanal, adotando cinco dias com a curva diária e dois dias para a curva de finais de semana, representando 71,4% e 28,6% do período mensal de apuração, respectivamente. Sendo os níveis de carregamento da curva para o final de semana inferiores a expectativa é que o balanço financeiro seja inferior àquele para a situação da Tabela 4.7. Conforme observado pela Figura 4.37, ocorre uma redução

Figura 4.37 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós adotando uma curva de carga semanal.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

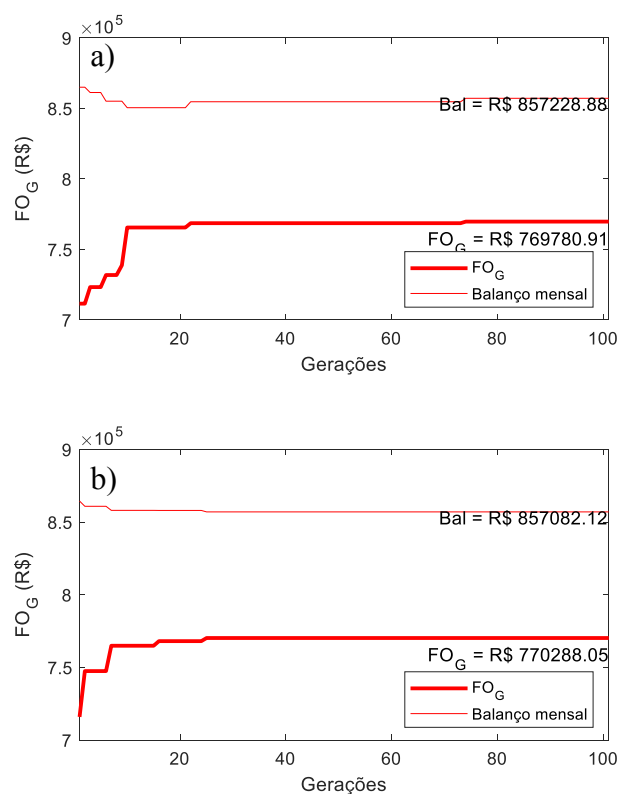
de 2,6% no balanço financeiro mensal para a configuração de rede obtida. As penalizações, no entanto, seguem o mesmo padrão observado anteriormente.

#### 4.5.2.4 Utilização de diferentes modelos de carga

Outra questão que pode ter impacto nos resultados é o modelo de carga utilizado para o sistema. Sendo adotadas no sistema IEEE 8500 cargas modeladas como potência constante, são realizadas simulações comparando os impactos da alteração da modelagem como impedância constante e com o modelo ZIP adotado pelo PRODIST para o cálculo de perdas, que utiliza fatores [0.5 0.0 0.5] associados a P e [1.0 0.0 0.0] associados a Q (ANEEL, 2021d).

Para estas modelagens e com a manutenção do modo de controle do regulador de tensão, que busca manter as tensões próximas da referência, o caso baseado no modelo com impedância constante apresenta resultados próximos da situação com potência constante, assim como acontece para a modelagem ZIP. Contudo, os resultados obtidos para a modelagem ZIP incluem mais penalizações.

Figura 4.38 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras com cargas modeladas como a) impedância constante e b) ZIP.

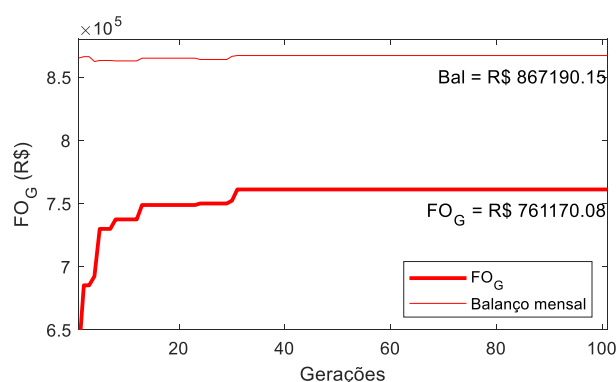


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5.2.5 Alteração do modo de controle dos reguladores de tensão

Outra questão capaz de impactar nos resultados é a alteração no modo de controle dos reguladores de tensão. Alterando-se o controle remoto em 1,00 pu e sendo adotada uma configuração com controle local em 1,05 pu as tensões tendem a se manter elevadas em cenários de baixo carregamento, fazendo com que o sistema seja mais afetado por violações do limite superior da faixa adequada de tensão. Desta forma, observa-se um maior impacto de penalizações na diferença entre o balanço mensal e  $FO_G$ , vide Figura 4.39.

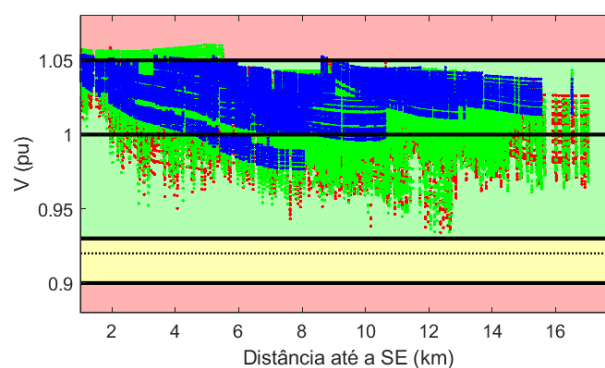
Figura 4.39 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 123 barras com controle local de tensão.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Os perfis de tensão mostrados na Figura 4.40 mostram o impacto da alteração do modo de controle para o cenário de menor carregamento, evidenciando o impacto da manutenção de tensões próximas do limite superior da faixa adequada. Este comportamento pode, em função do modelo de carga do sistema alterar perdas ou mesmo a energia fornecida aos consumidores.

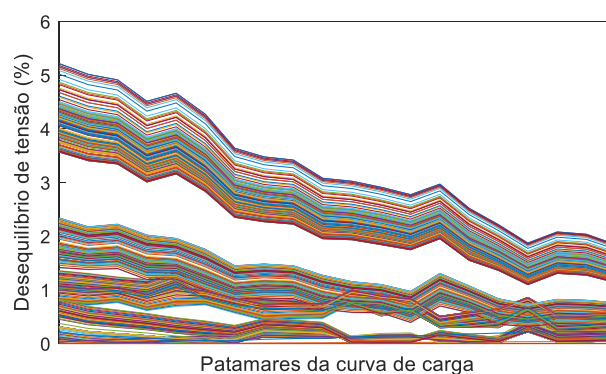
Figura 4.40 – Variação nas tensões nodais do sistema IEEE 8500 nós em função da variação da curva de carga com controle local de tensão.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Este cenário, no entanto, traz os maiores desequilíbrios de tensão para o sistema, conforme mostrado na Figura 4.41. Isso acontece devido ao fato de os reguladores não buscarem compensar o desequilíbrio, colocando as tensões de fase o mais próximo possível umas das outras. Assim, situações de maior carregamento amplificam os desequilíbrios do sistema, muito em função da incapacidade de regular as tensões além dos limites de 10%.

Figura 4.41 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 8500 nós em função de valores decrescentes da curva de carga com controle local de tensão.

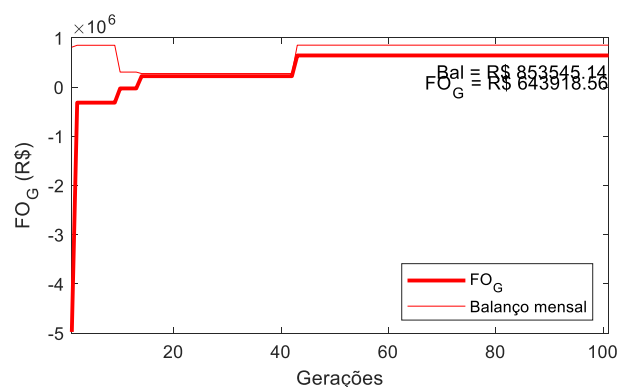


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.5.2.6 Otimização em fase única baseada em AG

Alternativamente à técnica proposta neste trabalho, a otimização dos três tipos de equipamentos pode ser realizada em uma única etapa, sem a necessidade de utilização de duas técnicas diferentes. Assim, sendo incluída a modelagem das chaves no AG e seu tratamento pelos operadores de mutação e cruzamento, o tratamento do problema pode ser simplificado. Os

Figura 4.42 – Evolução da função objetivo para o sistema IEEE 8500 nós considerando uma única fase baseada em AG.

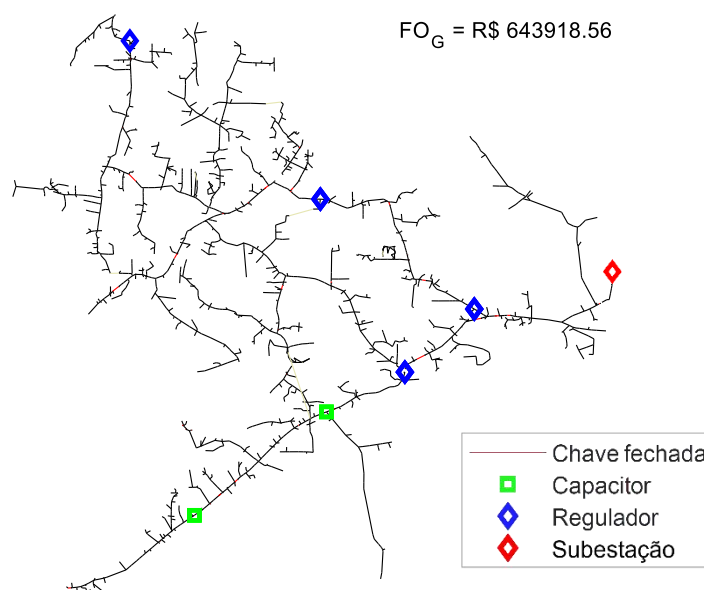


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

resultados para o sistema IEEE 8500 nós, no entanto, demonstram o impacto negativo da otimização de chaves em conjunto com os demais equipamentos, conforme a Figura 4.42.

Neste cenário o AG tem dificuldade de vencer as pesadas penalizações, decorrentes de uma inicialização genérica dos equipamentos. Além disso, mesmo quando as maiores penalizações são superadas, equipamentos já alocados e parcialmente configurados impedem uma evolução das soluções semelhante à observada para o método dividido em duas etapas. Embora sigam o padrão de outros resultados, os equipamentos vistos na Figura 4.43 não são os mais adequados para a configuração de rede otimizada em conjunto. No geral, o tratamento em uma única etapa leva a um balanço financeiro 1% inferior, mas com mais penalizações, observadas através de um valor de  $FO_G$  17% inferior.

Figura 4.43 – Configuração de rede do sistema IEEE 123 barras e equipamentos otimizados por método de fase única baseado em AG.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

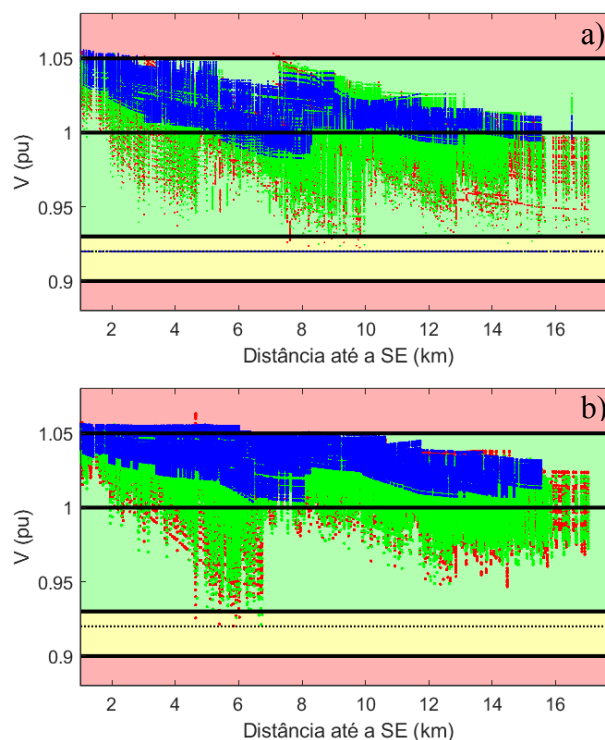
#### 4.5.2.7 Comparação com a Literatura

A comparação dos resultados obtidos pelo método em feita em relação ao sistema IEEE 8500 nós original (ARRITT; DUGAN, 2010), composto por três reguladores de tensão e três bancos chaveados de capacitores, para os quais é calculado um custo mensal de R\$ 18.120,99 (reguladores de tensão e bancos chaveados de capacitores) ao longo dos 15 anos do período de amortização considerado. Considerando a configuração obtida para o cenário base da Tabela 4.7, o custo dos equipamentos instalados pelo método é de R\$ 10.866,29 (reguladores de tensão e

bancos fixos de capacitores). Considerando estes equipamentos, o sistema original é capaz de operar com um lucro de R\$ 861.181,65, enquanto para o sistema otimizado o fechamento do balanço mensal na compra e venda de energia é de R\$ 870.154,16, dados pela diferença entre os valores.

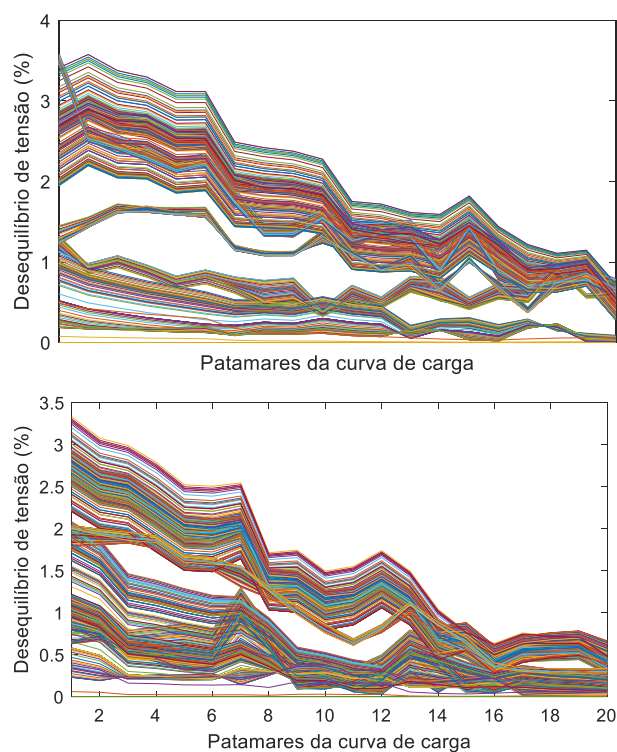
Comparando agora as questões elétricas associadas aos resultados obtidos, a Figura 4.44 mostra as tensões nodais observados no sistema para os dois casos em função do carregamento, enquanto a Figura 4.45 apresenta os níveis de desequilíbrio de tensão. A primeira figura mostra que as tensões entram na faixa adequada de tensão muito antes para o caso otimizado, enquanto para o caso original são observadas violações a 6km da subestação. Os níveis de desequilíbrio, no entanto, são ligeiramente superiores no caso otimizado. Tal comportamento, no entanto, não é penalizado da mesma forma que as violações de tensão, tendo em vista que a manutenção dentro dos limites é definida como desejável no sistema.

Figura 4.44 – Variação nas tensões nodais do sistema IEEE 8500 nós a) otimizado pelo método e b) com os equipamentos do sistema original.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Figura 4.45 – Desequilíbrio de tensão nas barras do sistema IEEE 8500 nós a) otimizado pelo método e b) com os equipamentos do sistema original em função de valores decrescentes da curva de carga.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

#### 4.6 Conclusões da Seção

Os resultados da seção demonstram a capacidade do método de obter soluções de interesse prático para a aplicação em redes de distribuição, independentemente de questões como tempo de simulação, hardware utilizado, modelo e curva de carga e modo do controle dos reguladores de tensão. Embora existam diferenças entre os valores do balanço financeiro mensal e de  $FOG$  para as simulações, a variação é suficientemente pequena para que engenheiros de planejamento possam definir qual situação mais se adapta às suas necessidades e às da distribuidora, sem prejuízo para a operação.

Destaca-se ainda a importância dos recursos temporais e computacionais disponíveis para a obtenção de soluções, bem como os impactos positivos dos critérios de intensidade de busca desenvolvidos. Embora seja possível realizar a otimização de sistemas sem a utilização de tais critérios, os sistemas em análise podem ter dimensões elevadas e os recursos não serem suficientes, de modo que a utilização dos recursos disponíveis da melhor maneira possível pode permitir a obtenção de resultados de interesse independente da situação.



Além disso, a utilização de um método de otimização baseado em duas fases trás vantagens sobre a modelagem em uma única fase, em virtude do melhor tratamento dos impactos da reconfiguração da alocação dos equipamentos, especialmente os reguladores de tensão. Outro ponto importante da separação das duas etapas é que, sendo o processo de reconfiguração tratado separada e inicialmente, seus resultados podem ser mantidos para múltiplas execuções da solução conjunta de reguladores de tensão, reduzindo drasticamente o tamanho do universo de soluções a ser explorado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta um método para a otimização conjunta de (i) reconfiguração, (ii) instalação e dimensionamento de capacitores e (iii) instalação, dimensionamento e parametrização de reguladores de tensão. O processo é modelado em MATLAB<sup>®</sup> e faz uso do OpenDSS na execução de fluxos de potência, além de utilizar técnicas de *Branch and Bound* e Algoritmos Genéticos no tratamento de especificidades de cada equipamento, permitindo assim a obtenção de redes com configurações que maximizem os lucros na operação de alimentadores de distribuição. Tal processo faz parte do dia a dia de empresas distribuidoras de energia elétrica, sendo de grande valia um método capaz de tratar as três questões de maneira coordenada.

Por meio das técnicas utilizadas para o método é possível a simulação de casos com características, níveis de tensão e modos de funcionamento diversos, utilizando para isso a mínima intervenção para o ajuste de parâmetros pelo usuário. Desta forma, sistemas com maiores dimensões podem ser simulados pela mesma ferramenta que sistemas de mais fácil solução, sendo o computador e o tempo disponíveis diretamente ligados à qualidade dos resultados obtidos. Além disso, simulações podem ser realizadas em qualquer hardware capaz de trabalhar com MATLAB<sup>®</sup> e OpenDSS, podendo ser obtidos resultados para aplicação prática ou que indiquem um norte para a tomada de decisão por engenheiros de planejamento.

O método também considera a adoção de uma modelagem para os custos compatível com a utilizada por distribuidoras brasileiras. Assim, resultados obtidos com os recursos adequados podem ser facilmente ajustados e convertidos em projetos de reforço de rede. Havendo alterações nos custos associados a insumos e serviços os resultados podem ainda ser atualizados frequentemente, bastando a correção de valores por meio listas de materiais padronizadas, o que também pode ser feito para custos de energia ou taxa de juros, poupando muito tempo em estudos de planejamento ao tornar desnecessário o reinício de todas as etapas.

Por fim, o método proposto apresenta contribuições significativas na forma como estudos de planejamento em sistemas de distribuição podem ser realizados, representando com grande detalhamento os custos associados e respeitando questões definidas pelo PRODIST.

## 5.1 Contribuições e Aprimoramentos

Este trabalho apresenta um método para a solução de problemas de otimização comumente visitados pela literatura técnica em sistemas elétricos de potência, mas tratados de tal forma que permitem a obtenção de resultados compatíveis com a realidade de distribuidoras de energia elétrica em operação no Brasil. Assim, podem ser elencadas três contribuições no campo.

A primeira das contribuições é a otimização conjunta e com utilização de técnicas distintas para a otimização da rentabilidade de alimentadores de distribuição utilizando equipamentos clássicos e encontrados em grande parte dos sistemas e com a possibilidade de diferentes modelagens. Embora seja costumeira a otimização de múltiplos elementos através de um único processo, a combinação dos três problemas tratados neste trabalho faz parte do cotidiano de distribuidoras, mas é menos comum para a academia, especialmente na forma desenvolvida.

A segunda questão a ser considerada é a modelagem econômica adotada como função objetivo na segunda fase do processo de otimização. Tradicionalmente são utilizadas modelagens com custos lineares, não compatíveis com a realidade da distribuição brasileira, na qual custos fixos e variáveis são somados para a definição do custo final de modernização do sistema. Além disso, a modelagem financeira a partir dos custos permite a constante atualização dos resultados de maneira simplificada conforme variam os custos de referência, custos relacionados a compra e venda de energia elétrica ou mesmo a taxa de juros de referência.

Por fim, o terceiro aprimoramento apresentado por este trabalho se refere ao ajuste automatizado da intensidade de busca do algoritmo, o qual permite que avanços sejam obtidos ainda que os recursos não sejam ideais, permitindo também a obtenção de resultados de qualidade ainda que com tempo e poder computacional não compatíveis com as exigências do sistema que se deseja otimizar.

## 5.2 Limitações do Trabalho

Ainda que com consideração e modelagem adicionais, muitas questões poderiam ser mais bem trabalhadas no desenvolvimento deste trabalho, permitindo a obtenção de resultados mais aderentes à realidade das empresas do setor. São então listadas quatro questões de destaque que não puderam ser adequadamente tratadas, sendo discutido na Seção 5.3 como aprimoramentos são possíveis em trabalhos derivados deste.

A primeira questão diz respeito à não divulgação de filosofias de planejamento e operação adotadas por cada distribuidora, assim como dados referentes a custos diversos que melhor poderiam tornar a função objetivo mais adequada se incorporados. Em virtude disso, optou-se pela realização de simulações considerando certas premissas para planejamento e operação, além dos poucos custos divulgados pela ANEEL.

Também associado à concessionária, existe a questão dos valores de referência para mão de obra e equipamentos. Se até 2016 a empresa disponibilizava publicamente uma lista contendo preços de referência atualizados para todos os equipamentos e serviços utilizados em suas redes, nos últimos anos estes valores passaram a ser obtidos exclusivamente por meio de orçamentos e planilhas de referência de contratos públicos. Contudo, devido às grandes variações observadas durante o período da pandemia de Covid 19 tornou-se ainda mais difícil a obtenção de valores atualizados, necessários ao modelo econômico utilizado neste trabalho.

Por fim, para uma melhor verificação dos impactos da utilização de índices de busca variáveis em função dos recursos, seria importante a realização de simulações em um hardware com poder computacional compatível com o que é utilizado por concessionárias em seus estudos de otimização, o que não foi possível. Embora a comparação de resultados entre um computador móvel e computadores de mesa com poder computacional distinto permita a observação do impacto da intensificação de busca, a utilização de maior poder computacional traria novos e relevantes dados para a discussão.

### 5.3 Trabalhos Futuros

Além de discutir o que é atingido por este trabalho, é importante destacar os rumos que podem ser tomados a partir do que é desenvolvido e dos resultados obtidos. Assim, cabe mencionar inicialmente soluções para itens mencionados na seção anterior. Com o devido acesso, mais características próprias de redes de distribuição brasileiras podem ser tratadas pelo modelo, incluindo filosofias de planejamento e operação de suas redes, garantindo a obtenção e resultados ainda mais condizentes com a realidade dos sistemas que se deseja estudar.

A utilização de hardware adequado para a realização de simulações mais completas e complexas também é um avanço a ser feito, permitindo também a incorporação de novos itens de detalhamento. Tal adoção, no entanto, é mais adequada à utilização em sistemas do tipo após o desenvolvimento de ferramenta computacional baseada no método proposto utilizando linguagem

de programação comercial e de forma modular, permitindo a substituição de um ou mais componentes da ferramenta sem maiores prejuízos para a aplicação do método. Sendo o desenvolvimento realizado de modo a permitir a operação multiplataforma, a ferramenta desenvolvida pode ser utilizada diretamente em *clusters* de propriedade da distribuidora ou mesmo por meio de serviços remotos, como o Amazon HPC.

Com o início da fase de transição para a cobrança pelo uso do sistema de distribuição, podem ser incluídos no modelo elementos de geração distribuída em pontos de interesse do sistema, aumentando o nível de compatibilidade com a real situação dos alimentados de distribuição e permitindo a avaliação de seus impactos. Assim, novos efeitos financeiros podem ser sentidos pela concessionária, quer sejam positivos ou negativos. Da mesma forma, em trabalhos futuros podem ser incorporadas novas formas de tarifação ao modelo, em oposição à atual modelagem em função exclusiva do consumo. Assim, consumidores atendidos por meio de modalidades tarifárias tais como a tarifa branca podem ter seu real impacto melhor analisado pelas distribuidoras de energia. No mesmo sentido, há de se considerar a Consulta Pública nº 131/2022 do Ministério de Minas e Energia, que tratou da possibilidade de permitir aos consumidores de baixa tensão o acesso ao mercado livre de energia elétrica. Segundo o cronograma divulgado, a transição é inicialmente pensada com a abertura do mercado em janeiro de 2026 para consumidores do grupo B não residenciais ou rurais e janeiro de 2028 para consumidores residenciais ou rurais.

Também desejável para a melhoria do método desenvolvido, podem ser realizados ajustes nos processos individuais de otimização e seus pesos não financeiros, tais como as penalizações aplicadas. Podem também ser incluídas no método questões como as relacionadas ao planejamento urbano, que pode contribuir para a não instalação de equipamentos onde questões alheias à concessionária impedem a execução do serviço, tais como a proibição de instalação de posteamento dos dois lados de uma via ou a existência de edificação que impeça a manutenção dos afastamentos mínimos de segurança.

Tratando o método da limitação das correntes no ramo, também pode ser incorporado em novos trabalhos a possibilidade de reforço de alguns trechos da rede mediante a substituição dos cabos por outros de maior capacidade, tema frequentemente visitado em estudos de planejamento realizados por distribuidoras de energia. Assim, ainda que a energia devesse circular em uma determinada região do alimentador para a obtenção de melhores resultados e isso leve a

violações nos limites de corrente, o método pode permitir a substituição dos cabos desde que o balanço econômico seja vantajoso.

## REFERÊNCIAS

ABDELKADER, M. A.; OSMAN, Z. H.; ELSHAHED, M. A. New Analytical Approach for Simultaneous Feeder Reconfiguration and DG Hosting Allocation in Radial Distribution Networks. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 12, n. 2, p. 1823–1837, 1 jun. 2021.

ADDISU, M.; SALAU, A. O.; TAKELE, H. Fuzzy Logic Based Optimal Placement of Voltage Regulators and Capacitors for Distribution Systems Efficiency Improvement. **Heliyon**, v. 7, n. 8, p. e07848, 1 ago. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA. **ANEEL realiza a transferência de controle societário da Enel GO para o grupo Equatorial Energia em Goiânia — Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-realiza-a-transferencia-de-controle-societario-para-o-grupo-equatorial-energia-em-goiania-go>>. Acesso em: 22 mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 1– Introdução** 7 dez. 2021a. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica** 7 dez. 2021b. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 7 – Cálculo de Perdas na Distribuição** 7 dez. 2021c. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 2 – Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição** 7 dez. 2021d. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **ANEEL | Portal Reports Abertos**. Disponível em: <<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/basestarifa>>. Acesso em: 28 out. 2022.

ALMABSOUT, E. A.; EL-SEHIEMY, R. A.; AN, O. N. U.; BAYAT, O. A Hybrid Local Search-Genetic Algorithm for Simultaneous Placement of DG Units and Shunt Capacitors in Radial Distribution Systems. **IEEE Access**, v. 8, p. 54465–54481, 2020.

ANTONIADOU-PLYTARIA, K. E.; KOUTSOUKIS, N. C.; SERGAKI, E. S.; GEORGILAKIS, P. S. Multiyear power distribution planning considering voltage regulator placement. Em: Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion (MedPower 2016), 2016, [...]. 2016. p. 1–6.

ARAUJO, L. R. de; PENIDO, D. R. R.; CARNEIRO, S.; PEREIRA, J. L. R. Optimal Unbalanced Capacitor Placement in Distribution Systems for Voltage Control and Energy Losses Minimization. **Electric Power Systems Research**, v. 154, p. 110–121, 1 jan. 2018.

ARIEF, A.; NAPPU, M. B.; MUSTAFA, S.; ERWIN; THAHA, S. Optimal Capacitor Placement in a Dominant Induction Motor Loads Power System. **Energy Reports**, Selected papers from 2022 7th International Conference on Advances on Clean Energy Research. v. 8, p. 592–597, 1 dez. 2022.

ARMAN, A.; TSATURIAN, S. **The maximum number of cycles in a graph with fixed number of edges**arXiv, 10 fev. 2017. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1702.02662>>. Acesso em: 7 jan. 2023.

ARRITT, R. F.; DUGAN, R. C. The IEEE 8500-node test feeder. Em: IEEE PES T&D 2010, 2010, [...]. 2010. p. 1–6.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5422 - Projeto de linhas aéreas de transmissão de Energia Elétrica**.1985.

ATTAR, M.; HOMAEE, O.; FALAGHI, H.; SIANO, P. A Novel Strategy for Optimal Placement of Locally Controlled Voltage Regulators in Traditional Distribution Systems. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, v. 96, p. 11–22, 1 mar. 2018.

BABANEZHAD, M.; ARABI NOWDEH, S.; ABDELAZIZ, A. Y.; ABORAS, K. M.; KOTB, H. Reactive Power Based Capacitors Allocation in Distribution Network Using Mathematical Remora Optimization Algorithm Considering Operation Cost and Loading Conditions. **Alexandria Engineering Journal**, v. 61, n. 12, p. 10511–10526, 1 dez. 2022.

BALESTRIN, R. A.; ROSSONI, A. Using OpenDSS to Reallocate Voltage Regulators and Capacitor Banks in Real Distribution Feeders. Em: 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America (ISGT Latin America), 2019, [...]. 2019. p. 1–6.

BARAN, M. E.; WU, F. F. Optimal capacitor placement on radial distribution systems. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 4, n. 1, p. 725–734, jan. 1989a.

BARAN, M. E.; WU, F. F. Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 4, n. 2, p. 1401–1407, abr. 1989b.

BARAN, M.; WU, F. F. Optimal sizing of capacitors placed on a radial distribution system. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 4, n. 1, p. 735–743, jan. 1989c.

BAZRAFSHAN, M.; GATSIIS, N. Comprehensive Modeling of Three-Phase Distribution Systems via the Bus Admittance Matrix. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 33, n. 2, p. 2015–2029, mar. 2018.

BOKTOR, C. G.; YOUSSEF, A. R.; ALI, A. H.; KAMEL, S. Optimal distribution power flow including shunt capacitor allocation based on voltage deviation and power loss minimization. Em: 2017 Nineteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON), 2017, [...]. 2017. p. 909–914.

CASILLAS, G. I.; KAGAN, N.; CEBRIAN, J. C.; POVEDA, M. Voltage regulators, capacitor banks and distributed resources allocation in a distribution network system. Em: 2017 IEEE PES



Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America (ISGT Latin America), 2017, [...]. 2017. p. 1–6.

CEMIG. **Normas Técnicas - Cemig Distribuição**. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/atendimento/normas-tecnicas/>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

CEMIG, C. E. de M. G.-. **ND-2.9 - Instalações Básicas de Redes de Distribuição Compactas** 2016. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/atendimento/normas-tecnicas-redes-de-distribuicao/>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CHEN, K.; WU, W.; ZHANG, B.; DJOKIC, S.; HARRISON, G. P. A Method to Evaluate Total Supply Capability of Distribution Systems Considering Network Reconfiguration and Daily Load Curves. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 31, n. 3, p. 2096–2104, maio 2016.

CHIRAPONGSANANURAK, P.; SANTOSO, S.; DUGAN, R. C.; SMITH, J. Voltage regulation in distribution circuits with wind power. Em: 2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting, 2012, [...]. 2012. p. 1–8.

CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; STEIN, C. **Introduction to Algorithms**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2022. 1312 p.

DOS SANTOS PEREIRA, G. M.; FERNANDES, T. S. P.; AOKI, A. R. Allocation of Capacitors and Voltage Regulators in Three-Phase Distribution Networks. **Journal of Control, Automation and Electrical Systems**, v. 29, n. 2, p. 238–249, 1 abr. 2018.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE. **EPRI | Smart Grid Resource Center > Simulation Tool – OpenDSS**. Disponível em: <<http://smartgrid.epri.com/SimulationTool.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

EL-FERGANY, A. A.; ABDELAZIZ, A. Y. Capacitor allocations in radial distribution networks using cuckoo search algorithm. **Transmission Distribution IET Generation**, v. 8, n. 2, p. 223–232, fev. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020 - Ano Base 2019** EPE, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202020.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **2ª Revisão Quadrimestral das Previsões de Carga para o Planejamento Anual da Operação Energética PLAN 2022-2026** Rio de Janeiro, 5 ago. 2022. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-305/topico-603/Apresenta%C3%A7%C3%A3o\\_2%C2%AA%20Rev%20Quadrim%20PLAN%2022-26%20\(08-08-22\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-305/topico-603/Apresenta%C3%A7%C3%A3o_2%C2%AA%20Rev%20Quadrim%20PLAN%2022-26%20(08-08-22).pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

ENERGISA. **Divulgação de resultados 1T23** Energisa, 2023a. Disponível em: <<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/60f49a2d-bd8c-4fd9-95ab-bdf833097a83/369830df-7fa9-a025-3b51-f158e4b46649?origin=2>>. Acesso em: 28 fev. 2023.

ENERGISA. **Normas Técnicas - Energisa**. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/normas-tecnicas.aspx>>. Acesso em: 27 mar. 2023b.

EQUATORIAL ENERGIA. **Normas Técnicas - Equatorial Energia Goiás**. Disponível em: <<https://go.equatorialenergia.com.br>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

FAN, S.; HE, G.; ZHOU, X.; CUI, M. Online Optimization for Networked Distributed Energy Resources With Time-Coupling Constraints. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 12, n. 1, p. 251–267, jan. 2021.

FUCUCHIMA, L. Ex-estatais elétricas já viram a página sob gestão privada. **Valor Econômico**, 12 jul. 2022. Disponível em: <<https://valor.globo.com/empresas/noticia/2021/07/12/ex-estatais-eletricas-ja-viram-a-pagina-sob-gestao-privada.ghtml>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

GEORGE, T.; YOUSSEF, A.-R.; EBEED, M.; KAMEL, S. Ant lion optimization technique for optimal capacitor placement based on total cost and power loss minimization. Em: 2018 International Conference on Innovative Trends in Computer Engineering (ITCE), 2018, [...]. 2018. p. 350–356.

GEREZ, C.; SILVA, L. I.; BELATI, E. A.; SGUAREZI FILHO, A. J.; COSTA, E. C. M. Distribution Network Reconfiguration Using Selective Firefly Algorithm and a Load Flow Analysis Criterion for Reducing the Search Space. **IEEE Access**, v. 7, p. 67874–67888, 2019.

GHAFFARZADEH, N.; SADEGHI, H. A New Efficient BBO Based Method for Simultaneous Placement of Inverter-Based DG Units and Capacitors Considering Harmonic Limits. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, v. 80, p. 37–45, 1 set. 2016.

GONEN, T. **Electric Power Distribution Engineering**. [s.l.] CRC Press, 2015. 1049 p.

GRAINGER, J. J.; LEE, S. H. Optimum Size and Location of Shunt Capacitors for Reduction of Losses on Distribution Feeders. **IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems**, v. PAS-100, n. 3, p. 1105–1118, mar. 1981.

GUIMARAES, M. A. N.; CASTRO, C. A.; ROMERO, R. Reconfiguration of distribution systems by a modified genetic algorithm. Em: 2007 IEEE Lausanne Power Tech, 2007, [...]. 2007. p. 401–406.

GUPTA, S.; YADAV, V. K.; SINGH, M. Optimal Allocation of Capacitors in Radial Distribution Networks Using Shannon's Entropy. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 37, n. 3, p. 2245–2255, jun. 2022.

HELMI, A. M.; CARLI, R.; DOTOLI, M.; RAMADAN, H. S. Efficient and Sustainable Reconfiguration of Distribution Networks via Metaheuristic Optimization. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, v. 19, n. 1, p. 82–98, jan. 2022.

HOME-ORTIZ, J. M.; MACEDO, L. H.; VARGAS, R.; ROMERO, R.; MANTOVANI, J. R. S.; CATALÃO, J. P. S. Increasing RES Hosting Capacity in Distribution Networks Through Closed-Loop Reconfiguration and Volt/VAr Control. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v. 58, n. 4, p. 4424–4435, jul. 2022.

IEEE. IEEE Standard Requirements, Terminology, and Test Code for Step-Voltage and Induction-Voltage Regulators. **ANSI/IEEE Std C57.15-1986**, p. 1–60, abr. 1988.

IEEE. IEEE Standard for Shunt Power Capacitors. **IEEE Std 18-2012 (Revision of IEEE Std 18-2002)**, p. 1–39, fev. 2013.

JABR, R. A.; SINGH, R.; PAL, B. C. Minimum Loss Network Reconfiguration Using Mixed-Integer Convex Programming. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 27, n. 2, p. 1106–1115, maio 2012.

KAMEL, S.; SELIM, A.; JURADO, F.; YU, J.; XIE, K.; WU, T. Capacitor Allocation in Distribution Systems Using Fuzzy Loss Sensitivity Factor with Sine Cosine Algorithm. Em: 2019 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia), 2019, [...]. 2019. p. 1276–1281.

KERSTING, W. H. Radial distribution test feeders. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 6, n. 3, p. 975–985, ago. 1991.

KERSTING, W. H. **Distribution System Modeling and Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2017.

KHAMEES, A. K.; ABDELAZIZ, A. Y.; ESKAROS, M. R.; ALHELOU, H. H.; ATTIA, M. A. Stochastic Modeling for Wind Energy and Multi-Objective Optimal Power Flow by Novel Meta-Heuristic Method. **IEEE Access**, v. 9, p. 158353–158366, 2021.

KIRKPATRICK, S.; GELATT, C. D.; VECCHI, M. P. Optimization by Simulated Annealing. **Science**, v. 220, n. 4598, p. 671–680, 13 maio 1983.

KOUTSOUKIS, N. C.; SIAGKAS, D. O.; GEORGILAKIS, P. S.; HATZIARGYRIOU, N. D. Online Reconfiguration of Active Distribution Networks for Maximum Integration of Distributed Generation. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, v. 14, n. 2, p. 437–448, abr. 2017.

KRAHNEN, J.; SCHMIDT, R. **The German Financial System**. [s.l.] Oxford University Press, 2004. Disponível em: <<https://econpapers.repec.org/bookchap/oxpobooks/9780199253166.htm>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

LAND, A. H.; DOIG, A. G. An Automatic Method of Solving Discrete Programming Problems. **Econometrica**, v. 28, n. 3, p. 497–520, 1960.

LANGAZANE, S. N.; SAHA, A. K. Effects of Particle Swarm Optimization and Genetic Algorithm Control Parameters on Overcurrent Relay Selectivity and Speed. **IEEE Access**, v. 10, p. 4550–4567, 2022.

LEDESMA, J. J. G. **Uma metodologia para análise da coordenação e seletividade da proteção de sistemas de distribuição**. 2012. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

LIGHT. **Normas Técnicas - Light**. Disponível em: <<https://www.light.com.br/SitePages/page-normas-tecnicas.aspx>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

LIU, Y.; LI, J.; WU, L. Coordinated Optimal Network Reconfiguration and Voltage Regulator/DER Control for Unbalanced Distribution Systems. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 10, n. 3, p. 2912–2922, maio 2019.

MAHMOUD, K.; LEHTONEN, M. Simultaneous Allocation of Multi-Type Distributed Generations and Capacitors Using Generic Analytical Expressions. **IEEE Access**, v. 7, p. 182701–182710, 2019.

MALEKSHAH, S.; RASOULI, A.; MALEKSHAH, Y.; RAMEZANI, A.; MALEKSHAH, A. Reliability-Driven Distribution Power Network Dynamic Reconfiguration in Presence of Distributed Generation by the Deep Reinforcement Learning Method. **Alexandria Engineering Journal**, v. 61, n. 8, p. 6541–6556, 1 ago. 2022.

MANSOUR, H. S. E.; ABDELSALAM, A. A.; NABIL, M.; SALLAM, A. A. Optimal capacitor banks allocation in distribution systems with distributed generators using antlion optimizer. Em: 2017 Nineteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON), 2017, [...]. 2017. p. 1016–1022.

MERLIN, A.; BACK, H. Search for a Minimal-Loss Operating Spanning Tree Configuration for an Urban Power Distribution System. **Proc. of 5th PSCC, 1975**, v. 1, p. 1–18, 1975.

MITCHELL, M. **An introduction to genetic algorithms**. 7. ed. Cambridge: Bradford Book, 2001. v. 1209 p.

MIYAZAKI, Y.; NAOI, S.; KINOSHITA, Y. A study on the placement and model selection of voltage regulators in distribution network. Em: CIRED Workshop 2016, 2016, [...]. 2016. p. 1–4.

MONTSUTSUMI, M. M.; MELCHOR, J. N.; MACEDO, L. H.; ROMERO, R. Joint reconfiguration of feeders and allocation of capacitor banks in distribution systems using a multi-start strategy. Em: 2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America (ISGT Latin America), 2017, [...]. 2017. p. 1–6.

NASEF, A.; SHAHEEN, A.; KHATTAB, H. Local and Remote Control of Automatic Voltage Regulators in Distribution Networks with Different Variations and Uncertainties: Practical Cases Study. **Electric Power Systems Research**, v. 205, p. 107773, 1 abr. 2022.

NGUYEN, T. P.; NGUYEN, T. A.; PHAN, T. V.-H.; VO, D. N. A Comprehensive Analysis for Multi-Objective Distributed Generations and Capacitor Banks Placement in Radial Distribution Networks Using Hybrid Neural Network Algorithm. **Knowledge-Based Systems**, v. 231, p. 107387, 14 nov. 2021.

NUNES, J. U. N. de; BRETAS, A. S. Voltage regulators allocation in power distribution networks: A tabu search approach. Em: 2017 19th International Conference on Intelligent System Application to Power Systems (ISAP), 2017, [...]. 2017. p. 1–6.

PASSMARK SOFTWARE. **PassMark Software**. Disponível em: <<https://www.passmark.com>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

PENIDO, D. R. R.; ARAUJO, L. R.; PEREIRA, J. L. R.; GARCIA, P. A. N.; CARNEIRO, S. Four wire Newton-Raphson power flow based on the current injection method. Em: IEEE PES Power Systems Conference and Exposition, 2004., 2004, [...]. 2004. p. 239–242 vol.1.

PINHEIRO, A. P. Z. Energia e sustentabilidade. 12 dez. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9ATKLR>>. Acesso em: 24 jun. 2023.

PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 6, p. 1082, 23 nov. 2017.

QUIROGA, G. A.; ALMEIDA, C. F. M. Impacto da geração distribuída sobre o sistema de proteção: considerações para o planejamento de redes de distribuição. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/002981921>>. Acesso em: 24 jun. 2023.

RAHMANI-ANDEBILI, M.; FOTUHI-FIRUZABAD, M. An Adaptive Approach for PEVs Charging Management and Reconfiguration of Electrical Distribution System Penetrated by Renewables. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 14, n. 5, p. 2001–2010, maio 2018.

RAZAK, M. A. A.; OTHMAN, M. M.; SHAHIDAN, M. B.; ARIFFIN, J.; MUSIRIN, I.; KAMAL, M. F. M.; ZAKARIA, Z.; YAHYA, A.; KARI, M. N.; OSMAN, M. F. Optimal capacitor placement and sizing in an unbalanced three-phase distribution system using particle swarm optimization technique. Em: 2014 IEEE 8th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2014), 2014, [...]. 2014. p. 624–629.

SCHNEIDER, K. P.; FULLER, J. C.; CHASSIN, D. P. Multi-State Load Models for Distribution System Analysis. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 26, n. 4, p. 2425–2433, nov. 2011.

SCHNEIDER, K. P.; MATHER, B. A.; PAL, B. C.; TEN, C.-; SHIREK, G. J.; ZHU, H.; FULLER, J. C.; PEREIRA, J. L. R.; OCHOA, L. F.; ARAUJO, de L. R.; DUGAN, R. C.; MATTHIAS, S.; PAUDYAL, S.; MCDERMOTT, T. E.; KERSTING, W. Analytic Considerations and Design Basis for the IEEE Distribution Test Feeders. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 33, n. 3, p. 3181–3188, maio 2018.

SELIM, A.; KAMEL, S.; JURADO, F. Power losses and Energy Cost Minimization Using Shunt Capacitors Installation in Distribution Systems. Em: 2019 10th International Renewable Energy Congress (IREC), 2019, [...]. 2019. p. 1–6.

SELIM, A.; KAMEL, S.; JURADO, F. Capacitors Allocation in Distribution Systems Using a Hybrid Formulation Based on Analytical and Two Metaheuristic Optimization Techniques. **Computers & Electrical Engineering**, v. 85, p. 106675, 1 jul. 2020.

SHAHEEN, A.; ELSAYED, A.; GINIDI, A.; EL-SEHIEMY, R.; ELATTAR, E. Reconfiguration of Electrical Distribution Network-Based DG and Capacitors Allocations Using Artificial Ecosystem Optimizer: Practical Case Study. **Alexandria Engineering Journal**, v. 61, n. 8, p. 6105–6118, 1 ago. 2022.

SHAHEEN, A. M.; ELATTAR, E. E.; EL-SEHIEMY, R. A.; ELSAYED, A. M. An Improved Sunflower Optimization Algorithm-Based Monte Carlo Simulation for Efficiency Improvement of Radial Distribution Systems Considering Wind Power Uncertainty. **IEEE Access**, v. 9, p. 2332–2344, 2021.

SHAHEEN, A. M.; EL-SEHIEMY, R. A. Optimal Coordinated Allocation of Distributed Generation Units/ Capacitor Banks/ Voltage Regulators by EGWA. **IEEE Systems Journal**, v. 15, n. 1, p. 257–264, mar. 2021.

SHELKE, M. P.; SHAIKH, A.; RAI, S.; MUJAWAR, M. S.; MULANI, D. An Enhanced Intelligent Algorithm on Fault Location System. Em: 2023 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI), 2023, [...]. 2023. p. 1–6.

SHIRMOHAMMADI, D.; HONG, H. W. Reconfiguration of electric distribution networks for resistive line losses reduction. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 4, n. 2, p. 1492–1498, abr. 1989.

SMITH, J. W.; DUGAN, R.; SUNDERMAN, W. Distribution modeling and analysis of high penetration PV. Em: 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting, 2011, [...]. 2011. p. 1–7.

SMULLEN, D.; GILLETT, J.; HERON, J.; RAHNAMAYAN, S. Genetic algorithm with self-adaptive mutation controlled by chromosome similarity. Em: 2014 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), 2014, [...]. 2014. p. 504–511.

STERN, J. Building A Winning NFL Roster: Best Practices For Sustained Success. **Master of Science in Organizational Dynamics Theses**, 12 maio 2020. Disponível em: <[https://repository.upenn.edu/od\\_theses\\_msod/95](https://repository.upenn.edu/od_theses_msod/95)>.

TAHA, H. A.; ALHAM, M. H.; YOUSSEF, H. K. M. Multi-Objective Optimization for Optimal Allocation and Coordination of Wind and Solar DGs, BESSs and Capacitors in Presence of Demand Response. **IEEE Access**, v. 10, p. 16225–16241, 2022.

TANOMRUG, J.; SAIVICHIT, C.; SILAWAN, T. Microgrid Loads Clustering in an Electricity Feeder using Genetic Algorithm with Applied DBSCAN Techniques. Em: 2022 6th International Conference on Information Technology (InCIT), 2022, [...]. 2022. p. 139–142.

TSYGULEV, N. I.; KHLEBNIKOV, V. K.; SHELEST, V. A. Algorithm for selection of automatic voltage regulator setting to reduce power losses. Em: 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2017, [...]. 2017. p. 1–4.

UPPER, N.; HEMEIDA, A. M.; IBRAHIM, A. A. Moth-flame algorithm and loss sensitivity factor for optimal allocation of shunt capacitor banks in radial distribution systems. Em: 2017 Nineteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON), 2017, [...]. 2017. p. 851–856.

VIEIRA SOBRINHO, J. D. **Matemática Financeira: Juros, Capitalização Simples e Composta, Sistemas de Amortização Price e SAC, Títulos Públicos: LTN, NTN e LFT, Taxas de Selic e CDI, Utilização de Calculadoras Financeiras**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018. 368 p.

WU, H.; DONG, P.; LIU, M. Distribution Network Reconfiguration for Loss Reduction and Voltage Stability With Random Fuzzy Uncertainties of Renewable Energy Generation and Load. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 16, n. 9, p. 5655–5666, set. 2020.

YANG, C.; HAN, J.; LI, Y.; XU, X. Self-adaptive Genetic algorithm based MU-MIMO scheduling scheme. Em: 2013 15th IEEE International Conference on Communication Technology, 2013, [...]. 2013. p. 180–185.

ZERAATI, M.; HAMEDANI GOLSHAN, M. E.; GUERRERO, J. M. Distributed Control of Battery Energy Storage Systems for Voltage Regulation in Distribution Networks With High PV Penetration. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 9, n. 4, p. 3582–3593, jul. 2018.



## APÊNDICE A -      **MODELOS E PREMISSAS DE EQUIPAMENTOS DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA**

### A.1      Cargas

Todo o aparato utilizado em geração, transmissão e distribuição tem um único objetivo, de atender a demanda de energia por parte das cargas espalhadas por todo o sistema elétrico, com diferentes conexões e números de fases envolvidas. Com a existência de balanceamento de cargas a modelagem do ponto de vista da geração e da transmissão é simplificada, uma vez que o desligamento de cargas é compensando pela ligação de outras, não havendo variações bruscas e/ou existência de níveis consideráveis de desequilíbrios.

Na distribuição, por outro lado, a proximidade com a carga faz com que os efeitos da alteração do estado de cada aparelho ou instalação individual tenha impactos mais pronunciados nas cargas, além de não ser possível um balanceamento com a mesma precisão da transmissão. De fato, quanto mais próximo do consumidor estiver o ponto em análise maiores serão os impactos da variação de carregamento em tensões, correntes e ajustes ótimos de equipamentos (KERSTING, 2017).

Sendo as cargas comumente tratadas segundo um modelo ZIP (impedância, corrente ou potência constantes) a variação de tensões decorrente da alteração no consumo de um cliente pode impactar diretamente na carga relacionada a outro cliente. Conforme a Equação (20), os valores de potência ativa e reativa variam em função das tensões nodais relacionadas a cada carga, podendo trazer efeitos adversos para o sistema. No caso de cargas com potência constante, por exemplo, a diminuição das tensões nodais leva a um aumento das correntes nos ramos, que por sua vez elevam as perdas por efeito joule e diminuem a capacidade do alimentador de suprir atender novas cargas.

$$S_{km} = P_0 \left( \frac{|V_{km}|}{|V_0|} \right)^\alpha + jQ_0 \left( \frac{|V_{km}|}{|V_0|} \right)^\beta \quad (20)$$

Onde:

$V_{km}$       Tensão aplicada na carga [V];

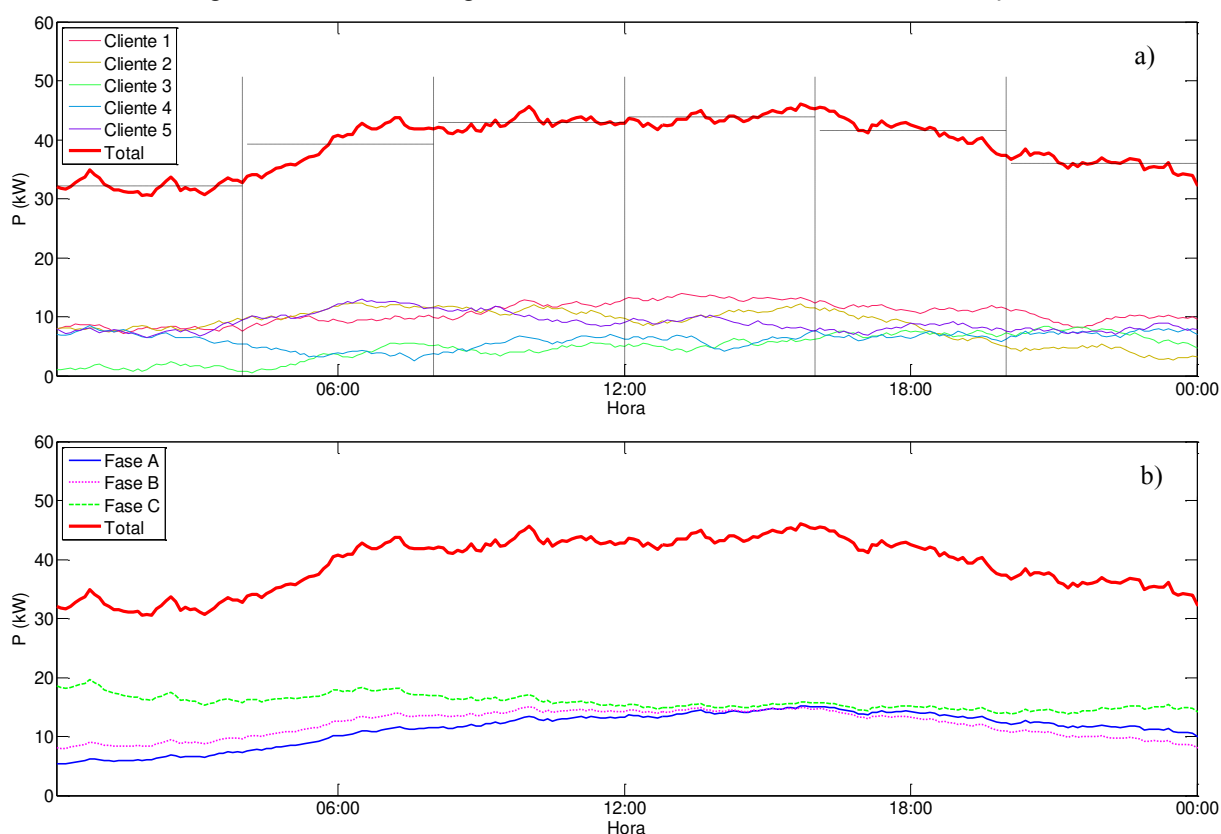
$V_0$       Tensão nominal [V];



$P_0, Q_0$	Potências ativa e reativa na tensão nominal [W] e [var];
$\alpha$ e $\beta$	Coefficientes relacionados ao tipo de carga;
$S_{km}$	Potência da carga conectada entre os nós $k$ e $m$ [VA].

Como a carga ligada ao transformador é dada pelo somatório das cargas demandadas por cada cliente, a variação horária no carregamento de cada um deles leva a uma variação da carga que circula por todo o alimentador, conforme visto na Figura A.1a. Se para algumas análises a demanda média (linha pontilhada) permite um correto entendimento e possibilita cálculos adequados, para outras é necessário um conhecimento da demanda em intervalos menores ou mesmo o valor da potência instantânea (linha vermelha).

Figura A.1 – Curva de carga no secundário de um transformador de distribuição



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

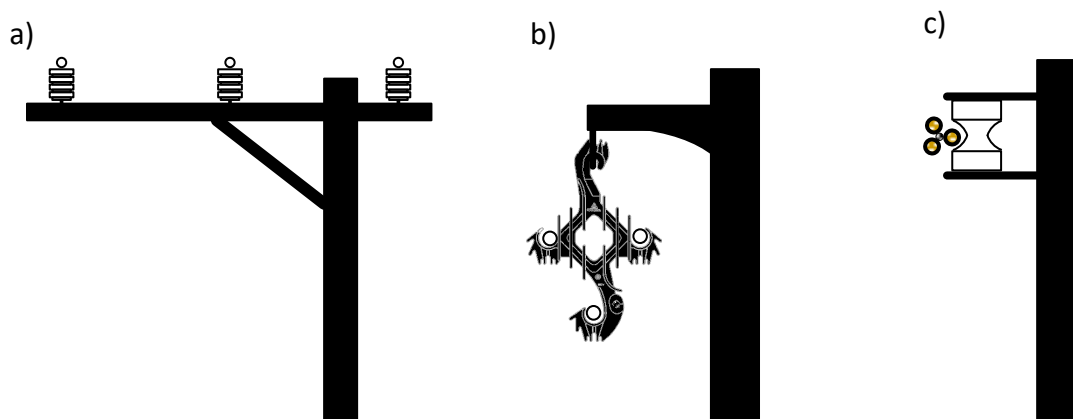
A existência de cargas mono e bifásicas, associada às alterações existentes para cada consumidor levam também a alterações na potência demandada por cada fase, conforme a Figura A.1b. Nessa situação o problema de desbalanceamento da distribuição é evidenciado, sendo

necessário que se tomem algumas medidas de modo a se minimizar os efeitos causados por essa questão.

## A.2 Alimentadores

Para que as cargas sejam supridas pelas subestações de distribuição são construídos faz-se necessária a instalação de condutores elétricos por todo o caminho, o qual pode ser direto em alimentadores exclusivos ou ramificado para alimentadores que alimentam múltiplos consumidores. Suas configurações podem variar em função das concessionárias e locais a serem atendidos, podendo ser utilizados alimentadores mono, bi ou trifásicos, com condutores nus, protegidos ou isolados (Figura A.2), aéreos ou subterrâneos, de cobre ou alumínio.

Figura A.2 – Rede de distribuição aéreas (a) convencional, (b) compacta e (c) isolada



Fonte: Elaborada pelo autor

Independentemente de sua configuração os trechos alimentadores possuem impedâncias associadas, as quais impactam diretamente na operação dos sistemas. Tal impacto se deve às perdas ôhmicas observadas em função da curva de carga do sistema, podendo causar impactos nas perdas técnicas de energia e nos níveis de tensão observados em todos os nós. Como visto na Figura A.1, as cargas na distribuição podem não ser iguais entre fases, o que traz variações nas quedas de tensão observadas para cada condutor e, por conseguinte, nas tensões em cada fase.

A solução para tais problemas poderia ser obtida mediante a alteração da seção de condutores ou do espaçamento entre eles, modificando a matriz de impedância do alimentador, o que, no entanto, não é factível se forem analisados múltiplos trechos e carregamentos. Outra alternativa para reduzir os impactos do desbalanceamento de cargas é a conexão de cargas mono e bifásicas em fases com menor carregamento, buscando balancear as cargas dentro do

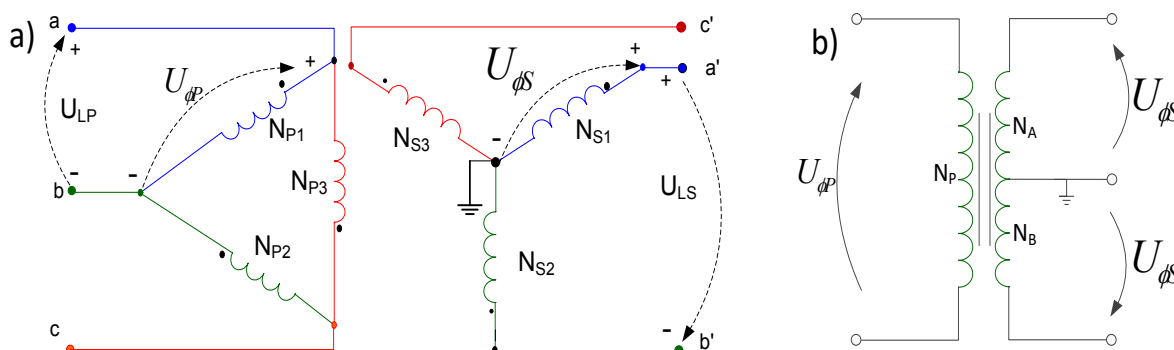
alimentador, o que, no entanto, não garante a manutenção dos mesmos níveis de tensão e as mesmas defasagens para as três fases de maneira definitiva.

### A.3 Transformadores

Desde os primórdios da transmissão e distribuição de energia elétrica na forma alternada os transformadores têm se apresentado como equipamentos de grande relevância na operação desses sistemas, tendo inclusive sido determinantes na adoção do padrão no final do Século XIX e início do Século XX. Sua maior contribuição reside na capacidade de elevar e reduzir níveis de tensão conforme necessidade, adequando-os a diferentes necessidades. Seus benefícios, no entanto, vão muito além e permitem, mediante diferentes configurações e arranjos, a redução do número de condutores necessários à transmissão polifásica ou mesmo a eliminação da terceira harmônica e seus múltiplos, entre outros.

Em sistemas de distribuição de energia elétrica, a utilização de transformadores permite a elevação para tensões de distribuição, reduzindo perdas ôhmicas sem, no entanto, inviabilizar sua utilização em áreas urbanas. Neste cenário são comumente utilizados transformadores trifásicos com conexão Delta- $Y_{\text{aterrado}}$ , visto na Figura A.3a, enquanto para áreas com menor densidade de cargas podem ser utilizados transformadores monofásicos de tap central, conforme a Figura A.3b. Ambos os equipamentos são utilizados na proximidade das cargas, levando as tensões a níveis que permitem a utilização de energia em ambientes residenciais, comerciais e industriais.

Figura A.3 – Diagramas de transformadores usados na distribuição



Fonte: Adaptado de Ledesma (2012)

A utilização de transformadores, por outro lado, traz ao sistema perdas ôhmicas adicionais, em função tanto da transferência de potência entre primário e secundário quanto da

energização e manutenção de seu campo magnético. Essas perdas se somam às observadas para os alimentadores como energia que deve ser suprida para a utilização dos sistemas, aumentando os custos de distribuição e, conseqüentemente, o custo da energia fornecida. Além disso, sua regulação de tensão também impacta na operação de tais sistemas, trazendo variações nas tensões nodais em função dos diferentes carregamentos observados ao longo do dia, demandando muitas vezes a adoção de métodos ou equipamentos adicionais de controle.

#### A.4 Unidades de Geração Distribuída

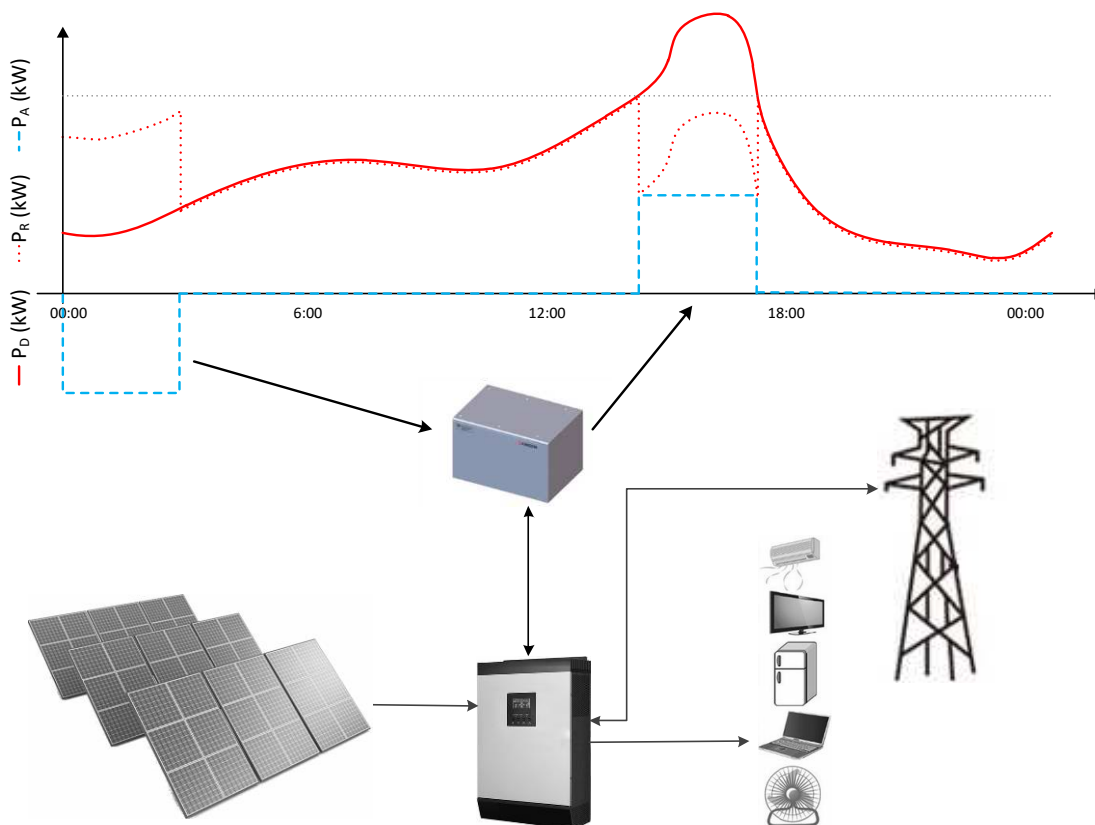
Com a evolução das tecnologias relacionadas ao setor energético os meios de geração de energia têm se diversificado cada vez mais. Se historicamente as sociedades humanas passaram por períodos dominados pela energia advinda da queima de carvão, para a utilização do petróleo nas suas mais diversas formas, a construção de barragens para conversão em energia elétrica e a utilização de reatores nucleares, nos últimos anos novas tecnologias vêm sendo utilizadas para esse fim. Essa mudança não envolve apenas novas fontes primárias de energia, mas também a aplicação de tecnologias já conhecidas para a redução da escala para alguns tipos de geração, como os geradores hidráulicos da empresa belga Turbulent, que fazem uso de eletrônica de potência para permitir a geração com máquinas a partir de 5 kW com pequenas quedas e vazões (Turbulent, 2018).

Dentre as novas fontes que tem se popularizado quando se fala de GD a geração fotovoltaica (PV) merece destaque, por ser a mais utilizada em muitos países, como a Alemanha, onde 7,2% da geração de energia elétrica advém dessa fonte, distribuída em um total de 1,6 milhões de instalações (média de 26,875 kW por instalação), incluindo um crescimento de 1,75 GW na capacidade instalada em 2017 (Fraunhofer, 2018). Com a redução dos custos e a facilidade de implantação de uma GD baseada em energia PV, que não depende de instalação adicional, a tendência é que esse crescimento atinja o mundo inteiro, não podendo os impactos da sua adoção serem desprezados em qualquer análise a nível de distribuição.

Comumente associados a gerações PV, existem as estruturas de armazenamento, as quais permitem que a energia gerada em alguns momentos esteja disponível para uso quando não houver geração, o que é particularmente interessante para esse tipo de fonte, a qual é dependente da existência de luz solar em abundância. A existência de bateria e controladores de carga também permite a manutenção do fornecimento de energia mesmo quando ocorre uma interrupção no

fornecimento da concessionária, além de possibilitar uma operação de *energy shifting*, armazenando energia em períodos de baixa demanda (e custo) e fornecendo energia em momentos de alta demanda (e custo), como visto na Figura A.4.

Figura A.4 – *Energy shifting* em sistemas de energia



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Os arranjos PV e elementos de armazenamento podem ser ligados como mono, bi ou trifásicos, em Y ou em Delta, podendo sua utilização contribuir para melhorar ou piorar a situação da rede. Quando a ligação é feita nas fases com maior nível de carregamento a utilização acabaria por reduzir a potência demandada de outros pontos do sistema, reduzindo perdas e variações nos níveis de tensão entre fases. Por outro lado, caso a ligação seja feita em fases menos carregadas ou em nível superior ao demandado, a exportação de potência para outras regiões do alimentador pode levar uma elevação das perdas e um maior desequilíbrio entre tensões.

**APÊNDICE B - SEQUÊNCIA DE OBTENÇÃO DE SOLUÇÕES PARA O  
FLUXOGRAMA DA FIGURA 3.12**

- F1  
 F2  
 F3 Chaves fechadas ([2 5])  
 F4 Abre chave (2)  
 F5  
 F6 Chaves (1 e 3) são alternativas  
 F7 Salva novas redes ([2 5], [1 5] e [3 5])  
 F8 Fecha chave (2)  
 F3 Chaves fechadas ([2 5])  
 F4 Abre chave (5)  
 F5  
 F6 Chave (4) é alternativa  
 F7 Salva nova rede ([2 5], [1 5], [3 5] e [2 4])  
 F9 Inicializa nova combinação  
 F3 Chaves fechadas ([1 5])  
 F4 Abre chave (1)  
 F5  
 F6 Chaves (2 e 3) são alternativas  
 F7 Não existe nova rede para salvar  
 F8 Fecha chave (1)  
 F3 Chaves fechadas ([1 5])  
 F4 Abre chave (5)  
 F5  
 F6 Chaves (2 e 3) são alternativas  
 F7 Não existe nova rede para salvar  
 F9 Inicializa nova combinação  
 F3 Chaves fechadas ([2 4])  
 F4 Abre chave (2)  
 F5  
 F6 Chaves (1 e 3) são alternativas  
 F7 Não existe nova rede para salvar  
 F9 Inicializa nova combinação  
 F3 Chaves fechadas ([2 4])  
 F4 Abre chave (2)  
 F5  
 F6 Chaves (1 e 3) são alternativas  
 F7 Salva novas redes ([2 5], [1 5], [3 5], [2 4], [1 4] e [3 4])  
 F10

## APÊNDICE C - SISTEMAS TESTE UTILIZADOS

### C.1 Sistema IEEE 123 barras

Para o sistema IEEE 123 barras foi utilizado o arquivo .dss disponibilizado pelo EPRI, tendo sido incluídas chaves em pontos de interesse conforme código abaixo. Além disso, foram retirados todos os capacitores instalados no caso base e mantido apenas o regulador de tensão da SE, sem alterações no modo e nos parâmetros de operação.

#### Chaves

```
New Line.Sw1    phases=3  Bus1=150r  Bus2=149    r1=1e-4  r0=1e-4  x1=0.000
x0=0.000  c1=0.000  c0=0.000  Length=0.001

New Line.Sw2    phases=3  Bus1=13    Bus2=152    r1=1e-4  r0=1e-4  x1=0.000
x0=0.000  c1=0.000  c0=0.000  Length=0.001

New Line.Sw3    phases=3  Bus1=18    Bus2=135    r1=1e-4  r0=1e-4  x1=0.000
x0=0.000  c1=0.000  c0=0.000  Length=0.001

New Line.Sw4    phases=3  Bus1=60    Bus2=160    r1=1e-4  r0=1e-4  x1=0.000
x0=0.000  c1=0.000  c0=0.000  Length=0.001

New Line.Sw5    phases=3  Bus1=97    Bus2=197    r1=1e-4  r0=1e-4  x1=0.000
x0=0.000  c1=0.000  c0=0.000  Length=0.001

New Line.Sw6    phases=3  Bus1=61    Bus2=61s    r1=1e-4  r0=1e-4  x1=0.000
x0=0.000  c1=0.000  c0=0.000  Length=0.001

New Line.Sw7    phases=3  Bus1=151   Bus2=300    r1=1e10  r0=1e10  x1=0.000
x0=0.000  c1=0.000  c0=0.000  Length=0.001

New Line.Sw8    phases=1  Bus1=54.1  Bus2=94.1  r1=1e10  r0=1e10  x1=0.000
x0=0.000  c1=0.000  c0=0.000  Length=0.001
```

!Novas chaves incluídas

```
New Line.Sw9    phases=3  Bus1=64      Bus2=108     r1=1e10 r0=1e10  x1=0.000
x0=0.000 c1=0.000 c0=0.000 Length=0.001
```

```
New Line.Sw10   phases=1  Bus1=39.2    Bus2=66.2    r1=1e10 r0=1e10  x1=0.000
x0=0.000 c1=0.000 c0=0.000 Length=0.001
```

### Regulador de tensão (subestação)

```
new transformer.regla phases=3 windings=2 buses=[150 150r] conns=[wye wye]
~kvs=[4.16 4.16] kvas=[5000 5000] XHL=.001 %LoadLoss=0.00001 ppm=0.0
```

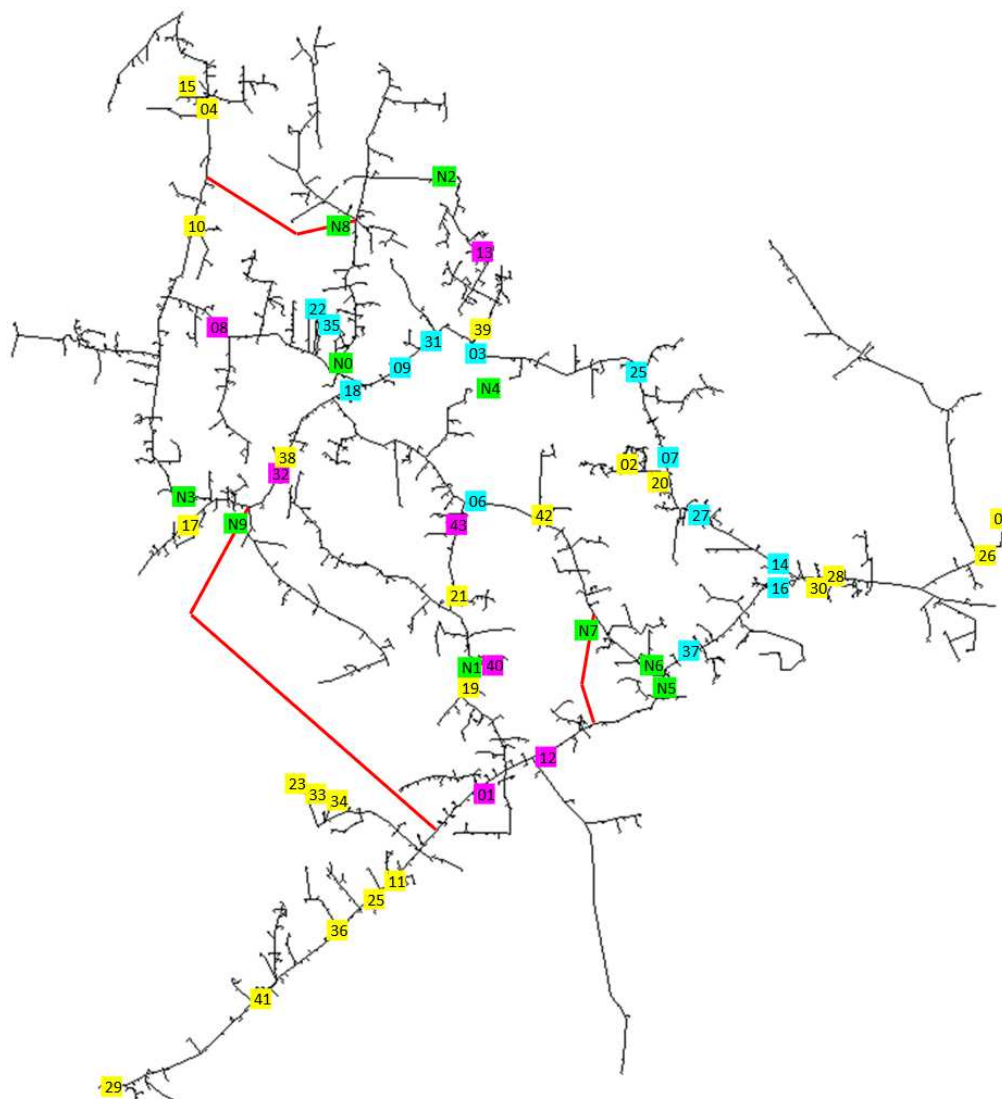
```
new regcontrol.cregla transformer= regla winding=2 vreg=120 band=2 ptratio=20
~ctprim=700 R=3 X=7.5 vlimit=126 delay=1
```

## C.2 Sistema IEEE 8500 NÓS

O sistema original é composto de 43 chaves, relacionadas à rede propriamente dita, mas também a equipamentos específicos. Desta forma, nem todas as chaves possuem alternativa que mantenha a rede conexa, não impactando no processo de reconfiguração. Como visto na Figura C.1, na qual são mostradas todas as chaves do caso base, pode ser observado que existe uma única malha fechada no circuito, de modo que apenas as chaves que fazem parte da mesma são consideradas pelo algoritmo de otimização. Neste sentido, a adequação do caso para que possam ser realizadas simulações considera a criação de linhas adicionais a serem tratadas pelo algoritmo, também destacadas na figura (vermelho).



Figura C.1 – Posicionamento de chaves no sistema IEEE 8500.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

As chaves mostradas são numeradas na sequência em que são listadas no arquivo de linhas disponibilizado pelo EPRI junto do OpenDSS, sendo destacadas em ciano aquelas chaves que podem ser analisadas pelo algoritmo de reconfiguração. A partir deste ponto, foram incluídas as dez chaves, destacadas em verde e listadas a seguir, que dão ao algoritmo de reconfiguração novas possibilidades. Embora os dois terminais das novas chaves possam estar distantes entre si, foi considerada uma distância de 0m entre eles para a modelagem no caso, exceto quando indicado (linha vermelha). Por fim, foi alterado estado da chave X8223\_48332\_sw (renomeada aqui para sw01) de fechada para aberta.

## Chaves

New Line.sw01 bus1=D6413567-3\_INT bus2=E182724 phases=3 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001 !X8223\_48332\_sw

New Line.sw02 bus1=228-1048090-1\_INT.2 bus2=193-51796.2 phases=1 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001 !enabled=False !WD701\_48332\_sw

New Line.sw03 bus1=D5534969-2\_INT bus2=E182729 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !V7173\_48332\_sw

New Line.sw04 bus1=D6019477-1\_INT.3 bus2=E182727.3 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !V9287\_48332\_sw

New Line.sw05 bus1=D5710794-3\_INT bus2=E192860 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !A8735\_48332\_sw

New Line.sw06 bus1=D5837361-8\_INT.3 bus2=E182745.3 phases=1 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001 !enabled=False !V7995\_48332\_sw

New Line.sw07 bus1=D5535139-1\_INT bus2=E183473 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !L5437\_48332\_sw

New Line.sw08 bus1=D5502543-2\_INT bus2=Q14413 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !LN4625713\_sw

New Line.sw09 bus1=D5860423-3\_INT bus2=Q14733 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !LN4641075\_sw

New Line.sw10 bus1=D5655682-1\_INT.2 bus2=E182725.2 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !L5491\_48332\_sw

New Line.sw11 bus1=D5926308-3\_INT bus2=Q14412 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !LN4625696\_sw

New Line.sw12 bus1=D6138608-3\_INT bus2=Q14404 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !LN4586093\_sw

New Line.sw13 bus1=D6231996-1\_INT.2 bus2=E206614.2 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !L5659\_48332\_sw

New Line.sw14 bus1=D5861005-2\_INT bus2=Q1301 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !LN3693186\_sw

New Line.sw15 bus1=D5806920-1\_INT.2 bus2=E182726.2 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !V7313\_48332\_sw

New Line.sw16 bus1=D5799561-2\_INT bus2=E193509 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !A8611\_48332\_sw

New Line.sw17 bus1=D5835167-6\_INT bus2=Q14414 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !LN4625876\_sw

New Line.sw18 bus1=D6108141-1\_INT bus2=E206209 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !V9111\_48332\_sw

New Line.sw19 bus1=D5712486-1\_INT.3 bus2=E206210.3 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !X8271\_48332\_sw

New Line.sw20 bus1=D5867591-1\_INT bus2=E183472 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !V7041\_48332\_sw

New Line.sw21 bus1=D6049822-1\_INT.1 bus2=E182722.1 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !L5397\_48332\_sw

New Line.sw22 bus1=228-961799-3\_INT.3 bus2=193-46661.3 phases=1 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001 !enabled=False !WG127\_48332\_sw

New Line.sw23 bus1=D6047588-1\_INT.2 bus2=F739844.2 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !LN247171\_sw

New Line.sw24 bus1=D6049825-1\_INT bus2=E182748 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !L5523\_48332\_sw

New Line.sw25 bus1=D5587291-3\_INT bus2=Q14734 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !2002200004641085\_sw

New Line.sw26 bus1=D5513564-1\_INT bus2=E192201 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !XJ171\_48332\_sw

New Line.sw27 bus1=D6198039-1\_INT bus2=E206217 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !A8869\_48332\_sw

New Line.sw28 bus1=D6023352-1\_INT bus2=E184626 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !L9407\_48332\_sw

New Line.sw29 bus1=D5565090-1\_INT.2 bus2=E182744.2 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !X8225\_48332\_sw

New Line.sw30 bus1=D5563942-4\_INT bus2=Q16483 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !2002200004868472\_sw

New Line.sw31 bus1=D6290228-6\_INT bus2=Q16642 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !2002200004991174\_sw

New Line.sw32 bus1=D5534970-1\_INT bus2=E182732 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !L9191\_48332\_sw

New Line.sw33 bus1=D5472341-1\_INT.2 bus2=F739842.2 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !LN0247162\_sw

New Line.sw34 bus1=D5865224-1\_INT.2 bus2=F739841.2 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !LN247160\_sw

New Line.sw35 bus1=228-1353934-4\_INT.3 bus2=193-103041.3 phases=1 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001 !enabled=False !WF856\_48332\_sw

New Line.sw36 bus1=D5686080-1\_INT bus2=F739845 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !LN293471\_sw

New Line.sw37 bus1=D5958866-1\_INT bus2=E183493 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !A8645\_48332\_sw

New Line.sw38 bus1=D6140776-1\_INT.1 bus2=E182730.1 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !V9109\_48332\_sw

New Line.sw39 bus1=D5682346-3\_INT bus2=E206211 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !G9343\_48332\_sw

New Line.sw40 bus1=228-979371-2\_INT.3 bus2=193-48013.3 phases=1 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001 !enabled=False !WF586\_48332\_sw

New Line.sw41 bus1=D6140778-1\_INT.2 bus2=E182731.2 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !L5565\_48332\_sw

New Line.sw42 bus1=D5746546-1\_INT.3 bus2=E182723.3 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !A333\_48332\_sw

New Line.sw43 bus1=D5956499-2\_INT bus2=Q14411 phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001 !LN4625680\_sw

!Novas chaves

New Line.sw44 bus1=M1047548 bus2=M1047548sw phases=3 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001

New Line.sw45 bus1=M1089112 bus2=13159448 phases=3 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001

New Line.sw46 bus1=13047058.1 bus2=12766723.1 phases=1 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001

New Line.sw47 bus1=13048203.2 bus2=12935547.2 phases=1 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001

New Line.sw48 bus1=12745806.3 bus2=13141393.3 phases=1 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001

New Line.sw49 bus1=m1108315 bus2=m1108315sw phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001

New Line.sw50 bus1=n1230121.3 bus2=n1230121sw.3 phases=1 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001

New Line.sw51 bus1=12933164.3 bus2=13048205sw.3 phases=1 switch=y  
R1=1e10 R0=1e10 Length=0.001

New Line.sw52 bus1=m1027000 bus2=m1047763sw phases=3 switch=y  
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001

```
New Line.sw53 bus1=e182724 bus2=m1026695sw phases=3 switch=y
R1=1e-4 R0=1e-4 Length=0.001
```

```
New Line.LSWn07 bus1=13048205sw.3 bus2=13048205.3 length=1.2 units=km
Linecode=1PH-xx4_ACSR4_ACSR
```

```
New Line.LSWn08 bus1=m1047763sw bus2=m1047763 length=0.8 units=km
Linecode=3PH_H-4_ACSR4_ACSR4_ACSR4_WPAL
```

```
New Line.LSWn09 bus1=m1026695sw bus2=m1026695 length=5.0 units=km
Linecode=3PH_H-4_ACSR4_ACSR4_ACSR4_ACSR
```

```
!Regulador de tensão (subestação)
```

```
New Transformer.FEEDER_REGA_rb phases=1 windings=2
~buses=(regxfmr_HVMV_Sub_LSB.1, _HVMV_Sub_LSB.1) conns=(wye, wye)
~kvs=(7.2, 7.2) kvas=(27500, 27500) xhl=0.1 %loadloss=.001 wdg=2
~Maxtap=1.1 Mintap=0.9 ppm=0
```

```
New Transformer.FEEDER_REGB_rb phases=1 windings=2
~buses=(regxfmr_HVMV_Sub_LSB.2, _HVMV_Sub_LSB.2) conns=(wye, wye)
~kvs=(7.2, 7.2) kvas=(27500, 27500) xhl=0.1 %loadloss=.001 wdg=2
~Maxtap=1.1 Mintap=0.9 ppm=0
```

```
New Transformer.FEEDER_REGC_rb phases=1 windings=2
~buses=(regxfmr_HVMV_Sub_LSB.3, _HVMV_Sub_LSB.3) conns=(wye, wye)
~kvs=(7.2, 7.2) kvas=(27500, 27500) xhl=0.1 %loadloss=.001 wdg=2
Maxtap=1.1 Mintap=0.9 ppm=0
```

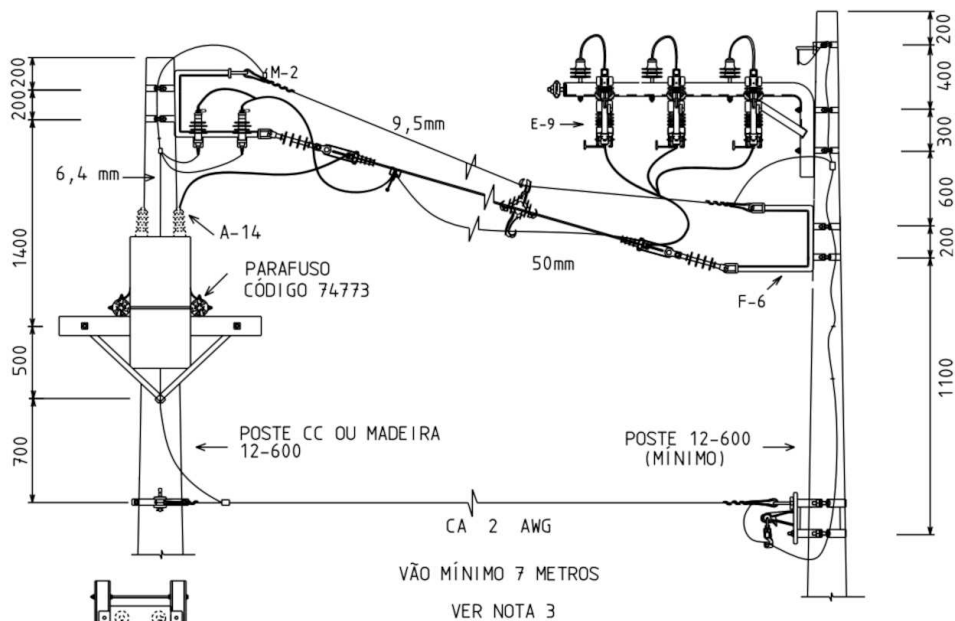
```
! Voltage regulator controls
```

```
New RegControl.FEEDER_REGA transformer=FEEDER_REGA_rb winding=2 vreg=126
~ptratio=60 band=2
```

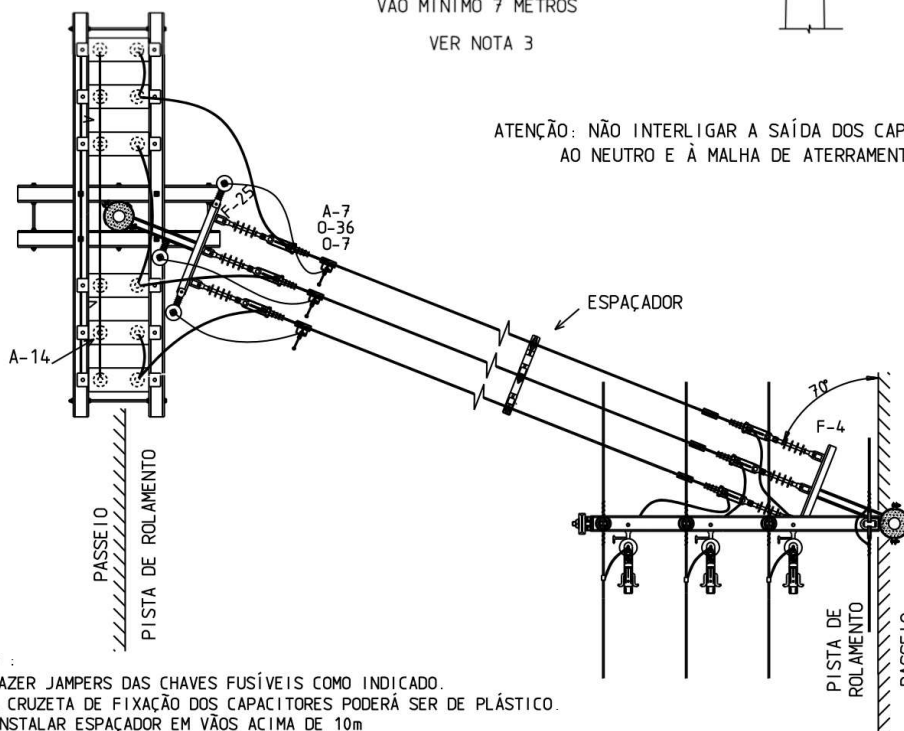
```
New RegControl.FEEDER_REGB transformer=FEEDER_REGB_rb winding=2 vreg=126
~ptratio=60 band=2
```

```
New RegControl.FEEDER_REGC transformer=FEEDER_REGC_rb winding=2 vreg=126
~ptratio=60 band=2
```

## ANEXO A - ESTRUTURA PARA A INSTALAÇÃO DE BANCOS DE CAPACITORES E MATERIAIS UTILIZADOS



ATENÇÃO: NÃO INTERLIGAR A SAÍDA DOS CAPACITORES AO NEUTRO E À MALHA DE ATERRAMENTO.



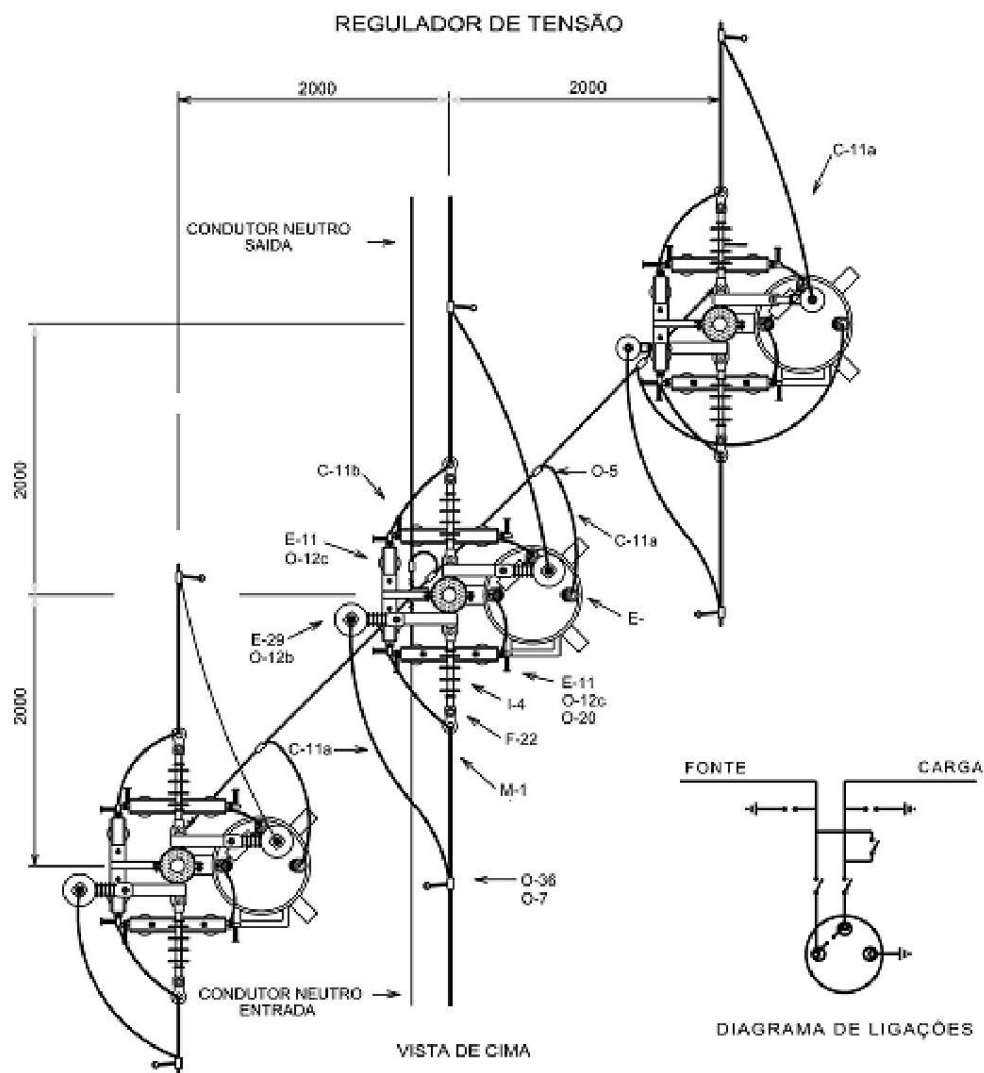
NOTAS :

- 1 - FAZER JAMPERS DAS CHAVES FUSÍVEIS COMO INDICADO.
- 2 - A CRUZETA DE FIXAÇÃO DOS CAPACITORES PODERÁ SER DE PLÁSTICO.
- 3 - INSTALAR ESPAÇADOR EM VÃOS ACIMA DE 10m

LISTA DE MATERIAL

ITEM	QUANT.		DESCRIÇÃO	ITEM	QUANT.		DESCRIÇÃO
	C	DT-M			C	DT-M	
M-2	2	2	ALÇA PREFORMADA P/ CABO DE AÇO	O-7	3	3	GRAMPO DE LINHA VIVA
F-6	2	2	BRAÇO SUPORTE TIPO "C"	I-4a	6	6	ISOLADOR DE ANCORAGEM POLIMÉRICO
F-6	2	2	BRAÇO SUPORTE TIPO "J"	F-22	6	6	MANILHA SAPATILHA
C-11	4,5	4,5	CABO COBERTO 15kV-50mm <sup>2</sup>	F-25	8	8	OLHAL
F-4	2	2	CANTONEIRA RETA	F-30	-	7	PARAF. DE MÁQ. M16 x TA
E-9	3	3	CHAVE FUSIVEL 10 kA	F-31a	4	2	PARAF. DE CABEÇA ABAUL. M16 x 45mm
F-10	7	-	CINTA	F-31b	9	-	PARAF. DE CABEÇA ABAUL. M16 x 70mm
A-7	6	6	COBERTURA PARA CONECTOR CUNHA	F-31d	3	3	PARAF. DE CABEÇA ABAUL. M12 x 40mm
O-36	3	3	CONECTOR DE CUNHA COM ESTRIBO	E-29	3	3	PARA-RAIOS ZnO-10kA POLIMÉRICO
O-13	3	3	CONECTOR P/ ATERRAMENTO DE FERRAGEM DE IP	P	1	1	POSTE 12m
O-9	3	3	CONECTOR DERIVAÇÃO DE CUNHA	A-25	2	2	SAPATILHA
O-12	3	3	CONEC. TERM. CA/CAA 2AWG-CA 50mm <sup>2</sup> CPAC	F-46	3	3	SUPORTE "Z"
M-10a	6	6	GRAMPO DE ANCORAGEM P/ CABO COBERTO				

## ANEXO B - ESTRUTURA PARA A INSTALAÇÃO DE REGULADORES DE TENSÃO E MATERIAIS UTILIZADOS



LISTA DE MATERIAL							
CÓD.	ITEM	QUANT CC	DESCRIÇÃO	CÓD.	ITEM	QUANT CC	DESCRIÇÃO
-	M-1	6	ALÇA PREFORMADA PARA CABO, CONFORME DIMENSIONAMENTO DA REDE	231086	O-12b	8	CONECTOR TERMINAL COMPRESSÃO 1F P/ CABO 50mm <sup>2</sup>
-	M-1a	4	ALÇA PREFORMADA PARA CABO, CONFORME DIMENSIONAMENTO DO NEUTRO DA REDE	227389	O-12a	12	CONECTOR TERMINAL COMPRESSÃO 1F - CABO DE AÇO 6,4mm
231530	C-11b	30m	CABO COBERTO 150mm <sup>2</sup> OU 50mm <sup>2</sup> - VER NOTA 6	237396	F-13	6	GANCHÔ OLHAL
231548	C-11a	9m	CABO COBERTO 50mm <sup>2</sup>	289074	O-7	6	GRAMPO DE LINHA VIVA
2931	C-1	75m	CABO DE AÇO 6,4mm	219609	L-4	6	ISOLADOR DE ANCORAGEM POLIMÉRICO 15KV
356885	-	1	CHASSI 410mm P/ PLACAS DE IDENTIFICAÇÃO	237271	F-22	6	MANILHA SAPATILHA
273417	E-11	9	CHAVE FACA UNIPOLAR 15KV	237289	F-25	9	OLHAL
236951	F-10a	6	CINTA 190mm	74807	F-31c	12	PARAF. CAB. ABAULADA E PESC. QUADRADO M18x150
236989	F-10b	8	CINTA 200mm	66885	F-31b	42	PARAF. CAB. ABAULADA E PESC. QUADRADO M18x70
236885	F-10c	6	CINTA 220mm	86878	F-31a	51	PARAF. CAB. ABAULADA E PESC. QUADRADO M16x45
236950	F-10d	1	CINTA 250mm	289058	E-29	6	PARA-RAIOS 12xV-10KV, POLIMÉRICO-CLASSE 15KV
236927	F-10e	2	CINTA 260mm	-	-	5	PLACA Nº DE IDENTIFICAÇÃO CONF. NUMER. PROJETO
-	-	6	COBERTURA PROTETORA DE PARÁ-RAIO	207606	P-1	3	POSTE 12m - 600 daN - CONCRETO CIRCULAR
39586	-	6	COBERTURA PROTEÇÃO P/ BUCHA DE EQUIPAMENTO	-	E-	3	REGULADOR DE TENSÃO ATÉ 250KVA-PESO ATÉ 1500Kg
-	O-38	6	CONECTOR CUNHA COM ALÇA ESTRIBO, CONFORME DIMENSIONAMENTO DA REDE	237776	F-47	6	SUPORTE L PARA TOPO DE POSTE
227769	O-5	26	CONECTOR H - ITEM 1	237834	A-30	6	SUPORTE PARA TRANSFORMADOR 285mm
-	O-20	12	CONECTOR PARA ATERRAMENTO TEMPORÁRIO	237164	F-48	9	SUPORTE TL PARA CHAVE FACA
-	O-12c	30	CONECTOR TERMINAL COMPRESSÃO 2F P/ CABO 150mm <sup>2</sup> OU 50mm <sup>2</sup> - VER NOTA 6				



**ANEXO C - CUSTOS DE MERCADO DE EQUIPAMENTOS  
PADRONIZADOS PARA A UTILIZAÇÃO EM SISTEMAS DE  
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA CLASSE 15KV**

<b>N</b>	<b>CÓD</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UN</b>	<b>PREÇO</b>
1	229658	ADAPTADOR APC CABO AL 120MM <sup>2</sup> 15KV	PC	R\$50,45
2	229393	ADAPTADOR APC CABO AL 185MM <sup>2</sup> 15KV	PC	R\$48,42
3	229690	ADAPTADOR APC CABO AL 185MM <sup>2</sup> 25KV	PC	R\$49,97
4	229666	ADAPTADOR APC CABO AL 240MM <sup>2</sup> 15KV	PC	R\$39,72
5	229401	ADAPTADOR APC CABO AL 380MM <sup>2</sup> 20KV	PC	R\$ 0,01
6	229674	ADAPTADOR APC CABO AL 400MM <sup>2</sup> 15KV	PC	R\$51,70
7	229641	ADAPTADOR APC CABO AL 50MM <sup>2</sup> 15KV	PC	R\$47,94
8	229682	ADAPTADOR APC CABO AL 50MM <sup>2</sup> 25KV	PC	R\$50,06
9	385237	ADAPTADOR,APC,CABO AL 240MM <sup>2</sup> ,20/35KV	PC	R\$ 178,93
10	237206	AFASTADOR ARMAÇÃO SECUNDÁRIA 250MM	PC	R\$14,45
11	237222	AFASTADOR ARMAÇÃO SECUNDÁRIA 500MM	PC	R\$ 209,20
12	374360	AFASTADOR RAMAL DE LIGAÇÃO 75MM	PC	R\$ 3,48
13	230102	ALÇA P/ CONETOR ESTRIBO ABERTO 2AWG	PC	R\$14,20
14	374893	ALÇA P/ CONETOR ESTRIBO FECHADO 1/0AWG	PC	R\$25,48
15	229229	ALÇA PARA LANÇAMENTO CABO EM RDS	PC	R\$49,62
16	228809	ALÇA PREFORMADA CA/CAA 170MM <sup>2</sup> (336,4MCM)	PC	R\$32,28
17	228932	ALÇA PREFORMADA CA/CAA 21MM <sup>2</sup> (4AWG)	PC	R\$ 4,31
18	228924	ALÇA PREFORMADA CA/CAA 34MM <sup>2</sup> (2AWG)	PC	R\$ 6,73
19	228890	ALÇA PREFORMADA CA/CAA 54MM <sup>2</sup> (1/0AWG)	PC	R\$11,43
20	228791	ALÇA PREFORMADA ESTAI CABO AÇO 4,87MM	PC	R\$ 1,08
21	237685	ALÇA PREFORMADA ESTAI CABO AÇO 6,4MM	PC	R\$ 5,93
22	237677	ALÇA PREFORMADA ESTAI CABO AÇO 9,5MM	PC	R\$14,08
23	376375	ALÇA PREFORMADA FIO AÇO ALUMINIZADO 1N5	PC	R\$ 3,37
24	228973	ALÇA PREFORMADA NEUTRO CA/CAL 10MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 1,43
25	228981	ALÇA PREFORMADA NEUTRO CA/CAL 16MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 1,91
26	228833	ALÇA PREFORMADA NEUTRO CA/CAL 25MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 0,44
27	228874	ALÇA PREFORMADA NEUTRO CA/CAL 35MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 0,32
28	229005	ALÇA PREFORMADA NEUTRO CA/CAL 70MM <sup>2</sup>	PC	R\$11,77
29	219725	ALÇA PREFORMADA OLHAL CA/CAA 107MM <sup>2</sup>	PC	R\$26,16
30	380087	ALÇA PREFORMADA OLHAL CA/CAA 170MM <sup>2</sup>	PC	R\$30,86
31	219691	ALÇA PREFORMADA OLHAL CA/CAA 21MM <sup>2</sup>	PC	R\$12,71
32	219709	ALÇA PREFORMADA OLHAL CA/CAA 34MM <sup>2</sup>	PC	R\$14,09
33	219717	ALÇA PREFORMADA OLHAL CA/CAA 54MM <sup>2</sup>	PC	R\$15,71
34	384396	ALÇA PREFORMADA PARA CABO CONCENTRICO 10MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 3,22
35	383363	ALÇA PREFORMADA PARA CABO CONCÊNTRICO 16MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 4,88
36	384714	ALÇA PREFORMADA PARA CABO CONCÊNTRICO 25MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 3,22
37	383748	ALÇA, PREF, PESCOÇO LONGO, P/CABO OPGW, NEUTRO 3N5	PC	R\$ 1,00
38	228866	ALÇA,PREFORMADA,DISTRIBUIÇÃO,AÇO CARBONO	PC	R\$ 5,05
39	228858	ALÇA,PREFORMADA,DISTRIBUIÇÃO,AÇO CARBONO.	PC	R\$17,62
40	011791	ALICATE BICO REDONDO 160MM	PC	R\$75,93
41	044818	ALICATE BOMBA D'ÁGUA GRANDE	PC	R\$ 329,79
42	019463	ALICATE COMPRESSÃO HIDRÁULICO 120KN	PC	R\$ 3.192,59
43	040162	ALICATE DE COMPRESSÃO ELETRO HIDRÁULICO	PC	R\$ 4.656,96
44	007823	ALICATE DE COMPRESSÃO MECÂNICO	PC	R\$ 607,64
45	044644	ALICATE DE CORTE DIAGONAL	PC	R\$74,01
46	019455	ALICATE LACRAR COM SELO DE CHUMBO	PC	R\$47,55
47	314435	AMPERÍMETRO ANALÓGICO 0-6A PARA VARA	PC	R\$ 5,58

48	306555	ANEL CAIXA ZA CONCRETO PRÉ-MOLDADO	PC	R\$67,14
49	299511	ANEL CAIXA ZB CONCRETO PRÉ-MOLDADO	PC	R\$ 121,52
50	299594	ANEL CAIXA ZC CONCRETO PRÉ-MOLDADO	PC	R\$ 1.065,24
51	299602	ANEL CAIXA ZD CONCRETO PRÉ-MOLDADO	PC	R\$ 1.520,26
52	377572	ANEL ELASTOMÉR ISOL PINO 15KV 50/150MM²	PC	R\$ 1,49
53	384450	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO 0,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
54	384451	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO 1,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
55	384452	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO 2,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
56	384453	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO 3,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
57	384454	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO 4,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
58	384455	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO 5,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
59	384456	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO 6,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
60	384457	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO 7,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
61	384458	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO 8,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
62	384459	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO 9,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
63	384460	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO D,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
64	384461	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO E,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
65	384462	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO I,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
66	384463	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO P,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
67	384465	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO R,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
68	384464	ANILHA,IDENTIFICAÇÃO CABO S,PVC,FLEXÍVEL	PC	R\$ 136,61
69	020099	APARELHO TESTE BASTÃO/VARA	PC	R\$ 2.316,34
70	701100	APOIO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO	US	R\$69,96
71	701101	APOIO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO P/ OBRAS	US	R\$72,81
72	002980	ARAME DE AÇO, DIÂMETRO 2,76MM (12 BWG)	K G	R\$16,38
73	011874	ARCO SERRA CROMADO 305MM	PC	R\$ 8,28
74	237230	ARMAÇÃO SECUNDÁRIA 1 ESTRIBO	PC	R\$18,71
75	237248	ARMAÇÃO SECUNDÁRIA 2 ESTRIBOS	PC	R\$34,40
76	375780	ARMÁRIO FOTOVOLTAICO PODER PÚBLICO 2	PC	R\$ 1.089,51
77	299560	ARO E TAMPA ARTICULADA CAIXA ZA PASSEIO	CJ	R\$82,17
78	299529	ARO E TAMPA ARTICULADA CAIXA ZB PASSEIO	CJ	R\$ 618,10
79	297341	ARO E TAMPA ARTICULADA CAIXA ZB PISTA	CJ	R\$ 554,64
80	299578	ARO E TAMPA CAIXA ZC PASSEIO	CJ	R\$ 1.330,59
81	299545	ARO E TAMPA CAIXA ZC PISTA	CJ	R\$ 1.741,45
82	379757	ARO E TAMPA CAIXA ZD PISTA	CJ	R\$ 2.469,84
83	299552	ARO E TAMPA POÇOS XA E XB	CJ	R\$ 4.013,80
84	075721	ARRUELA QUADRADA 38X18X3MM	PC	R\$ 0,91
85	075713	ARRUELA QUADRADA M12 32X14X3MM	PC	R\$ 0,26
86	267591	ATUADOR QUIMICO SECCIONALIZADOR 15KV	PC	R\$58,67
87	246942	AUTOTRANSFORMADOR AUXILIAR 300VA 120/115	PC	R\$ 250,80
88	081273	BANDEIROLA SINALIZAÇÃO 300X300MM	PC	R\$ 6,50
89	377118	BARRAMENTO DERIVAÇÃO ISOLADO 3 PÓLOS 1KV	PC	R\$66,11
90	377119	BARRAMENTO DERIVAÇÃO ISOLADO 5 PÓLOS 1KV	PC	R\$ 478,42
91	377120	BARRAMENTO DERIVAÇÃO ISOLADO 8 PÓLOS 1KV	PC	R\$ 224,26
92	378708	BARRAMENTO ISOLADO CABO AL/CU 240MM² 1KV	PC	R\$ 9.528,90
93	231704	BARRAMENTO QUADRIplex BQX 200A 15KV	PC	R\$ 1.431,65
94	327783	BARRAMENTO QUADRIplex BQX 600A 15KV	PC	R\$ 1.335,43
95	229864	BARRAMENTO TRIPLEX BTX 200A 15KV	PC	R\$ 521,47
96	230987	BARRAMENTO TRIPLEX BTX 600A 15KV	PC	R\$ 496,70
97	378871	BARRAMENTO QUADRIplex BQX-L 200A 26,3KV	PC	R\$ 1.418,23
98	378867	BARRAMENTO TRIPLEX BTX-L 200A 26,3KV	PC	R\$ 729,03
99	309799	BASE UNIPOLAR PARA FUSÍVEL DIAZED 35-63A	PC	R\$ 5,24
100	265876	BASTÃO AMARRAÇÃO GANCHO LÂMINA ROTATIVA	PC	R\$ 461,73
101	288878	BASTÃO ATERRAMENTO COM DETETOR DE TENSÃO	PC	R\$ 776,76

102	020438	BASTÃO CATRACA TENSOR ISOLADO 34,5KV	PC	R\$ 2.325,66
103	282616	BASTÃO MANOBRA ELEMENTO INTERMEDIÁRIO	PC	R\$65,03
104	289033	BASTÃO MANOBRA ELEMENTO PUNHO	PC	R\$46,30
105	081281	BASTÃO PARA BANDEIRA SINALIZAÇÃO	PC	R\$ 2,63
106	018366	BASTÃO PARA SECCIONAMENTO REDE 25X580MM	PC	R\$85,19
107	019703	BASTÃO PARA VOLT-AMPERÍMETRO 32X1795MM	PC	R\$ 253,80
108	019612	BASTÃO PEGA-TUDO 32X1975MM	PC	R\$ 243,58
109	266841	BASTÃO PEGA-TUDO 32X2600MM	PC	R\$ 474,24
110	019620	BASTÃO PRENDEDOR DE CONDUTOR 32X1800MM	PC	R\$ 2.400,00
111	019638	BASTÃO PRENDEDOR DE CONDUTOR 32X2400MM	PC	R\$ 417,39
112	019646	BASTÃO PUNHO COM ALICATE 32X1170MM	PC	R\$96,00
113	019653	BASTÃO SUPORTE COM GARRA 38X2605MM	PC	R\$ 1.205,28
114	019661	BASTÃO SUPORTE COM GARRA 38X3210MM	PC	R\$ 1.037,31
115	019679	BASTÃO SUPORTE COM GARRA 64X3775MM	PC	R\$ 2.816,79
116	020420	BASTÃO TENAZ AJUSTÁVEL PARA ISOLADOR	PC	R\$ 291,61
117	019687	BASTÃO TRAÇÃO COM ESPIRAL 32X680MM	PC	R\$ 456,34
118	017632	BASTÃO TRAÇÃO COM TORNIQUETE 32X1425MM	PC	R\$ 774,25
119	018341	BASTÃO TRAÇÃO PARA MOITÃO 30X1425MM	PC	R\$ 310,82
120	019695	BASTÃO UNIVERSAL 2 CABEÇOTES 32X2550MM	PC	R\$ 192,17
121	375736	BATERIA ESTACIONÁRIA 105AH 12V	PC	R\$ 283,84
122	337659	BATERIA PARTIDA 100AH 12V	PC	R\$ 438,62
123	380644	BLINDAGEM SEC 370X570MM TRANSF 3F BT ZERO	PC	R\$ 260,00
124	079798	BOLSA DE LONA PARA LUVAS	PC	R\$20,07
125	079814	BOLSA DE VAQUETA PARA FERRAMENTAS	PC	R\$ 233,16
126	076778	BOTA CAMPANHA 37	PR	R\$ 162,74
127	076794	BOTA CAMPANHA 38	PR	R\$ 162,74
128	076810	BOTA CAMPANHA 39	PR	R\$ 162,74
129	076836	BOTA CAMPANHA 40	PR	R\$ 162,74
130	076851	BOTA CAMPANHA 41	PR	R\$ 162,74
131	327692	BRAÇADEIRA AMARRAR CABO MULTIPLEXADO BT	PC	R\$ 0,79
132	365208	BRAÇADEIRA AUTO-TRAVANTE 101MM BRANCA	PC	R\$ 0,04
133	373324	BRAÇADEIRA AUTO-TRAVANTE 151MM BRANCA	PC	R\$ 0,05
134	082255	BRAÇADEIRA AUTO-TRAVANTE 277MM PRETA	PC	R\$ 0,20
135	082123	BRAÇADEIRA AUTO-TRAVANTE 395MM PRETA	PC	R\$ 0,32
136	380749	BRAÇADEIRA SUPORTE CABO ISOLADO 400MM	CJ	R\$ 145,20
137	380747	BRAÇADEIRA SUPORTE CABO ISOLADO 50/120MM	CJ	R\$77,17
138	380748	BRAÇADEIRA SUPORTE CABO ISOLADO120/185MM	CJ	R\$73,06
139	078030	BRAÇADEIRA TIPO U CABO ISOLADO DN 27,5MM	CJ	R\$ 4,09
140	306936	BRAÇADEIRA TIPO U CABO ISOLADO DN 34MM	PC	R\$ 4,66
141	306944	BRAÇADEIRA TIPO U CABO ISOLADO DN 49MM	PC	R\$ 5,27
142	306845	BRAÇADEIRA TIPO U CABO ISOLADO DN 61MM	PC	R\$ 6,23
143	328138	BRAÇO ANTI-BALANÇO PARA RDAP 15KV	PC	R\$18,64
144	372729	BRAÇO ANTI-BALANÇO PARA RDAP 36,2KV	PC	R\$38,32
145	231712	BRAÇO COM GRAMPO CABO CAL70MM <sup>2</sup> /AÇO9,5MM	CJ	R\$47,12
146	214619	BRAÇO COM GRAMPO SUSPENSÃO CABO CAL70MM <sup>2</sup>	CJ	R\$37,88
147	214684	BRAÇO PARA IP PARA ÁREA ARBORIZADA	PC	R\$65,94
148	258905	BRAÇO PARA IP TIPO CURTO	PC	R\$19,44
149	258921	BRAÇO PARA IP TIPO MÉDIO	PC	R\$78,22
150	258939	BRAÇO PARA IP TIPO PESADO	PC	R\$97,03
151	211789	BRAÇO SUPORTE TIPO C RDP 15KV	PC	R\$ 146,36
152	212704	BRAÇO SUPORTE TIPO C RDP 25KV E 36,2KV	PC	R\$ 166,69
153	357255	BRAÇO SUPORTE TIPO J RDP 15KV A 36,2KV	PC	R\$ 486,42
154	211771	BRAÇO SUPORTE TIPO L RDP 13,8KV	PC	R\$88,00
155	212712	BRAÇO SUPORTE TIPO L RDP 34,5KV	PC	R\$94,13

156	365971	BUCHA AÇO PARA LUVOS 145X110X186MM	PC	R\$ 4,00
157	299859	BUCHA ALUMÍNIO 1" PARA ELETRODUTO	PC	R\$ 0,32
158	365270	BUCHA EXPANSÃO NYLON 6MM	PC	R\$ 0,04
159	079525	BUCHA EXPANSÃO NYLON 8MM	PC	R\$ 0,11
160	374554	BUCHA REDUÇÃO 2.1/2X2" PORCA-ARRUELA	CJ	R\$ 2,22
161	374555	BUCHA REDUÇÃO 2X1.1/2" PORCA-ARRUELA	CJ	R\$ 1,75
162	374556	BUCHA REDUÇÃO 3.1/2X2.1/2" PORCA-ARRUELA	CJ	R\$ 8,39
163	096735	CABEÇOTE HIDRÁULICO FORÇA 12T MATRIZ Y35	PC	R\$ 5.976,02
164	288795	CABEÇOTE MANOBRA PARA BASTÃO UNIVERSAL	PC	R\$87,56
165	288746	CABEÇOTE MANOBRA PARA GRAMPO ATERRAMENTO	PC	R\$26,43
166	298687	CABEÇOTE PARA ELETRODUTO 1"	PC	R\$ 1,98
167	298703	CABEÇOTE PARA ELETRODUTO 1.1/2"	PC	R\$ 5,08
168	372662	CABEÇOTE PARA ELETRODUTO 1.1/4"	PC	R\$ 4,27
169	372663	CABEÇOTE PARA ELETRODUTO 2"	PC	R\$ 3,72
170	298745	CABEÇOTE PARA ELETRODUTO 3"	PC	R\$ 0,02
171	383338	CABO 1X240MM² CL 2 AL XLPE BLIND 20/35KV	M	R\$30,00
172	377122	CABO 3ALX35MM²+1CUX35MM² CONCÊNTRICO 1KV	M	R\$17,62
173	380274	CABO AÇO 1/0 (10,5MM) ALUMINIZADO	M	R\$20,00
174	377443	CABO AÇO 3N5 (9,93MM) ALUMINIZADO	KG	R\$21,90
175	002964	CABO AÇO HS 3/8' (9,5MM) 7 FIOS	KG	R\$24,57
176	002931	CABO AÇO SM 1/4" (6,4MM) 7 FIOS	KG	R\$25,90
177	225698	CABO AL 1X120MM² ISOLADO 15KV	M	R\$20,36
178	225664	CABO AL 1X120MM² ISOLADO 1KV	M	R\$15,38
179	380856	CABO AL 1X150MM² DUPLO PROTEGIDO 15KV	M	R\$27,14
180	231530	CABO AL 1X150MM² PROTEGIDO 15KV	M	R\$10,82
181	224204	CABO AL 1X150MM² PROTEGIDO 25KV	M	R\$29,99
182	380272	CABO AL 1X150MM² PROTEGIDO 25KV DUPLA CAMADA	M	R\$20,00
183	374438	CABO AL 1X150MM² PROTEGIDO 34,5KV	M	R\$42,00
184	225623	CABO AL 1X16MM² ISOLADO 1KV	M	R\$ 0,99
185	225730	CABO AL 1X185MM² ISOLADO 25KV	M	R\$79,01
186	375521	CABO AL 1X1X50MM²+3/8" ISOLADO 15KV	M	R\$17,47
187	225706	CABO AL 1X240MM² ISOLADO 15KV	M	R\$25,67
188	225672	CABO AL 1X240MM² ISOLADO 1KV	M	R\$14,94
189	380273	CABO AL 1X240MM² PROTEGIDO 15KV	M	R\$20,00
190	225631	CABO AL 1X25MM² ISOLADO 1KV	M	R\$ 0,94
191	225714	CABO AL 1X400MM² ISOLADO 15KV	M	R\$45,16
192	380855	CABO AL 1X50MM² DUPLO PROTEGIDO 15KV	M	R\$12,26
193	225680	CABO AL 1X50MM² ISOLADO 15KV	M	R\$11,02
194	225649	CABO AL 1X50MM² ISOLADO 1KV	M	R\$ 2,08
195	225722	CABO AL 1X50MM² ISOLADO 25KV	M	R\$21,54
196	231548	CABO AL 1X50MM² PROTEGIDO 15KV	M	R\$ 4,53
197	224196	CABO AL 1X50MM² PROTEGIDO 25KV	M	R\$14,25
198	380271	CABO AL 1X50MM² PROTEGIDO 25KV DUPLA CAMADA	M	R\$10,00
199	225656	CABO AL 1X70MM² ISOLADO 1KV	M	R\$ 4,89
200	373007	CABO AL 1X70MM² PROTEGIDO 34,5KV	M	R\$16,72
201	378393	CABO AL 3X1X120MM²+3/8" ISOLADO 15KV	M	R\$56,94
202	327775	CABO AL 3X1X120MM²+3/8" ISOLADO 25KV	M	R\$ 128,19
203	378394	CABO AL 3X1X185MM²+3/8" ISOLADO 15KV	M	R\$93,34
204	921392	CABO AL 3X1X185MM²+3/8" ISOLADO 35KV	M	R\$ 198,00
205	378395	CABO AL 3X1X50MM²+3/8" ISOLADO 15KV	M	R\$65,60
206	327718	CABO AL 3X1X50MM²+3/8" ISOLADO 25KV	M	R\$85,71
207	375967	CABO AL 3X1X70MM²+3/8" ISOLADO 35KV	M	R\$71,92
208	220400	CABO CA 107MM² (4/0AWG)	KG	R\$20,42
209	220673	CABO CA 170MM² (336,4MCM)	KG	R\$15,59

210	226209	CABO CA 1X1X16+16MM <sup>2</sup> DUPLEX 1KV	M	R\$ 2,29
211	226191	CABO CA 2X1X16+16MM <sup>2</sup> TRIPLEX 1KV	M	R\$ 3,34
212	376198	CABO CA 2X1X25+25MM <sup>2</sup> TRIPLEX 1KV	M	R\$ 3,24
213	226092	CABO CA 2X1X35+70MM <sup>2</sup> TRIPLEX 1KV	M	R\$ 9,44
214	231589	CABO CA 2X1X70+70MM <sup>2</sup> TRIPLEX 1KV	M	R\$12,69
215	220475	CABO CA 34MM <sup>2</sup> (2AWG)	KG	R\$18,25
216	226365	CABO CA 3X1X120+70MM <sup>2</sup> QUADRUPLEX 1KV	M	R\$26,79
217	226142	CABO CA 3X1X16+16MM <sup>2</sup> QUADRUPLEX 1KV	M	R\$ 4,69
218	226084	CABO CA 3X1X35+70MM <sup>2</sup> QUADRUPLEX 1KV	M	R\$12,06
219	226373	CABO CA 3X1X70+70MM <sup>2</sup> QUADRUPLEX 1KV	M	R\$17,18
220	220434	CABO CA 53MM <sup>2</sup> (1/0AWG)	KG	R\$30,56
221	220392	CABO CAA 107MM <sup>2</sup> (4/0AWG)	KG	R\$18,17
222	220368	CABO CAA 170MM <sup>2</sup> (336,4MCM)	KG	R\$19,83
223	220483	CABO CAA 21MM <sup>2</sup> (4AWG)	KG	R\$18,42
224	920985	CABO CAA 21MM <sup>2</sup> PROTEGIDO 15KV	M	R\$ 5,00
225	220467	CABO CAA 34MM <sup>2</sup> (2AWG)	KG	R\$19,65
226	220418	CABO CAA 53MM <sup>2</sup> (1/0AWG)	KG	R\$17,43
227	225979	CABO CU 1X1,5MM <sup>2</sup> ISOLADO 105° PRETO 750V	M	R\$ 0,92
228	225615	CABO CU 1X1,5MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$ 0,50
229	225961	CABO CU 1X1,5MM <sup>2</sup> ISOLADO 200° 750V	M	R\$ 2,39
230	225987	CABO CU 1X1,5MM <sup>2</sup> ISOLADO 750V	M	R\$ 1,31
231	225383	CABO CU 1X120MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$26,62
232	225755	CABO CU 1X120MM <sup>2</sup> ISOLADO 750V	M	R\$19,99
233	225342	CABO CU 1X150MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$ 9,43
234	225813	CABO CU 1X16MM <sup>2</sup> ISOLADO 750V	M	R\$ 3,47
235	225896	CABO CU 1X2,5MM <sup>2</sup> ISOLADO 750V	M	R\$ 0,92
236	225326	CABO CU 1X240MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$ 193,15
237	225797	CABO CU 1X25MM <sup>2</sup> ISOLADO INCOLOR 750V	M	R\$11,02
238	225433	CABO CU 1X35MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$ 6,39
239	225789	CABO CU 1X35MM <sup>2</sup> ISOLADO 750V	M	R\$ 6,69
240	225771	CABO CU 1X50MM <sup>2</sup> ISOLADO 750V	M	R\$10,36
241	225854	CABO CU 1X6MM <sup>2</sup> ISOLADO 750V	M	R\$ 0,74
242	225391	CABO CU 1X70MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$55,59
243	225763	CABO CU 1X95MM <sup>2</sup> ISOLADO 750V	M	R\$18,02
244	225508	CABO CU 2X10MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$ 6,18
245	222125	CABO CU 2X2,5MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$ 1,99
246	225581	CABO CU 2X4MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$ 2,99
247	225540	CABO CU 2X6MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$ 4,49
248	019711	CABO CU 34MM <sup>2</sup> (2AWG) ISOLADO 15KV	M	R\$98,89
249	219873	CABO CU 35MM <sup>2</sup> MEIO DURO NU	KG	R\$21,66
250	377185	CABO CU 3X1X50MM <sup>2</sup> +50MM <sup>2</sup> CONCÊNTRICO 1KV	M	R\$63,36
251	225532	CABO CU 3X6MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$ 4,60
252	225565	CABO CU 4X4MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$ 5,24
253	219857	CABO CU 70MM <sup>2</sup> MEIO DURO NU	KG	R\$91,70
254	383198	CABO MONOFÁSICO 1ALX16+1AL16 CONCENTRICO	M	R\$ 4,92
255	384705	CABO MONOFÁSICO 1ALX25+1AL25 CONCENTRICO	M	R\$10,00
256	219816	CABO CU 1X50MM <sup>2</sup> ISOLADO 1KV	M	R\$10,76
257	384302	CABO,CONDUTOR,2ALX10+1AL10MM <sup>2</sup> ,CONCÊNTRICO, BT	M	R\$10,00
258	079160	CADEADO 35MM HASTE NORMAL	PC	R\$ 5,40
259	299313	CAIXA DE AÇO 100X50MM PARA INTERRUPTOR	PC	R\$ 0,50
260	377123	CAIXA DERIVAÇÃO P/ RDC CABOS 25 E 35MM <sup>2</sup> 0,6/1KV	PC	R\$ 873,14
261	364668	CAIXA DERIVAÇÃO RSS 30CM ITEM 1	PC	R\$ 344,00
262	364669	CAIXA DERIVAÇÃO RSS 60CM ITEM 2	PC	R\$ 183,40
263	375493	CAIXA LIGAÇÃO PVC TAMPA CEGA	PC	R\$ 2,96

264	302299	CAIXA MEDIÇÃO DIRETA CM-2	PC	R\$91,89
265	377424	CAIXA MEDIÇÃO ELETRÔNICA CONCENTRADORA RDC	PC	R\$ 1.581,24
266	377435	CAIXA MEDIÇÃO ELETRÔNICA IND CONCENTRADORA RDC	PC	R\$ 2.975,36
267	309286	CAIXA MEDIÇÃO INDIRETA CM-3	CJ	R\$ 139,51
268	254417	CAIXA PASSAGEM BT 1875A PARA TRANSFORMADOR	PC	R\$ 8.788,50
269	254425	CAIXA PASSAGEM BT 2925A PARA TRANSFORMADOR	PC	R\$19.803,96
270	375557	CAMISA,MANGAS COMPRIDAS,G,TECIDO RESIST A CHAMA	PC	R\$ 116,00
271	307249	CANALETA 2,1M	PC	R\$75,87
272	375472	CANALETA 20X10X2000MM	PC	R\$ 1,67
273	375492	CANALETA 25X25X2000MM	PC	R\$19,17
274	011817	CANIVETE PARA ELETRICISTA 100MM	PC	R\$18,06
275	223818	CANTONEIRA RETA PARA BRAÇO TIPO C RDP	PC	R\$97,45
276	080960	CAPACETE SEGURANÇA AMARELO CLASSE B	PC	R\$39,34
277	284992	CAPACITOR 15KV 100KVAR	PC	R\$ 2.483,15
278	285007	CAPACITOR 15KV 200KVAR	PC	R\$ 3.942,38
279	379289	CAPACITOR 15KV 50KVAR	PC	R\$ 715,56
280	285015	CAPACITOR 25KV 100KVAR	PC	R\$ 1.453,41
281	285023	CAPACITOR 25KV 200KVAR	PC	R\$ 649,25
282	261214	CAPACITOR RECUPERÁVEL	PC	R\$10,38
283	008219	CARRETILHA 75DAN PARA CORDA 13MM	PC	R\$ 135,77
284	044701	CARRETILHA DUPLA AÇÃO	PC	R\$ 367,32
285	231860	CARTUCHO AZUL DE APLICAÇÃO DE CONETOR DE CUNHA	PC	R\$ 5,01
286	231878	CARTUCHO VERMELHO DE EXTRAÇÃO DE CONETOR DE CUNHA	PC	R\$ 4,84
287	018606	CESTA PARA FERRAMENTA FIBRA DE VIDRO	PC	R\$ 219,75
288	375418	CHAPA FIXAÇÃO CHAVE FACA BRAÇO J	PC	R\$23,69
289	237727	CHAPA PARA ÂNCORA 320X320MM	PC	R\$47,28
290	237719	CHAPA PARA ESTAI	PC	R\$12,11
291	383208	CHAPA UNIÃO PARA SUPORTE BANDEIRA VERTICAL	PC	R\$11,57
292	356865	CHASSI 410MM PARA PLACAS DE IDENTIFICAÇÃO	PC	R\$13,16
293	306225	CHAVE AFERIÇÃO 600V 20A	PC	R\$ 219,32
294	005405	CHAVE AJUSTÁVEL INGLESA 250MM	PC	R\$13,62
295	005421	CHAVE AJUSTÁVEL INGLESA 43X380MM	PC	R\$79,01
296	005397	CHAVE AJUSTÁVEL PARA PORCA 200X23MM	PC	R\$ 149,86
297	005371	CHAVE AJUSTÁVEL PARA TUBO 300X44MM	PC	R\$55,93
298	005348	CHAVE CANHÃO 3/8P	PC	R\$ 131,03
299	005355	CHAVE CANHÃO 7/16P	PC	R\$ 207,16
300	328104	CHAVE CATRACA PARA CONETOR DE PERFURAÇÃO	PC	R\$ 313,93
301	285031	CHAVE COMANDO CAPACITOR MONOFÁSICO	PC	R\$ 141,37
302	374388	CHAVE FACA MONOPOLAR 15KV 300A	CJ	R\$ 325,56
303	377508	CHAVE FACA MONOPOLAR 36,2KV 630A	PC	R\$ 308,66
304	260430	CHAVE FACA RECUPERÁVEL	PC	R\$13,50
305	273417	CHAVE FACA UNIPOLAR 15KV 630A	PC	R\$ 569,73
306	273599	CHAVE FACA UNIPOLAR 24,2KV 630A	PC	R\$ 657,38
307	005298	CHAVE FENDA 0,5X3X100MM	PC	R\$12,71
308	005306	CHAVE FENDA 0,8X5,5X125MM	PC	R\$18,77
309	005314	CHAVE FENDA 1X6,5X150MM	PC	R\$26,59
310	270439	CHAVE FUSÍVEL 15KV COM PORTA FUSÍVEL 100A 7,1KA	PC	R\$ 182,46
311	270488	CHAVE FUSÍVEL 15KV PF 200A 7,1 KA	PC	R\$ 185,25
312	270546	CHAVE FUSÍVEL 24KV PF 100A 4,5 KA	PC	R\$ 236,90
313	375257	CHAVE FUSÍVEL 36,2KV 100A 3,5KA	PC	R\$ 253,81
314	375744	CHAVE FUSÍVEL 36/15KV 200A 10KA	PC	R\$ 1.804,23
315	293316	CHAVE FUSÍVEL REPETIDORA MONOFÁSICA 15KV 7,1KA	PC	R\$ 828,21
316	375461	CHAVE FUSÍVEL REPETIDORA MONOFÁSICA 24,2KV 4,5KA	PC	R\$ 1.022,27
317	379290	CHAVE MONOPOLAR P/ COMANDO DE CAPACITOR,200A,15KV.	PC	R\$ 2.738,01

318	379479	CHAVE MONOPOLAR P/ COMANDO DE CAPACITOR,200A,24KV.	PC	R\$ 6.825,00
319	355144	CHAVE RDS 15KV 200A 2 VIAS 1 CHAVE AUTOMATIZADA	PC	R\$ 140.388,75
320	379389	CHAVE RDS 15KV 200A 2 VIAS 1 CHAVES 1 INTERUP AUTO	PC	R\$ 197.012,27
321	328658	CHAVE RDS 15KV 200A 3 VIAS 3 CHAVES 1 INTERUP AUTO	PC	R\$ 654.306,13
322	379388	CHAVE RDS 15KV 600A 2 VIAS 1 CHAVES 1 INTERUP AUTO	PC	R\$ 195.495,94
323	379449	CHAVE RDS 15KV 600A 2 VIAS 2 CHAVES AUTOMATIZADA	PC	R\$ 161.718,21
324	379390	CHAVE RDS 15KV 600A 3 VIAS 3 CHAVES 1 INTERUP AUTO	PC	R\$ 309.092,04
325	327809	CHAVE RDS 15KV 600A 3 VIAS 3 CHAVES AUTOMATIZADA	PC	R\$ 257.379,07
326	379387	CHAVE RDS 15KV 600A 4 VIAS 4 CHAVES 2 INTERUP AUTO	PC	R\$ 318.691,10
327	375438	CHAVE RDS 24KV 200A 2 VIAS 1 CHAVE	PC	R\$37.696,67
328	375439	CHAVE RDS 24KV 200A 2 VIAS 1 CHAVE 1 INTERUP	PC	R\$90.764,73
329	378147	CHAVE RDS 24KV 200A 2 VIAS 1 CHAVE 1 INTERUP NSUB	PC	R\$70.000,00
330	378146	CHAVE RDS 24KV 200A 2 VIAS 1 CHAVE NSUB	PC	R\$50.000,00
331	375440	CHAVE RDS 24KV 200A 3 VIAS 3 CHAVES 1 INTERUP	PC	R\$93.154,81
332	360945	CHAVE RDS 24KV 200A 3 VIAS 3 CHAVES 1 INTERUP AUTO	PC	R\$ 305.871,86
333	378148	CHAVE RDS 24KV 200A 3 VIAS 3 CHAVES 1 INTERUP NSUB	PC	R\$ 100.000,00
334	377285	CHAVE RDS 24KV 600A 3 VIAS 3 CHAVES 1 INTERUP	PC	R\$92.376,94
335	328674	CHAVE RDS 24KV 600A 3 VIAS 3 CHAVES 1 INTERUP AUTO	PC	R\$ 220.403,53
336	378149	CHAVE RDS 24KV 600A 3 VIAS 3 CHAVES 1 INTERUP NSUB	PC	R\$ 100.000,00
337	375724	CHAVE RDS 24KV 600A 4 VIAS 4 CHAVES 2 INTERUP	PC	R\$ 121.075,83
338	378150	CHAVE RDS 24KV 600A 4 VIAS 4 CHAVES 2 INTERUP NSUB	PC	R\$ 120.000,00
339	379504	CHAVE RDS 24KV 600A 6 VIAS 6 CHAVES 5INT	PC	R\$ 270.374,96
340	273615	CHAVE SECA 630A 24KV	PC	R\$ 1.545,07
341	289389	CHAVE SF6 RDP 24KV 630A	PC	R\$ 7.877,65
342	293043	CHAVE TRIPOLAR 15KV 630A	PC	R\$ 8.884,94
343	380512	CHAVE,FUSÍVEL,BASE POLIMÉRICA 300A,15KV,	PC	R\$ 138,69
344	214650	CHICOTE DUPLO 2,5M PARA IP POSTE AÇO OCTOGONAL	PC	R\$ 422,49
345	376524	CHICOTE DUPLO 3M PARA IP POSTE AÇO OCTOGONAL 14M	PC	R\$ 412,05
346	214643	CHICOTE SIMPLES 2,5M PARA IP POSTE AÇO OCTOGONAL	PC	R\$ 247,49
347	376527	CHICOTE SIMPLES 3M PARA IP POSTE AÇO OCTOGONAL 14M	PC	R\$ 394,04
348	900505	CIMENTO CP-II-E32 50KG	PC	R\$12,73
349	375747	CINTA 102MM PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO	PC	R\$ 4,10
350	236802	CINTA DE AÇO D 140MM	PC	R\$14,18
351	236810	CINTA DE AÇO D 150MM	PC	R\$14,75
352	236828	CINTA DE AÇO D 160MM	PC	R\$ 2,21
353	236836	CINTA DE AÇO D 170MM	PC	R\$15,72
354	236844	CINTA DE AÇO D 180MM	PC	R\$18,28
355	236851	CINTA DE AÇO D 190MM	PC	R\$19,39
356	236869	CINTA DE AÇO D 200MM	PC	R\$20,05
357	236877	CINTA DE AÇO D 210MM	PC	R\$20,35
358	236885	CINTA DE AÇO D 220MM	PC	R\$21,41
359	236893	CINTA DE AÇO D 230MM	PC	R\$22,68
360	236901	CINTA DE AÇO D 240MM	PC	R\$25,78
361	236919	CINTA DE AÇO D 250MM	PC	R\$30,17
362	236927	CINTA DE AÇO D 260MM	PC	R\$24,84
363	236935	CINTA DE AÇO D 270MM	PC	R\$23,21
364	236943	CINTA DE AÇO D 280MM	PC	R\$25,42
365	236950	CINTA DE AÇO D 290MM	PC	R\$24,95
366	236968	CINTA DE AÇO D 300MM	PC	R\$26,13
367	236976	CINTA DE AÇO D 310MM	PC	R\$27,01
368	236984	CINTA DE AÇO D 320MM	PC	R\$28,02
369	236992	CINTA DE AÇO D 340MM	PC	R\$19,83
370	237016	CINTA DE AÇO D 360MM	PC	R\$19,73
371	237032	CINTA DE AÇO D 380MM	PC	R\$17,13

372	019737	COBERTURA ISOLANTE FLEXÍVEL P/ CHAVE FUSÍVEL 20KV	PC	R\$ 2.402,62
373	019745	COBERTURA ISOLANTE FLEXÍVEL P/ CONDUTOR 20KV	PC	R\$ 789,14
374	039255	COBERTURA ISOLANTE FLEXÍVEL P/ CONDUTOR 30KV	PC	R\$ 652,41
375	019760	COBERTURA ISOLANTE FLEXÍVEL P/ ISOLADOR PINO	PC	R\$ 868,24
376	019778	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA P/ CHAVE FACA 27KV	PC	R\$ 243,88
377	019786	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA P/ CHAVE FUSÍVEL 15KV	PC	R\$ 234,07
378	019794	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA P/ CONDUTOR 25KV	PC	R\$ 114,83
379	020503	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA P/ CONDUTOR 46KV	PC	R\$ 698,73
380	019802	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA P/ CRUZETA 34,5KV	PC	R\$94,55
381	019810	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA P/ ISOLADOR DISCO 25KV	PC	R\$ 167,09
382	019836	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA P/ ISOLADOR PINO 25KV	PC	R\$ 205,80
383	083469	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA P/ ISOLADOR PINO 46KV	PC	R\$ 329,16
384	019844	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA POSTE 20KV 150X300MM	PC	R\$43,46
385	019851	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA POSTE 20KV 150X600MM	PC	R\$83,49
386	019869	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA POSTE 34,5KV 230X1200MM	PC	R\$ 209,04
387	019877	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA POSTE 34,5KV 230X1800MM	PC	R\$ 236,16
388	018424	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA POSTE 34,5KV 230X600MM	PC	R\$ 310,46
389	019885	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA POSTE 34,5KV 300X1200MM	PC	R\$ 134,40
390	019901	COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA POSTE 34,5KV 300X1800MM	PC	R\$ 259,90
391	003376	COBERTURA PROTETORA MT P/ CABO CA 1/0AWG 15KV	M	R\$75,62
392	364562	COBERTURA PROTETORA MT P/ CONETOR RDP 15 E 25KV	PC	R\$10,11
393	375058	COBERTURA PROTETORA P/ BCH BT TRANSFORMADOR ITEM 1	PC	R\$ 9,39
394	375056	COBERTURA PROTETORA P/ BCH BT TRANSFORMADOR ITEM 2	PC	R\$11,52
395	352697	COBERTURA PROTETORA P/ CABO CAA 336MCM 15KV	M	R\$25,91
396	360874	COBERTURA PROTETORA P/ ISOLADOR PINO 15KV	PC	R\$ 120,48
397	039586	COBERTURA PROTETORA PARA BUCHA DE EQUIPAMENTO	PC	R\$ 9,50
398	039479	COLAR DE 38MM COM ARGOLA	PC	R\$ 212,22
399	260653	COLARINHO COM ALÇA PARA BASTÃO	PC	R\$49,02
400	019919	COLARINHO PARA MOITÃO 64MM	PC	R\$ 199,38
401	019935	COLARINHO PARA SUPORTE BASTÃO 64MM	PC	R\$ 329,28
402	019950	COLOCADOR DE CONTRAPINO	PC	R\$79,75
403	383473	CONCENTRADOR, PRIMÁRIO, P/LEITURA MEDIDORES	PC	R\$15.000,00
404	383474	CONCENTRADOR, SECUNDÁRIO, P/LEITURA MEDIDORES	PC	R\$ 3.000,00
405	081299	CONE 280X750MM PARA SINALIZAÇÃO	PC	R\$ 180,69
406	372673	CONECTOR TERMINAL COMPRESSÃO CU 240MM²	PC	R\$33,96
407	378810	CONECTOR TERMINAL P/ BUCHA, 150 MM², RETO, COMPRESSÃO	PC	R\$12,14
408	378809	CONECTOR TERMINAL P/ BUCHA, 50 MM², RETO, COMPRESSÃO	PC	R\$10,74
409	383912	CONECTOR, DERIVAÇÃO, PERF., LIMITADOR DE CARGA, 2A	PC	R\$35,80
410	383913	CONECTOR, DERIVAÇÃO, PERF., LIMITADOR DE CARGA, 6A	PC	R\$38,50
411	378852	CONECTOR, PERFURAÇÃO, AL/CU, 120-240/10-35MM², RDS.	PC	R\$46,38
412	378855	CONECTOR, PERFURAÇÃO, AL/CU, 120-240/120-240MM², RDS.	PC	R\$ 181,40
413	378853	CONECTOR, PERFURAÇÃO, AL/CU, 120-240/25-50MM², RDS.	PC	R\$71,88
414	378854	CONECTOR, PERFURAÇÃO, AL/CU, 120-240/50-70MM², RDS.	PC	R\$ 116,71
415	378849	CONECTOR, PERFURAÇÃO, AL/CU, 16-70/1,5-6MM², RDS.	PC	R\$23,24
416	378850	CONECTOR, PERFURAÇÃO, AL/CU, 16-70/16-25MM², RDS.	PC	R\$34,21
417	378851	CONECTOR, PERFURAÇÃO, AL/CU, 50-70/50-70MM², RDS.	PC	R\$50,62
418	228619	CONETOR ATERRAMENTO CU 25-70MM² AÇO 6,4-9,5MM	PC	R\$11,58
419	228585	CONETOR ATERRAMENTO CU 25-70MM² AÇO 8-9,5MM	PC	R\$21,21
420	230052	CONETOR BORNE PARA CU 6MM²	PC	R\$ 0,54
421	230615	CONETOR COM LUVA ISOLANTE 120MM²	PC	R\$34,23
422	230565	CONETOR COM LUVA ISOLANTE 16MM²	PC	R\$33,22
423	230557	CONETOR COM LUVA ISOLANTE 2,5-10MM²	PC	R\$ 101,72
424	230623	CONETOR COM LUVA ISOLANTE 240MM²	PC	R\$ 105,42



425	230573	CONETOR COM LUVA ISOLANTE 25MM <sup>2</sup>	PC	R\$33,27
426	230581	CONETOR COM LUVA ISOLANTE 50MM <sup>2</sup>	PC	R\$52,36
427	230599	CONETOR COM LUVA ISOLANTE 70MM <sup>2</sup>	PC	R\$45,03
428	365698	CONETOR COMPRESSÃO OLHAL CABO 10MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 0,47
429	365699	CONETOR COMPRESSÃO OLHAL CABO 16MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 1,03
430	231787	CONETOR CUNHA AL 150-150MM <sup>2</sup>	PC	R\$18,89
431	231753	CONETOR CUNHA AL 150-50MM <sup>2</sup>	PC	R\$25,87
432	231811	CONETOR CUNHA AL 150MM <sup>2</sup> COM ESTRIBO	PC	R\$55,58
433	231795	CONETOR CUNHA AL 50MM <sup>2</sup> COM ESTRIBO	PC	R\$57,68
434	227850	CONETOR CUNHA CU ITEM 1	PC	R\$ 4,81
435	227868	CONETOR CUNHA CU ITEM 2	PC	R\$ 2,74
436	227876	CONETOR CUNHA CU ITEM 3	PC	R\$ 1,82
437	227884	CONETOR CUNHA CU ITEM 4	PC	R\$ 1,75
438	231670	CONETOR CUNHA CU ITEM 5	PC	R\$ 4,06
439	231696	CONETOR CUNHA CU ITEM 6	PC	R\$ 5,26
440	231688	CONETOR CUNHA CU ITEM 7	PC	R\$ 4,93
441	379680	CONETOR CUNHA CU ITEM 8	PC	R\$ 2,03
442	331710	CONETOR CUNHA ITEM 1 + COBERTURA ISOLANTE ITEM 1	PC	R\$ 6,14
443	331728	CONETOR CUNHA ITEM 2 + COBERTURA ISOLANTE ITEM 2	PC	R\$ 4,01
444	331736	CONETOR CUNHA ITEM 3 + COBERTURA ISOLANTE ITEM 3	PC	R\$ 2,75
445	331744	CONETOR CUNHA ITEM 4 + COBERTURA ISOLANTE ITEM 3	PC	R\$ 2,73
446	331751	CONETOR CUNHA ITEM 5 + COBERTURA ISOLANTE ITEM 4	PC	R\$ 1,20
447	331769	CONETOR CUNHA ITEM 6 + COBERTURA ISOLANTE ITEM 5	PC	R\$ 3,50
448	331777	CONETOR CUNHA ITEM 7 + COBERTURA ISOLANTE ITEM 1	PC	R\$ 5,00
449	224931	CONETOR DE BORNE PARA CU 16MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 7,53
450	362866	CONETOR DE COMPRESSÃO OLHAL 2,64-6,6MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 0,38
451	327726	CONETOR DE PERFURAÇÃO 10-70MM <sup>2</sup> /6-35MM <sup>2</sup> 183A	PC	R\$ 8,92
452	379679	CONETOR DE PERFURAÇÃO 35-120MM <sup>2</sup> /1,5-2,5MM <sup>2</sup> 25A	PC	R\$ 5,03
453	327759	CONETOR DE PERFURAÇÃO 70-120MM <sup>2</sup> /10-35MM <sup>2</sup> 142A	PC	R\$ 8,92
454	327767	CONETOR DE PERFURAÇÃO 70-240MM <sup>2</sup> /16-120MM <sup>2</sup> 315A	PC	R\$16,40
455	227819	CONETOR FORMATO H IT 6 CAA 107-201MM <sup>2</sup> / 107-201MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 6,18
456	227769	CONETOR FORMATO H ITEM 1 CAA 13-34MM <sup>2</sup> / 13-34MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 1,31
457	227777	CONETOR FORMATO H ITEM 2 CAA 27-54MM <sup>2</sup> / 13-34MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 1,64
458	227785	CONETOR FORMATO H ITEM 3 CAA 42-67MM <sup>2</sup> / 42-67MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 2,80
459	227793	CONETOR FORMATO H ITEM 4 CAA 85-107MM <sup>2</sup> / 42-67MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 2,89
460	227801	CONETOR FORMATO H ITEM 5 CAA 85-107MM <sup>2</sup> / 85-107MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 2,37
461	227827	CONETOR FORMATO H ITEM 7 CAA 107-241MM <sup>2</sup> / 13-67MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 5,52
462	231175	CONETOR PARA ATERRAMENTO DE FERRAGENS DE IP	PC	R\$ 1,15
463	227983	CONETOR PARAFUSO FENDIDO CA/CU 50-95/10-95MM <sup>2</sup>	PC	R\$16,79
464	377357	CONETOR TERMINAL ATERRAMENTO TEMPORÁRIO DE CHAVE	PC	R\$ 8,95
465	020453	CONETOR TERMINAL BY-PASS CU 107MM <sup>2</sup> PARA LINHA VIVA	PC	R\$38,07
466	020446	CONETOR TERMINAL BY-PASS CU 34MM <sup>2</sup> PARA LINHA VIVA	PC	R\$36,96
467	227074	CONETOR TERMINAL COMP CA/CAA 107MM <sup>2</sup> /120MM <sup>2</sup> COMPACT	PC	R\$10,46
468	227058	CONETOR TERMINAL COMP CA/CAA 34MM <sup>2</sup> / 50MM <sup>2</sup> COMPACT	PC	R\$ 6,94
469	227066	CONETOR TERMINAL COMP CA/CAA 54MM <sup>2</sup> / 70MM <sup>2</sup> COMPACT	PC	R\$ 7,15
470	227090	CONETOR TERMINAL COMP CAA 170MM <sup>2</sup> / 40MM <sup>2</sup> COMPACT	PC	R\$10,13
471	231050	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO 150MM <sup>2</sup> COMPACT	PC	R\$14,00
472	338731	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO 16MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 2,44
473	231886	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO 1F 50MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 2,49
474	227389	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO 1F AÇO 6,4MM / 21MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 2,93
475	227348	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO 1F CABO AÇO 9,5MM	PC	R\$ 4,45
476	227082	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CA 170MM <sup>2</sup>	PC	R\$15,46
477	227041	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CA/CAA 21MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 1,97

478	227405	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CABO 240MM²	PC	R\$47,52
479	227454	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CABO PINO 120MM²	PC	R\$ 6,87
480	227462	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CABO PINO 185MM²	PC	R\$10,07
481	227470	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CABO PINO 240MM²	PC	R\$17,55
482	227488	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CABO PINO 400MM²	PC	R\$18,10
483	227447	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CABO PINO 50MM²	PC	R\$ 6,80
484	353201	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CU 120MM²	PC	R\$21,48
485	372668	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CU 150MM²	PC	R\$19,20
486	353196	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CU 16MM²	PC	R\$ 4,90
487	372671	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CU 185MM²	PC	R\$12,01
488	353197	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CU 25MM²	PC	R\$ 6,14
489	353198	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CU 35MM²	PC	R\$ 6,48
490	353199	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CU 50MM²	PC	R\$ 6,56
491	353200	CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CU 95MM²	PC	R\$ 7,37
492	220640	CONETOR, TERMINAL, 2 CABOS CAA 456,0MM²	PC	R\$ 0,01
493	231381	CONETOR,TERMINAL,CABO CA 400MM² COMPACTA	PC	R\$28,87
494	376793	CONETOR,TERMINAL,FIO AÇO ALUMINIZADO DN4,62MM 5AWG	PC	R\$ 0,34
495	380465	CONETOR,TERMINAL,MACHO,GIRATÓRIO,DN 2P (50,8MM)	PC	R\$18,00
496	019976	CONEXÃO ISOLANTE P/ COBERTURA FLEX CONDUTOR 20KV	PC	R\$24,61
497	039263	CONEXÃO ISOLANTE P/ COBERTURA FLEX CONDUTOR 30KV	PC	R\$ 538,93
498	043489	CONJUNTO ELEVAÇÃO CONDUTOR LINHA VIVA	CJ	R\$ 2.891,10
499	377833	CONJUNTO MEDIÇÃO EXTERNO C/MEDIDOR,15KV,TC 10:5A	CJ	R\$ 8.823,66
500	377843	CONJUNTO MEDIÇÃO EXTERNO C/MEDIDOR,15KV,TC 100:5A	CJ	R\$ 9.467,44
501	377835	CONJUNTO MEDIÇÃO EXTERNO C/MEDIDOR,15KV,TC 15:5A	CJ	R\$ 8.761,65
502	377844	CONJUNTO MEDIÇÃO EXTERNO C/MEDIDOR,15KV,TC 150:5A	CJ	R\$ 9.467,39
503	377845	CONJUNTO MEDIÇÃO EXTERNO C/MEDIDOR,15KV,TC 200:5A	CJ	R\$ 9.304,72
504	377841	CONJUNTO MEDIÇÃO EXTERNO C/MEDIDOR,15KV,TC 25:5A	CJ	R\$22.565,60
505	377832	CONJUNTO MEDIÇÃO EXTERNO C/MEDIDOR,15KV,TC 5:5A	CJ	R\$ 8.752,71
506	377842	CONJUNTO MEDIÇÃO EXTERNO C/MEDIDOR,15KV,TC 50:5A	CJ	R\$ 8.866,80
507	377839	CONJUNTO MEDIÇÃO EXTERNO C/MEDIDOR,25KV,TC 400:5A	CJ	R\$ 9.000,00
508	377834	CONJUNTO,MEDIÇÃO,ENCAPSULADO,400:5A,15KV	CJ	R\$25.176,39
509	075853	CONTRAPINO, 10, 4X40, 5MM	PC	R\$ 5,21
510	207209	CONTRAPOSTE CONCRETO CIRCULAR 7M 300DAN	PC	R\$ 146,46
511	207217	CONTRAPOSTE CONCRETO DUPLO T 7M 300DAN	PC	R\$ 373,85
512	375368	CONTROLADOR CARGA 40A 48VCC	PC	R\$ 480,07
513	376704	CONTROLADOR CARGA/DESCARGA 10A 12V	PC	R\$ 146,31
514	376706	CONTROLADOR CARGA/DESCARGA 30A 12V	PC	R\$ 430,58
515	375367	CONTROLADOR CARGA/DESCARGA 30A 24V	PC	R\$ 350,00
516	379493	CONTROLE AUTOMÁTICO BANCO CAPACITOR 24KV	PC	R\$16.275,00
517	379366	CONTROLE AUTOMÁTICO P/ BANCO CAPACITORES, 15KV	PC	R\$ 7.916,33
518	020032	CORDA DE POLY-DRACON DN 13MM P/ LINHA VIVA	M	R\$20,94
519	078444	CORDA NYLON DN 6,5MM	K G	R\$ 4,53
520	362120	CORDA TRANÇADA DN 8MM P/ISOLAM. ÁREA E NÓ PRUSSIK	M	R\$ 2,20
521	082156	CORDA TRANÇADA DN 10MM(3/8P) P/ AMARRAÇÃO CARGA	M	R\$ 3,23
522	900477	CORDAO DECORATIVO NATALINO,LAMPADA BRANCA,220V	PC	R\$18,72
523	910871	CORDAO DECORATIVO NATALINO,LAMPADA VERDE,220V	PC	R\$17,00
524	910869	CORDAO DECORATIVO NATALINO,LAMPADA VERMELHA,220V	PC	R\$17,00
525	010447	CORREIA PARA ESPORA POSTE DT	PR	R\$27,14
526	020057	CORRIMÃO P/ PLATAFORMA, 1800MM, P/ LINHA VIVA	PC	R\$ 674,67
527	020073	CRUZETA AUXILIAR EPOXI 2470MM P/ LINHA VIVA	PC	R\$ 2.398,15
528	214254	CRUZETA CONTRAPOSTE EUCALIPTO 5M MÉDIO	PC	R\$ 107,94
529	214288	CRUZETA CONTRAPOSTE EUCALIPTO 7M MÉDIO	PC	R\$ 219,99
530	377602	CRUZETA DE EUCALIPTO 2400MM ITEM 1	PC	R\$ 9,34
531	377613	CRUZETA DE EUCALIPTO 2800MM ITEM 3	PC	R\$49,95

532	378295	CRUZETA METÁLICA 2400X90X90MM ITEM 1	PC	R\$ 115,62
533	378296	CRUZETA METÁLICA 2800X90X90MM ITEM 2	PC	R\$ 175,16
534	380252	CRUZETA METÁLICA 4000X90X90MM	PC	R\$ 1.031,40
535	922650	CRUZETA METÁLICA 4M 600DAN COTA LC 3700MM	PC	R\$ 1.200,00
536	922653	CRUZETA METÁLICA 5M 600DAN COTA LC 2300MM	PC	R\$ 1.900,00
537	922651	CRUZETA METÁLICA 5M 600DAN COTA LC 4700MM	PC	R\$ 1.500,00
538	380253	CRUZETA METÁLICA 6000X90X90MM	PC	R\$ 1.395,00
539	922654	CRUZETA METÁLICA 7M 600DAN COTA LC 3300MM	PC	R\$ 1.900,00
540	922652	CRUZETA METÁLICA 7M 600DAN COTA LC 5700MM	PC	R\$ 1.500,00
541	922655	CRUZETA METÁLICA 9M 600DAN COTA LC 4300MM	PC	R\$ 2.500,00
542	377705	CRUZETA POLIMÉRICA 2400X112,5X90MM	PC	R\$ 141,80
543	379577	CRUZETA POLIMÉRICA 2800X112,5X90MM	PC	R\$ 137,60
544	380764	CRUZETA POLIMÉRICA CILÍNDRICA 105X2400MM	PC	R\$ 117,86
545	380785	CRUZETA POLIMÉRICA CILÍNDRICA 110X2800MM	PC	R\$ 100,00
546	298356	CURVA AÇO ZINCADO P/ ELETRODUTO 1.1/2P 90°	PC	R\$34,24
547	056952	CURVA AÇO ZINCADO P/ ELETRODUTO 2P 90°	PC	R\$49,90
548	298463	CURVA AÇO ZINCADO P/ ELETRODUTO 3P 90°	PC	R\$ 129,61
549	298448	CURVA AÇO ZINCADO P/ ELETRODUTO 4P 90°	PC	R\$ 200,34
550	295535	CURVA AÇO ZINCADO P/ ELETRODUTO 5P 90°	PC	R\$ 619,41
551	310102	CURVA PVC P/ELETRODUTO COM LUVA 3/4P 90°	PC	R\$ 1,87
552	229237	DEGRAU PARA CÂMARA TRANSFORMADORA	PC	R\$ 4,95
553	325902	DINAMÔMETRO 0-55KG P/ TESTE PADRÃO ENTRADA	PC	R\$ 217,80
554	310110	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR 120A 220V 10KA	PC	R\$ 161,25
555	309963	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR 200A 220V 10KA	PC	R\$ 139,49
556	359569	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR 30A 220V 10KA	PC	R\$78,00
557	297309	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR 40A 220V 10KA	PC	R\$95,72
558	310003	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR 60A 220V 10KA	PC	R\$ 120,10
559	297325	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR 70A 220V 10KA	PC	R\$55,86
560	309955	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR 90A 220V 10KA	PC	R\$54,97
561	309997	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR 100A 220V 10KA	PC	R\$64,12
562	310128	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR 120A 220V 10KA	PC	R\$ 156,80
563	306092	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR 150A 220V 10KA	PC	R\$81,27
564	306068	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR 225A 220V 10KA	PC	R\$ 127,63
565	310029	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR 40A 220V 10KA	PC	R\$32,53
566	306035	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR 50A 220V 10KA	PC	R\$47,16
567	309971	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR 60A 220V 10KA	PC	R\$62,53
568	309989	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR 70A 220V 10KA	PC	R\$61,84
569	297333	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR 90A 220V 10KA	PC	R\$67,78
570	305938	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 15A 127V 5KA	PC	R\$ 1,58
571	373553	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 16A 127V	PC	R\$ 5,44
572	362450	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 16A 127V 5KA	PC	R\$ 2,84
573	377360	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 16A 127V 6KA	PC	R\$ 6,91
574	305946	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 25A 127V 5KA	PC	R\$ 4,54
575	297275	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 35A 127V 5KA	PC	R\$ 4,11
576	310011	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 40A 127V 5KA	PC	R\$21,87
577	306019	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 50A 127V 5KA	PC	R\$10,40
578	362445	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 6A	PC	R\$ 5,44
579	297291	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 70A 127V 5KA	PC	R\$16,73
580	331165	DISPOSITIVO DAT 185/240/400 15KV	PC	R\$17,03
581	331157	DISPOSITIVO DAT 50/120/185 15KV	PC	R\$17,34
582	383476	DISPOSITIVO, PORTATIL, COMUNICAÇÃO, CONFIG LOCAL	PC	R\$ 150,00
583	377570	DUTO PEAD CORRUGADO DEN 125MM	M	R\$21,38
584	377571	DUTO PEAD CORRUGADO DEN 140MM	M	R\$26,60
585	377568	DUTO PEAD CORRUGADO DEN 63MM	M	R\$ 3,59

586	377569	DUTO PEAD CORRUGADO DEN 90MM	M	R\$ 4,88
587	289017	ELEMENTO SUPORTE PARA BASTÃO	PC	R\$59,27
588	297143	ELETRODUTO AÇO ZINCADO COM LUVA 1.1/2P X 3M	PC	R\$ 203,27
589	297101	ELETRODUTO AÇO ZINCADO COM LUVA 1P X 3M	PC	R\$ 111,60
590	297184	ELETRODUTO AÇO ZINCADO COM LUVA 2P X 3M	PC	R\$ 217,47
591	297077	ELETRODUTO AÇO ZINCADO COM LUVA 3/4P X 3M	PC	R\$26,81
592	297218	ELETRODUTO AÇO ZINCADO COM LUVA 3P X 3M	PC	R\$ 367,20
593	297226	ELETRODUTO AÇO ZINCADO COM LUVA 4P X 3M	PC	R\$ 525,66
594	295527	ELETRODUTO AÇO ZINCADO COM LUVA 5P X 3M	PC	R\$ 991,60
595	306613	ELETRODUTO AÇO ZINCADO COM LUVA 5P X 6M	PC	R\$ 247,38
596	364671	ELETRODUTO FLEXÍVEL RSS 2P X 1M ITEM 2	PC	R\$62,68
597	364670	ELETRODUTO FLEXÍVEL RSS 2P X 50CM ITEM 1	PC	R\$72,61
598	364673	ELETRODUTO FLEXÍVEL RSS 3P X 1M ITEM 4	PC	R\$ 150,41
599	364672	ELETRODUTO FLEXÍVEL RSS 3P X 50CM ITEM 3	PC	R\$88,19
600	310045	ELETRODUTO PVC COM LUVA 1.1/2P X 3M	PC	R\$13,04
601	310052	ELETRODUTO PVC COM LUVA 1.1/4P X 3M	PC	R\$13,15
602	310060	ELETRODUTO PVC COM LUVA 1P X 3M	PC	R\$ 6,73
603	310037	ELETRODUTO PVC COM LUVA 2P X 3M	PC	R\$12,23
604	310078	ELETRODUTO PVC COM LUVA 3/4P X 3M	PC	R\$11,23
605	296459	ELETRODUTO,FLEXIVEL,DN 2P (50,8MM),AÇO-CARBONO	M	R\$ 7,83
606	272039	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 100K	PC	R\$19,77
607	271965	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 100T	PC	R\$20,42
608	271510	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 10K	PC	R\$ 4,22
609	272138	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 10T	PC	R\$ 5,54
610	271544	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 12K	PC	R\$ 3,98
611	272146	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 12T	PC	R\$ 5,74
612	272013	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 140K	PC	R\$26,99
613	271593	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 15K	PC	R\$ 4,01
614	272153	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 15T	PC	R\$ 5,60
615	271320	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 1H	PC	R\$ 4,26
616	272054	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 200K	PC	R\$41,84
617	271643	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 20K	PC	R\$ 4,26
618	272161	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 20T	PC	R\$ 5,71
619	271668	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 25K	PC	R\$ 4,40
620	272179	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 25T	PC	R\$ 7,36
621	271338	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 2H	PC	R\$ 4,37
622	271726	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 30K	PC	R\$ 5,68
623	272070	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 30T	PC	R\$ 7,54
624	271353	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 3H	PC	R\$ 4,36
625	271775	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 40K	PC	R\$ 6,33
626	272088	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 40T	PC	R\$ 6,98
627	271841	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 50K	PC	R\$ 7,89
628	272104	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 50T	PC	R\$ 6,55
629	271403	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 5H	PC	R\$ 4,33
630	271858	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 65K	PC	R\$ 7,16
631	271916	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 65T	PC	R\$ 8,71
632	271460	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 6K	PC	R\$ 4,58
633	272112	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 6T	PC	R\$ 5,57
634	271940	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 80K	PC	R\$13,31
635	271924	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 80T	PC	R\$15,24
636	271486	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 8K	PC	R\$ 4,68
637	272120	ELO FUSÍVEL BOTÃO 500MM 8T	PC	R\$ 5,60
638	231639	EMENDA PREFORMADA CABO AÇO 9,5MM	CJ	R\$ 1,75
639	230920	EMENDA TERMOCONTRÁTIL 1X120MM² 15KV P/RDS E RDI	PC	R\$ 125,52

640	231027	EMENDA TERMOCONTRÁTIL 1X185MM² 15KV P/RDS E RDI	PC	R\$ 312,87
641	230953	EMENDA TERMOCONTRÁTIL 1X185MM² 24,2KV P/RDS E RDI	PC	R\$ 319,64
642	230938	EMENDA TERMOCONTRÁTIL 1X400MM² 15KV P/RDS E RDI	PC	R\$ 275,87
643	230912	EMENDA TERMOCONTRÁTIL 1X50MM² 15KV P/RDS E RDI	PC	R\$ 183,37
644	230946	EMENDA TERMOCONTRÁTIL 1X50MM² 24,2KV P/RDS E RDI	PC	R\$ 285,17
645	226704	EMENDA,PREFORMADA,SIMPLES,CABO CAA 39,19 MM²(2)	PC	R\$ 4,40
646	226662	EMENDA,PREFORMADA,SIMPLES,CABO CAA 62,44MM² (1/0)	PC	R\$29,23
647	377439	EQUIPAMENTO PORTÁTIL PALM TOP	PC	R\$ 4.085,62
648	012021	ESCOVA DE AÇO TUBULAR DN 50MM	PC	R\$53,36
649	005157	ESCOVA DE CERDAS DE AÇO CABO CURVO P/ SOLDADOR	PC	R\$ 0,01
650	224220	ESPAÇADOR LOSANGULAR 50-150MM² 35KV	CJ	R\$24,75
651	377623	ESPAÇADOR LOSANGULAR AUTO-TRAVANTE 50-150MM² 15KV	CJ	R\$16,65
652	380553	ESPAÇADOR MODULAR PARA DUTO CORRUGADO 125/140MM	CJ	R\$11,98
653	384485	ESPAÇADOR MONOFASICO, AUTOTRAVANTE 50-150MM² 15KV	PC	R\$20,08
654	374933	ESPAÇADOR POLIETILENO 1000MM P/RDA MT ATÉ 24,2KV	PC	R\$31,79
655	374934	ESPAÇADOR POLIETILENO 1420MM P/RDA MT ATÉ 24,2KV	PC	R\$65,99
656	384486	ESPAÇADOR VERTICAL, AUTOTRAVANTE, 50-150MM² 15KV	PC	R\$23,85
657	010330	ESFORA PARA POSTE CONCRETO DT	PR	R\$62,79
658	008052	ESTICADOR DE CONDUTOR COM CORREIA 150DAN	PC	R\$ 213,59
659	079319	ESTOPA DE ALGODÃO BRANCA ESPECIAL	KG	R\$ 3,78
660	328120	ESTRIBO PARA BRAÇO TIPO L PARA RDAP	PC	R\$ 8,49
661	020123	ESTRIBO PARA MÃO FRANCESA PARA LINHA VIVA	PC	R\$ 480,89
662	008292	ESTROPO DE AÇO 13MMX1,20M 2060DAN	PC	R\$35,39
663	008300	ESTROPO DE AÇO 16MMX1,60M 3000DAN	PC	R\$83,11
664	008284	ESTROPO DE AÇO 9,5MMX1,20M 1170DAN	PC	R\$17,58
665	081174	ESTROPO DE NYLON 1200X53X4,5MM 450DAN	PC	R\$50,59
666	081158	ESTROPO DE NYLON 500X53X4,5MM 450DAN	PC	R\$57,48
667	081166	ESTROPO DE NYLON 800X53X4,5MM 450DAN	PC	R\$48,23
668	020131	ESTROPO DE NYLON 900X53X10MM 450DAN	PC	R\$75,00
669	020149	EXTENSOR DE CRUZETA 1415MM P/ LINHA VIVA	PC	R\$ 632,24
670	020156	EXTENSOR DE CRUZETA 1710MM P/ LINHA VIVA	PC	R\$ 626,17
671	012401	EXTRATOR CARTUCHO 25MM	PC	R\$ 323,14
672	010959	EXTRATOR PARA CONETOR DERIVAÇÃO DE CUNHA	PC	R\$99,99
673	337998	FERRAGEM ELETROTÉCNICA ZINCADA A RECUPERAR	PC	R\$ 0,83
674	351379	FERRAMENTA P/ APLICAÇÃO CONETOR CUNHA AL OU CU	PC	R\$ 942,78
675	377442	FIO AÇO 1N2 (6,54MM) ALUMINIZADO	KG	R\$17,78
676	376373	FIO AÇO 1N5 (4,62MM) ALUMINIZADO	KG	R\$18,17
677	377987	FIO AÇO 1N5 (4,62MM) ALUMINIZADO COBERTO	KG	R\$29,26
678	234492	FIO AL 5,1MM COBERTO P/AMARRAÇÃO DE RDP	M	R\$ 3,09
679	357342	FIO AL 5,2MM (4AWG) P/AMARRAÇÃO DE CABO	KG	R\$28,26
680	375325	FIO CU 1X1,5MM² ISOLADO AZUL 750V	M	R\$ 0,28
681	225995	FIO CU 1X1,5MM² ISOLADO PRETO 750V	M	R\$ 0,27
682	225904	FIO CU 1X2,5MM² ISOLADO AMARELO 750V	M	R\$ 2,02
683	357345	FIO CU 1X2,5MM² ISOLADO AZUL 750V	M	R\$ 0,48
684	225912	FIO CU 1X2,5MM² ISOLADO BRANCO 750V	M	R\$ 2,02
685	357343	FIO CU 1X2,5MM² ISOLADO PRETO 750V	M	R\$ 0,57
686	225938	FIO CU 1X2,5MM² ISOLADO VERDE 750V	M	R\$ 2,02
687	357344	FIO CU 1X2,5MM² ISOLADO VERMELHO 750V	M	R\$ 0,06
688	225870	FIO CU 1X4MM² ISOLADO 750V	M	R\$ 1,40
689	225847	FIO CU 1X6MM² ISOLADO 750V	M	R\$ 1,13
690	003954	FITA ADESIVA ISOLANTE PVC 19MMX20M	RL	R\$ 9,51
691	003673	FITA ADESIVA ISOLANTE PVC AMARELA 19MMX20M	RL	R\$ 4,62
692	003715	FITA ADESIVA ISOLANTE PVC AZUL 19MMX20M	RL	R\$29,21
693	003616	FITA ADESIVA ISOLANTE PVC VERDE/BRANCA 19MMX20M	RL	R\$28,94

694	003681	FITA ADESIVA ISOLANTE PVC VERMELHA 19MMX20M	RL	R\$26,24
695	357341	FITA AL 1MMX10MM P/AMARRAÇÃO DE CABO	KG	R\$14,67
696	003996	FITA AUTOFUSÃO ISOLANTE BORRACHA 19MMX10M	RL	R\$27,33
697	375200	FITA SEMI-CONDUTORA 19MMX4,5M P/ CABO PROTEGIDO	RL	R\$33,23
698	378735	FITA SINALIZAÇÃO POLIETILENO 152MMX50M	RL	R\$ 258,67
699	237701	FIXADOR PREFORMADO ESTAI 6,4MM	PC	R\$ 4,35
700	237693	FIXADOR PREFORMADO ESTAI 9,5MM	PC	R\$11,74
701	224295	FP ADESIVO VERMELHO 25KV PARA RDAP	PC	R\$11,81
702	231522	FP ALÇA P/ CONETOR ESTRIBO FECHADO 2AWG	PC	R\$ 6,84
703	913847	FP ALÇA PREFORMADA OLHAL CA/CAA 170MM²	PC	R\$ 6,50
704	259218	FP ALOJAMENTO P/EQUIP LUMIN	PC	R\$33,27
705	314328	FP AMPERÍMETRO GRÁFICO 0-6A	PC	R\$ 1.505,11
706	327700	FP ANEL ELASTOMÉRICO ISOLADOR PINO 15KV	PC	R\$ 1,72
707	374711	FP ANEL ELASTOMÉRICO ISOLADOR PINO 36,2KV	PC	R\$ 2,87
708	375578	FP ARMÁRIO FOTOVOLTAICO PODER PÚBLICO	PC	R\$ 1.540,04
709	375579	FP ARMÁRIO FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL	PC	R\$ 1.071,35
710	371890	FP ARO CAIXA ZD	CJ	R\$ 301,48
711	079806	FP BAINHA PARA ALICATE SOLA CURTIDA	PC	R\$ 4,11
712	229740	FP BARRAMENTO ISOLADO CABO AL 240MM² 1KV	PC	R\$11.411,05
713	229732	FP BARRAMENTO ISOLADO CABO CU 240MM² 1KV	PC	R\$ 2.813,78
714	230532	FP BARRAMENTO ISOLADO DERIVAÇÃO 5 PÓLOS 1KV	PC	R\$ 302,97
715	230524	FP BARRAMENTO ISOLADO DERIVAÇÃO 6 PÓLOS 1KV	PC	R\$ 679,16
716	089656	FP BOLSA DE LONA PARA LEITURISTA	PC	R\$ 8,91
717	076943	FP BOTA CAMPANHA 36 SEM ALMA AÇO	PR	R\$64,76
718	076760	FP BOTA CAMPANHA 37 SEM ALMA AÇO	PR	R\$64,76
719	076802	FP BOTA CAMPANHA 39 SEM ALMA AÇO	PR	R\$64,76
720	076828	FP BOTA CAMPANHA 40 SEM ALMA AÇO	PR	R\$64,76
721	076844	FP BOTA CAMPANHA 41 SEM ALMA AÇO	PR	R\$64,76
722	076901	FP BOTA CAMPANHA 44 SEM ALMA AÇO	PR	R\$64,76
723	076968	FP BOTINA 37 SOLADO COMUM	PR	R\$32,10
724	258913	FP BRAÇO PARA IP TIPO LEVE I	PC	R\$ 0,31
725	258947	FP BRAÇO PARA IP TIPO LEVE II	PC	R\$13,12
726	258806	FP BRAÇO PARA IP TIPO PA4	PC	R\$ 5,15
727	374553	FP BUCHA REDUÇÃO 2X1.1/4" PORCA-ARRUELA	CJ	R\$ 0,50
728	298778	FP CABEÇOTE PARA ELETRODUTO 4"	PC	R\$ 0,01
729	231514	FP CABO AL 1X95MM² PROTEGIDO 15KV	M	R\$ 0,42
730	231605	FP CABO AL 3X1X120MM²+3/8" ISOLADO 15KV	M	R\$50,40
731	231613	FP CABO AL 3X1X185MM²+3/8" ISOLADO 15KV	M	R\$65,29
732	231597	FP CABO AL 3X1X50MM²+3/8" ISOLADO 15KV	M	R\$58,03
733	226183	FP CABO CA 1X1X10+10MM² DUPLEX 1KV	M	R\$ 0,67
734	226217	FP CABO CA 1X1X25+25MM² DUPLEX 1KV	M	R\$ 1,42
735	220517	FP CABO CA 21MM² (4AWG)	KG	R\$ 8,04
736	226175	FP CABO CA 2X1X10+10MM² TRIPLEX 1KV	M	R\$ 3,80
737	225821	FP CABO CU 1X10MM² ISOLADO 750V	M	R\$ 1,64
738	226167	FP CABO CU 1X16MM² ISOLADO 600V	M	R\$ 4,08
739	225805	FP CABO CU 1X25MM² ISOLADO 750V	M	R\$ 3,39
740	365278	FP CABO CU 1X4MM² ISOLADO AZUL 750V	M	R\$ 0,48
741	377121	FP CABO TRIFÁSICO 3ALX25+1CU25 CONCENTRICO	M	R\$17,21
742	242677	FP CAIXA BT TRAFÓ SUBTERRAN	PC	R\$ 6.578,47
743	300160	FP CAIXA DE MEDIÇÃO THS	PC	R\$ 248,72
744	311282	FP CAIXA DE PROTEÇÃO APARENTE	PC	R\$44,19
745	377280	FP CAIXA DERIVACAO DT P/RDC	PC	R\$ 320,00
746	309294	FP CAIXA PADRÃO POPULAR COM ACESSÓRIOS	CJ	R\$12,96
747	288563	FP CAMARA EXT ARCO CH ALDUTI	PC	R\$ 1.036,32

748	345868	FP CÂMARA EXTINÇÃO ARCO CHAVE OMNI	PC	R\$ 316,66
749	378469	FP CHAPA CURVA PARA CRUZETA	PC	R\$ 7,43
750	082081	FP CHASSI 350MM P/PLACAS ID.	PC	R\$ 1,14
751	268326	FP CHAVE COMANDO CAPACITOR 15KV 200A	PC	R\$ 707,88
752	273383	FP CHAVE FACA UNIPOLAR 15KV 400A	PC	R\$71,12
753	273565	FP CHAVE FACA UNIPOLAR 24,2KV 400A	PC	R\$69,06
754	288993	FP CHAVE FUSÍVEL 24KV PF 100A 2KA	PC	R\$63,51
755	288167	FP CHAVE RDP 630A 15KV COM MOTOR	PC	R\$ 6.429,74
756	288928	FP CHAVE RDS 200A 24KV 2V F40A	PC	R\$ 7.277,44
757	289330	FP CHAVE RDS 200A 24KV 2V SIMP	PC	R\$ 8.031,77
758	352263	FP CHAVE RDS 200A 24KV 3V F20A	PC	R\$26.563,85
759	328666	FP CHAVE RDS 200A 24KV 3V F40A	PC	R\$ 7.201,06
760	291229	FP CHAVE RDS 200A 24KV 3V SIMP	PC	R\$ 7.053,37
761	289348	FP CHAVE RDS 600A 24KV 2V SIMP	PC	R\$ 4.680,10
762	273342	FP CHAVE SECA 630A 15KV ALDUTI	PC	R\$ 5.296,42
763	285056	FP CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR 15KV 400A SUBMERS	PC	R\$13.486,24
764	288217	FP CHAVE SF6 RDI 15KV 200A	PC	R\$ 7.208,94
765	288225	FP CHAVE SF6 RDI 15KV 600A	PC	R\$ 4.071,74
766	296806	FP CHUMBADOR CANT L 2X2X5/16	PC	R\$ 9,02
767	082263	FP CHUMBADOR EXPANSÃO 5/8PX150MM	PC	R\$ 0,01
768	375863	FP CINTA DE AÇO D 400MM	PC	R\$17,09
769	081133	FP CINTURÃO SEGURANÇA 1120MM	PC	R\$37,07
770	081125	FP CINTURÃO SEGURANÇA 920MM	PC	R\$37,46
771	019752	FP COBERTURA ISOLANTE FLEX P/ ISOLADOR DISCO 40KV	PC	R\$ 320,50
772	020511	FP COBERTURA ISOLANTE RÍGIDA POSTE 34,5KV230X300MM	PC	R\$59,44
773	081216	FP COBERTURA PROTETORA BT 107MM²	M	R\$ 1,22
774	081257	FP COBERTURA PROTETORA BT 170MM²	M	R\$ 1,92
775	081182	FP COBERTURA PROTETORA BT 21MM²	M	R\$ 1,62
776	081190	FP COBERTURA PROTETORA BT 34MM²	M	R\$ 1,31
777	081208	FP COBERTURA PROTETORA BT 53MM²	M	R\$ 2,48
778	364561	FP COBERTURA PROTETORA CONETOR E GRAMPO LV RDP25KV	PC	R\$40,47
779	378858	FP COBERTURA PROTETORA P/ CHAVE FACA EM BRAÇO J	PC	R\$85,18
780	900048	FP CONDUTOR ALUMINIO ISOLADO 1KV	M	R\$ 0,01
781	327734	FP CONETOR DE PERFURAÇÃO 10MM²/6MM²	PC	R\$ 1,42
782	327742	FP CONETOR DE PERFURAÇÃO 120MM²/240MM²	PC	R\$ 7,79
783	227465	FP CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO AL/CU 240MM²	PC	R\$ 5,28
784	372672	FP CONETOR TERMINAL COMPRESSÃO CU 240MM²	PC	R\$24,74
785	217653	FP CONTRAPOSTE CONCRETO CIRCULAR 5M300	PC	R\$ 0,01
786	207175	FP CONTRAPOSTE CONCRETO CIRCULAR 7M400	PC	R\$87,12
787	207167	FP CONTRAPOSTE CONCRETO DUPLO T 7M400	PC	R\$ 117,91
788	376707	FP CONTROLADOR CARGA/DESCARGA 40A 24V	PC	R\$ 600,00
789	375371	FP CONTROLADOR CARGA/DESCARGA 40A 48V	PC	R\$ 480,07
790	375370	FP CONTROLADOR DESCARGA 30A 24VCC	PC	R\$ 350,00
791	081141	FP CORDÃO DE SEGURANÇA	PC	R\$14,36
792	011809	FP CORRENTE DE AÇO 1,50M	PC	R\$ 4,23
793	214221	FP CRUZETA DE MADEIRA 2400X112,5X90MM ITEM 1	PC	R\$10,87
794	214239	FP CRUZETA DE MADEIRA 2800X135X110MM ITEM 2	PC	R\$ 5,09
795	375496	FP CRUZETA DE MADEIRA 2800X135X110MM ITEM 3	PC	R\$59,61
796	376073	FP CRUZETA DE MADEIRA 5000X135X110MM	PC	R\$57,27
797	377706	FP CRUZETA DE PLÁSTICO 2400X112,5X90MM	PC	R\$83,10
798	379578	FP CRUZETA DE PLÁSTICO 2800X112,5X90MM	PC	R\$ 141,77
799	298661	FP CURVA CA 11,25GR ELET125	PC	R\$ 8,65
800	298596	FP CURVA CA 11,25GRAUS ELETRODUTO 75MM	PC	R\$ 8,08
801	298570	FP CURVA CA 22,5 GRAUS ELETRODUTO 75MM	PC	R\$ 9,92

802	298638	FP CURVA CA 22,5GRAUS ELETRODUTO 125MM	PC	R\$13,88
803	298554	FP CURVA CA 45 GRAUS ELETRODUTO 75MM	PC	R\$14,87
804	298612	FP CURVA CA 45GRAUS ELETRODUTO 125MM	PC	R\$21,79
805	316513	FP DETETOR DE TENSAO 1KV	PC	R\$ 210,77
806	305920	FP DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 10A 127V 5KA	PC	R\$ 5,42
807	365427	FP DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 15A	PC	R\$ 2,81
808	354379	FP DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 30A 127V 5KA	PC	R\$22,00
809	230466	FP DISPOSITIVO DAT 400MM² 600A 15KV	PC	R\$22,83
810	297283	FP ELETRODUTO AMIANTO 125MM	PC	R\$15,96
811	297234	FP ELETRODUTO AMIANTO 75MM	PC	R\$28,42
812	297051	FP ELETRODUTO PVC 3/4P COM LUVA	PC	R\$ 2,63
813	231621	FP EMENDA PREFORMADA CABO AÇO 6,4MM	CJ	R\$ 4,02
814	231472	FP EMENDA TERMOCONTRÁTIL 50-150MM² RDP	PC	R\$28,96
815	082362	FP EQUIPAMENTO RESGATE ELETRICISTA 150DAN	CJ	R\$ 0,01
816	352267	FP ESCADA DE FIBRA 3500MM	PC	R\$ 298,24
817	010892	FP ESCADA EXTENSÃO MADEIRA 2X3,70M	PC	R\$ 227,63
818	011866	FP ESCADA EXTENSÃO MADEIRA 2X4,30M	PC	R\$ 282,06
819	355250	FP ESCADA EXTENSÍVEL FIBRA VIDRO VEICULAR 7,8M	PC	R\$ 1.764,14
820	054601	FP ESCADA EXTENSÍVEL PORTÁTIL FIBRA VIDRO 7300MM	PC	R\$ 476,12
821	079038	FP ESPAÇADOR 1X2 BANCO DUTOS	PC	R\$ 3,98
822	079053	FP ESPAÇADOR 1X3 BANCO DUTOS	PC	R\$ 7,00
823	299628	FP ESPAÇADOR 2X2 BANCO DUTOS	PC	R\$ 2,66
824	079061	FP ESPAÇADOR 2X3 BANCO DUTOS	PC	R\$ 2,53
825	231068	FP ESPAÇADOR LOSANGULAR 150MM² 15KV	CJ	R\$16,01
826	231662	FP ESPAÇADOR LOSANGULAR 50-150MM² 15KV	CJ	R\$11,71
827	338079	FP ESPAÇADOR MONOFÁSICO 2A 50-150MM²	CJ	R\$17,41
828	225748	FP FIO AL 10MM² ISOLADO 1KV	M	R\$ 0,57
829	080473	FP FITA SINALIZAÇÃO LARG 152MM - 50M	RL	R\$ 1,00
830	224287	FP FITA TERMOCONTRÁTIL 25MM PARA RDAP	RL	R\$43,60
831	289074	FP GRAMPO LINHA VIVA DERIVAÇÃO 13-70MM²	PC	R\$16,53
832	374927	FP GRAMPO LINHA VIVA DERIVAÇÃO 70-150MM²	PC	R\$ 5,60
833	311571	FP INDICADOR DE DEFEITO TRIFÁSICO 300A	PC	R\$ 0,01
834	316760	FP INTERRUPTOR HORÁRIO 120V (TIMER)	PC	R\$ 270,76
835	317883	FP INTERRUPTOR HORÁRIO 120V 10A 100A	PC	R\$11,94
836	316778	FP INTERRUPTOR HORÁRIO 220V (TIMER)	PC	R\$ 106,87
837	376718	FP INVERSOR CC/CA 1500W	PC	R\$ 2.700,00
838	376719	FP INVERSOR CC/CA 2000W	PC	R\$ 3.000,00
839	375729	FP INVERSOR CC/CA 2500W	PC	R\$ 7.061,26
840	376712	FP INVERSOR CC/CA 400W	PC	R\$ 1.994,35
841	376713	FP INVERSOR CC/CA 500W	PC	R\$ 700,00
842	376715	FP INVERSOR CC/CA 800W	PC	R\$ 1.000,00
843	219451	FP ISOLADOR DE PINO PORCELANA 15 KV	PC	R\$13,69
844	219469	FP ISOLADOR DE PINO PORCELANA 24,2 KV	PC	R\$35,92
845	219477	FP ISOLADOR DE PINO PORCELANA 36,2 KV	PC	R\$44,62
846	219550	FP ISOLADOR DISCO GARFO-OLHAL PORCELANA	PC	R\$ 6,59
847	375580	FP KIT CERCA 1 SISTEMA.FOTOVOLTAICO	CJ	R\$ 1.135,02
848	231159	FP LAÇO PREFORMADO DE TOPO 36,2KV CAA 125MM²	PC	R\$ 1,81
849	231167	FP LAÇO PREFORMADO DE TOPO 36,2KV CAA 198MM²	PC	R\$ 1,72
850	231126	FP LAÇO PREFORMADO DE TOPO 36,2KV CAA 24MM²	PC	R\$ 0,72
851	231134	FP LAÇO PREFORMADO DE TOPO 36,2KV CAA 39MM²	PC	R\$ 1,46
852	231142	FP LAÇO PREFORMADO DE TOPO 36,2KV CAA 62MM²	PC	R\$ 2,34
853	231092	FP LAÇO PREFORMADO LATERAL SIMP. 36,2KV CAA 24MM²	PC	R\$ 0,67
854	231100	FP LAÇO PREFORMADO LATERAL SIMP. 36,2KV CAA 39MM²	PC	R\$ 1,49
855	231118	FP LAÇO PREFORMADO LATERAL SIMP. 36,2KV CAA 62MM²	PC	R\$ 0,08



856	226332	FP LAÇO PREFORMADO PVC LATERAL CA 150MM	PC	R\$37,67
857	226357	FP LAÇO PREFORMADO PVC LATERAL CA 34MM2	PC	R\$26,59
858	226340	FP LAÇO PREFORMADO PVC LATERAL CA 53MM2	PC	R\$32,67
859	226308	FP LAÇO PREFORMADO PVC TOPO CA 150MM	PC	R\$19,84
860	226324	FP LAÇO PREFORMADO PVC TOPO CA 34MM2	PC	R\$22,12
861	226316	FP LAÇO PREFORMADO PVC TOPO CA 53MM2	PC	R\$25,35
862	230342	FP LAÇO PREFORMADO ROLDANA CA/CAA 170MM²(336,4MCM)	PC	R\$ 3,89
863	338368	FP LÂMPADA USADA VM VS MISTA	PC	R\$ 0,03
864	258277	FP LÂMPADA VAPOR DE MERCÚRIO 125W AP E-27 OVÓIDE	PC	R\$17,75
865	258251	FP LÂMPADA VAPOR DE MERCÚRIO 80W AP E-40 OVÓIDE	PC	R\$11,56
866	259424	FP LÂMPADA VS 70W AP E-27 OVÓIDE	PC	R\$34,92
867	259119	FP LUMINÁRIA ABERTA P/ LÂMPADA VM 250W	PC	R\$ 175,76
868	259127	FP LUMINÁRIA ABERTA P/ LÂMPADA VM 80W	PC	R\$22,31
869	259259	FP LUMINÁRIA C EQUIP ORNAM ESFÉRICA LEIT VM 125W	PC	R\$ 668,27
870	377734	FP LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO SEMI ESFÉRICA VM 125W	PC	R\$ 205,44
871	352635	FP LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 100W OVÓIDE	PC	R\$ 8,49
872	328468	FP LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 70W OVÓIDE	PC	R\$ 112,31
873	298232	FP LUVA DEFLETORA PVC PARA ELETRODUTO 125MM	PC	R\$ 2,82
874	298182	FP LUVA DEFLETORA PVC PARA ELETRODUTO 75MM	PC	R\$ 1,46
875	226498	FP LUVA EMENDA COMPRESSÃO CAL 50MM²	PC	R\$ 0,05
876	226761	FP LUVA EMENDA COMPRESSÃO FIO CU 10MM²	PC	R\$ 3,21
877	226746	FP LUVA EMENDA COMPRESSÃO FIO CU 25MM²	PC	R\$ 3,13
878	084392	FP MANGUEIRA DIELÉTRICA 7,6M	PR	R\$ 2.870,10
879	237115	FP MÃO-FRANCESA PLANA	PC	R\$ 1,91
880	214593	FP MASTRO EQUILIBRIO CAP 1500 DAN	PC	R\$ 362,25
881	214601	FP MASTRO SIMPLES CAP 600DAN	PC	R\$ 366,99
882	376699	FP MEDIDOR ELETRÔNICO KWH 120V 15A 1 ELEMENTO	PC	R\$ 7,61
883	314138	FP MEDIDOR KVARH 120V 2,5A 2 ELEMENTOS 10A	PC	R\$ 305,14
884	324798	FP MEDIDOR KVARH 120V 2,5A 2 ELENOS	PC	R\$ 1.115,05
885	324806	FP MEDIDOR KVARH 120V 2,5A 3 ELEMENTOS	PC	R\$ 1.412,43
886	314153	FP MEDIDOR KVARH 120V 2,5A 3 ELEMENTOS 10A	PC	R\$ 251,15
887	313361	FP MEDIDOR KVARH 2 ELEMENTOS COM SENSOR POLIFÁSICO	PC	R\$ 367,71
888	314179	FP MEDIDOR KVARH 240V 2,5A 3 ELEMENTOS 10A	PC	R\$ 229,70
889	325829	FP MEDIDOR KVARH 240V 2,5A 3 ELEMENTOS SENSOR INTE	PC	R\$ 274,66
890	313379	FP MEDIDOR KVARH 3 ELEMENTOS COM SENSOR POLIFÁSICO	PC	R\$ 284,39
891	314054	FP MEDIDOR KWH 120V 15A 1 ELEMENTOS	PC	R\$ 8,76
892	314088	FP MEDIDOR KWH 120V 15A 2 ELEMENTOS	PC	R\$22,29
893	317230	FP MEDIDOR KWH 120V 15A 2 ELEMENTOS DUPLO REGISTRO	PC	R\$ 146,92
894	314112	FP MEDIDOR KWH 120V 15A 3 ELEMENTOS	PC	R\$30,88
895	317248	FP MEDIDOR KWH 120V 15A 3 ELEMENTOS DUPLO REGISTRO	PC	R\$ 205,67
896	314070	FP MEDIDOR KWH 120V 2,5A 2 ELEMENTOS	PC	R\$49,04
897	317388	FP MEDIDOR KWH 120V 2,5A 2 ELEMENTOS DUPLO REGISTR	PC	R\$ 204,71
898	313346	FP MEDIDOR KWH 2 ELEMENTOS COM SENSOR POLIFÁSICO	PC	R\$ 295,16
899	314062	FP MEDIDOR KWH 240V 15A 1 ELEMENTOS 3 FIOS	PC	R\$33,84
900	317404	FP MEDIDOR KWH 240V 15A 3 ELEMENTOS DUPLO REGISTRO	PC	R\$ 333,59
901	325811	FP MEDIDOR KWH 240V 2,5A 3 ELEMENTOS COM SENSOR	PC	R\$ 282,55
902	317396	FP MEDIDOR KWH 240V 2,5A 3 ELEMENTOS DUPLO REGISTR	PC	R\$ 352,07
903	314104	FP MEDIDOR KWH 240V 2,5A 3 ELEMENTOS IMÁX 10A	PC	R\$ 148,74
904	313353	FP MEDIDOR KWH 3 ELEMENTOS COM SENSOR POLIFÁSICO	PC	R\$ 228,29
905	314211	FP MEDIDOR KWH KW 240V 2,5A 3 ELEMENTOS IMÁX 10A	PC	R\$ 167,30
906	903937	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO 100WP	PC	R\$ 1.980,00
907	376692	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO 22WP	PC	R\$ 450,00
908	376691	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO BP75	PC	R\$ 1.200,00

909	375722	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO KC60	PC	R\$ 945,89
910	375732	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO KC70	PC	R\$ 1.290,90
911	376679	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO LA45	PC	R\$ 850,00
912	376688	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO MSX56	PC	R\$ 950,00
913	376689	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO MSX64	PC	R\$ 950,00
914	376682	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO SP65	PC	R\$ 950,00
915	376683	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO SP70	PC	R\$ 1.200,00
916	376684	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO SP75	PC	R\$ 1.200,00
917	376686	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO SR100	PC	R\$ 1.200,00
918	376681	FP MÓDULO FOTOVOLTAICO SR50	PC	R\$ 950,00
919	012039	FP MOITÃO MADEIRA 2 GORNES 500 DAN	PC	R\$ 174,93
920	012047	FP MOITÃO MADEIRA 3 GORNES 700 DAN	PC	R\$ 154,36
921	018408	FP MOITÃO POLIETILENO 2 GORNES 400 DAN P/ LINHA VI	PC	R\$ 526,58
922	372658	FP PADRÃO ENTRADA BIFÁSICO 1 CAIXA 4,5M PPF-19	CJ	R\$ 160,10
923	378848	FP PADRÃO ENTRADA MONOFÁSICO 1 CAIXA 7M PPF-4	CJ	R\$ 304,73
924	380385	FP PADRÃO ENTRADA RURAL BIFÁSICO 1 CAIXA 7M PPF-36	CJ	R\$ 770,03
925	921552	FP PAINEL PAD RDS 15KV 200A 2 VIAS 2 CHAVES	PC	R\$60.000,00
926	066191	FP PARAFUSO N.14	PC	R\$ 0,09
927	003178	FP PERFIL Z AÇO 34X70X34MM	PC	R\$17,81
928	237545	FP PINO DE CRUZETA 294MM PARA ISOLADOR 15 KV	PC	R\$ 7,14
929	237511	FP PINO DE CRUZETA 324MM PARA ISOLADOR 24,2 KV	PC	R\$ 7,65
930	237529	FP PINO DE CRUZETA 370MM PARA ISOLADOR 36,2 KV	PC	R\$13,40
931	237495	FP PINO DE TOPO 389MM PARA ISOLADOR 15 KV	PC	R\$ 9,43
932	237503	FP PINO DE TOPO 419MM PARA ISOLADOR 24,2 KV	PC	R\$ 8,95
933	229799	FP PLUGUE ATERRAMENTO PAT 15KV	PC	R\$ 233,81
934	229872	FP PLUGUE ISOLANTE BLINDADO 15KV	PC	R\$ 198,31
935	230508	FP PLUGUE TERMINAL PTC 15KV FÊMEA	PC	R\$95,56
936	229633	FP PLUGUE TERMINAL PTC 15KV MACHO	PC	R\$ 102,29
937	230672	FP PLUGUE TRANSIÇÃO PTR 15KV FÊMEA	PC	R\$ 282,64
938	230698	FP PLUGUE TRANSIÇÃO PTR 15KV MACHO	PC	R\$ 318,65
939	208033	FP POSTE AROEIRA 10M	PC	R\$ 173,82
940	207993	FP POSTE AROEIRA 9M	PC	R\$20,59
941	207290	FP POSTE CONCRETO CIRCULAR 10M 150DAN	PC	R\$ 404,92
942	207324	FP POSTE CONCRETO CIRCULAR 10M 300DAN	PC	R\$ 407,07
943	207357	FP POSTE CONCRETO CIRCULAR 10M 600DAN	PC	R\$ 651,36
944	207431	FP POSTE CONCRETO CIRCULAR 11M 450DAN	PC	R\$ 130,64
945	207472	FP POSTE CONCRETO CIRCULAR 11M1000DAN	PC	R\$ 936,94
946	207159	FP POSTE CONCRETO CIRCULAR 9M 150DAN	PC	R\$ 136,64
947	207274	FP POSTE CONCRETO CIRCULAR 9M 300DAN	PC	R\$ 137,57
948	214783	FP POSTE CONCRETO DUPLO T 9M 600DAN	PC	R\$ 553,47
949	207308	FP POSTE CONCRETO DUPLO T 10M 150DAN	PC	R\$ 220,81
950	207670	FP POSTE CONCRETO DUPLO T 10M 300C/ME	PC	R\$ 459,44
951	207316	FP POSTE CONCRETO DUPLO T 10M 300DAN	PC	R\$ 438,36
952	207365	FP POSTE CONCRETO DUPLO T 10M 600DAN	PC	R\$ 493,98
953	207597	FP POSTE CONCRETO DUPLO T 13M 300DAN	PC	R\$ 683,15
954	207241	FP POSTE CONCRETO DUPLO T 9M 150DAN	PC	R\$ 205,23
955	207753	FP POSTE CONCRETO DUPLO T 9M 300DAN	PC	R\$ 326,92
956	921732	FP POSTE CONCRETO DUPLO T PROTENDIDO 11M 300DAN	PC	R\$ 560,20
957	921733	FP POSTE CONCRETO DUPLO T PROTENDIDO 11M 600DAN	PC	R\$ 648,70
958	921734	FP POSTE CONCRETO DUPLO T PROTENDIDO 12M 300DAN	PC	R\$ 636,22
959	921735	FP POSTE CONCRETO DUPLO T PROTENDIDO 12M 600DAN	PC	R\$ 732,60
960	207662	FP POSTE DUPLO T 17 METROS 600 DAN	PC	R\$ 349,28
961	208041	FP POSTE EUCALIPTO 10M 150DAN	PC	R\$ 240,63
962	208058	FP POSTE EUCALIPTO 10M 300DAN	PC	R\$ 315,52

963	208025	FP POSTE EUCALIPTO 10M 600DAN	PC	R\$ 425,87
964	208256	FP POSTE EUCALIPTO 15M, 300DAN	PC	R\$ 934,01
965	207985	FP POSTE EUCALIPTO 9M 150DAN	PC	R\$ 181,94
966	210880	FP POSTE MODULAR AÇO DUPLO U 10M	PC	R\$ 229,23
967	210898	FP POSTE MODULAR AÇO DUPLO U 11M	PC	R\$ 239,37
968	210906	FP POSTE MODULAR AÇO DUPLO U 12M	PC	R\$ 311,63
969	210914	FP POSTE MODULAR AÇO DUPLO U 13M	PC	R\$ 327,94
970	212019	FP POSTE RETO 12M POL CONICO	PC	R\$ 1.096,03
971	214676	FP POSTE RETO 16M POLIG ACO	PC	R\$ 927,78
972	207779	FP POSTE CONCRETO DUPLO T 10M 450DAN	PC	R\$ 4,55
973	089664	FP PRANCHETA LEITURISTA	PC	R\$ 7,98
974	900675	FP PREGO 17/21 CABECA CHATA	PC	R\$ 1,00
975	375336	FP PREGO 20X30 CABEÇA CHATA	K G	R\$ 2,15
976	259051	FP REATOR LÂMPADA VM 125W EXTERNO	PC	R\$34,32
977	259077	FP REATOR LÂMPADA VM 80W EXTERNO	PC	R\$27,72
978	377628	FP REATOR LÂMPADA VMETAL 150W INTEG IP ORNAM	PC	R\$50,21
979	351965	FP REGULADOR MONOFÁSICO 15KV 167 KVA F INV	PC	R\$20.560,01
980	376744	FP REGULADOR MONOFÁSICO 15KV 167 KVA S/COM	PC	R\$17.302,00
981	376743	FP REGULADOR MONOFÁSICO 15KV 76,2KVA S/CM	PC	R\$ 4.363,81
982	246116	FP REGULADOR MONOFÁSICO 25KV 72KVA	PC	R\$13.309,62
983	269936	FP RELIGADOR MONOFÁSICO 15KV 100A 2KA	PC	R\$ 5.504,88
984	379352	FP RELIGADOR MONOFÁSICO 15KV 400A 6KA P/AUTOMAÇÃO	PC	R\$17.000,00
985	269944	FP RELIGADOR MONOFÁSICO 24,2KV 280A 4KA	PC	R\$ 2.458,17
986	379353	FP RELIGADOR MONOFÁSICO 27KV 400A 6KA P/AUTOMAÇÃO	PC	R\$17.000,00
987	375260	FP RELIGADOR MONOFÁSICO 36,2KV 560A 8KA	PC	R\$10.000,00
988	383615	FP RELIGADOR MONOFASICO, 15KV, 100A, 6,3KA	PC	R\$13.300,00
989	913657	FP RELIGADOR TRIF 15KV 630A 12,5KA P/ ACESSANTE	PC	R\$35.000,00
990	913656	FP RELIGADOR TRIF 24,2KV 560A 12,5KA P/ ACESSANTE	PC	R\$35.000,00
991	269928	FP RELIGADOR TRIFÁSICO 15KV 200A 2KA	PC	R\$ 3.676,74
992	288779	FP RELIGADOR TRIFÁSICO 15KV 400A 6KA	PC	R\$27.018,56
993	351957	FP RELIGADOR TRIFÁSICO 15KV 400A 6KA P/AUTOMAÇÃO	PC	R\$34.169,40
994	353725	FP RELIGADOR TRIFÁSICO 15KV 560A 6KA P/AUTOMAÇÃO	PC	R\$34.682,81
995	261073	FP RELIGADOR TRIFÁSICO, 15KV, 560A, 12KA	PC	R\$23.218,14
996	284976	FP SECCIONALIZADOR MONOFÁSICO 15KV GH	PC	R\$ 2.245,36
997	214585	FP SELA P/MASTROS EQUIL.SIMP	PC	R\$ 242,82
998	311332	FP SELO CHUMBO	CT	R\$ 2,84
999	374483	FP SELO DE SINALIZAÇÃO	CT	R\$46,73
1000	231647	FP SEPARADOR VERTICAL 50-150MM²	CJ	R\$44,63
1001	211763	FP SEPARADOR VERTICAL PARA 150MM²	CJ	R\$25,67
1002	234534	FP SEPARADOR VERTICAL PARA 50MM²	CJ	R\$32,82
1003	237107	FP SUPORTE BTX	PC	R\$79,12
1004	214338	FP SUPORTE DE AÇO PARA RELIGADOR 6H EM CRUZETA	CJ	R\$34,50
1005	327791	FP SUPORTE PARA BTX OPERAÇÃO CARGA	PC	R\$ 224,00
1006	375474	FP SUPORTE PARA LUMINÁRIA PÉ-DE-GALINHA	PC	R\$ 0,84
1007	080903	FP SUSPENSÃO TIRA JUGULAR	CJ	R\$ 8,62
1008	259291	FP TELA PROTEÇÃO PARA LUMINÁRIA ABERTA	PC	R\$ 6,79
1009	229773	FP TERMINAL DESCONECTÁVEL COTOV TDC15KV 200A 50MM²	PC	R\$ 174,43
1010	229856	FP TERMINAL DESCONECTÁVEL RETO-TDR 15KV 200A 50MM²	PC	R\$ 186,45
1011	242552	FP TP 15KV 120-1	PC	R\$ 241,32
1012	242586	FP TP 25,8KV 200-1	PC	R\$ 1.296,08
1013	246033	FP TRANSFORM TRIFÁSICO SUB 15KV 1000KVA 380/220V	PC	R\$39.052,31
1014	246017	FP TRANSFORM TRIFÁSICO SUB 15KV 500KVA BCH PORCEL	PC	R\$43.037,69
1015	239038	FP TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 10KVA QUEIMADO	PC	R\$49,48
1016	245761	FP TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 15KV 5KVA	PC	R\$ 708,39

1017	245886	FP TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 24,2KV 5KVA	PC	R\$ 793,18
1018	352186	FP TRANSFORMADOR SUB 15KV 500KVA BCH EPOXI RECUP.	PC	R\$ 386,67
1019	352187	FP TRANSFORMADOR SUB 15KV 500KVA BCH PORCEL RECUP.	PC	R\$ 2.166,32
1020	245852	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 112,5KVA	PC	R\$ 2.064,34
1021	245811	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 15KVA	PC	R\$ 381,20
1022	245878	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 225KVA	PC	R\$ 4.405,24
1023	375568	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 45KVA 380/220V	PC	R\$ 3.813,49
1024	241034	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV AP 112,5KVA	PC	R\$ 3.321,92
1025	248583	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV AP 150KVA	PC	R\$ 2.721,38
1026	249748	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV AP 30KVA	PC	R\$ 934,64
1027	259341	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV AP 45KVA	PC	R\$ 533,97
1028	248625	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV AP 75KVA	PC	R\$ 748,13
1029	241075	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV API 112,5KVA	PC	R\$ 369,82
1030	248617	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV API 150KVA	PC	R\$ 1.325,86
1031	248609	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV API 30KVA	PC	R\$ 385,28
1032	241067	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV API 45KVA	PC	R\$ 2.169,73
1033	248591	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV API 75KVA	PC	R\$ 2.027,76
1034	248278	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV RDI 225KVA	PC	R\$ 369,82
1035	245977	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 24,2KV 112,5KVA	PC	R\$ 2.683,73
1036	245936	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 24,2KV 15KVA	PC	R\$ 2.027,55
1037	245993	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 24,2KV 225KVA	PC	R\$11.381,44
1038	250159	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 24,2KV AP 150KVA	PC	R\$ 304,22
1039	250092	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 24,2KV AP 45KVA	PC	R\$ 5.293,88
1040	250100	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 24,2KV AP 75KVA	PC	R\$ 274,06
1041	240036	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUB 15KV 1000KVA 220V	PC	R\$58.272,67
1042	246025	FP TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUBTERRÂNEO 15KV 750KVA	PC	R\$45.106,25
1043	081083	FP TRAVESSÃO 1800MM PARA CINTURÃO DE SEGURANÇA	PC	R\$32,94
1044	003590	FP TUBO ISOLANTE BORRACHA 600V 310MM	PC	R\$19,39
1045	078931	FP VIGA I 4 X 2.5 / 8P X 1M	PC	R\$82,83
1046	207332	FP POSTE CONCRETO CIRCULAR 10M 450DAN	PC	R\$ 284,89
1047	207977	FP POSTE CONCRETO CIRCULAR 9M 400DAN	PC	R\$ 284,25
1048	018523	FURADEIRA DE IMPACTO HIDRÁULICA	CJ	R\$ 3.679,93
1049	375776	FUSÍVEL 36/15KV 100K 10KA	PC	R\$ 1.518,54
1050	375779	FUSÍVEL 36/15KV 10K 10KA	PC	R\$ 770,00
1051	376853	FUSÍVEL 36/15KV 140K 10KA	PC	R\$ 747,29
1052	376854	FUSÍVEL 36/15KV 200K 10KA	PC	R\$ 2.291,39
1053	375778	FUSÍVEL 36/15KV 20K 10KA	PC	R\$ 866,72
1054	376855	FUSÍVEL 36/15KV 25K 10KA	PC	R\$ 770,00
1055	375777	FUSÍVEL 36/15KV 50K 10KA	PC	R\$ 861,54
1056	379749	FUSÍVEL BAIONETA 12 AMPERES P/TRAFO TIPO PEDESTAL	PC	R\$20,95
1057	379750	FUSÍVEL BAIONETA 15 AMPERES P/TRAFO TIPO PEDESTAL	PC	R\$20,95
1058	379751	FUSÍVEL BAIONETA 25 AMPERES P/TRAFO TIPO PEDESTAL	PC	R\$20,95
1059	379747	FUSÍVEL BAIONETA 5 AMPERES P/TRAFO TIPO PEDESTAL	PC	R\$20,95
1060	379752	FUSÍVEL BAIONETA 50 AMPERES P/TRAFO TIPO PEDESTAL	PC	R\$20,95
1061	379748	FUSÍVEL BAIONETA 6 AMPERES P/TRAFO TIPO PEDESTAL	PC	R\$20,95
1062	309740	FUSÍVEL DIAZED RÁPIDO 50A 500V	PC	R\$ 0,16
1063	309765	FUSÍVEL DIAZED RÁPIDO 63A 500V	PC	R\$ 1,37
1064	229112	FUSÍVEL LIMITADOR P/CABO 240MM², CONEXÃO TUBO-BARRA	PC	R\$ 232,70
1065	229104	FUSÍVEL LIMITADOR P/CABO 240MM², CONEXÃO TUBO-TUBO	PC	R\$ 208,93
1066	229138	FUSÍVEL LIMITADOR P/CABO 240MM², CONEXÃO BARRA-BARRA	PC	R\$38,85
1067	379458	FUSÍVEL LIMITADOR 12A ACESSORIO DESCONEC LOADBREAK	PC	R\$ 331,00
1068	379459	FUSÍVEL LIMITADOR 40A ACESSORIO DESCONEC LOADBREAK	PC	R\$ 657,71
1069	379456	FUSÍVEL LIMITADOR 6A ACESSORIO DESCONEC LOADBREAK	PC	R\$ 278,74

1070	379457	FUSÍVEL LIMITADOR 8A ACESSORIO DESCONEC LOADBREAK	PC	R\$ 575,52
1071	346643	GABARITO PARA PROJETO DE RDA	PC	R\$28,33
1072	020172	GANCHO DE AÇO PARA CORDA CARRETILHA 225DAN	PC	R\$22,30
1073	020180	GANCHO ESPIRAL PARA ESTICADOR	PC	R\$53,76
1074	020198	GANCHO ROTATIVO PARA AMARRAÇÃO P/ LINHA VIVA	PC	R\$76,07
1075	237396	GANCHO-OLHAL DE AÇO 50KN	PC	R\$11,06
1076	044628	GARRA PARA CABO AÇO 3-10MM	PC	R\$ 361,35
1077	008045	GARRA PARA CABO CA/CAA 13-54MM² (6-1/0 AWG)	PC	R\$ 152,33
1078	008060	GARRA PARA CABO CA/CAA 67-170MM² (2/0-336,4)	PC	R\$ 335,41
1079	297770	GRADE DE VENTILAÇÃO PARA CÂMARA TA	PC	R\$ 939,52
1080	297796	GRADE DE VENTILAÇÃO PARA CÂMARA TB	PC	R\$ 1.645,32
1081	229245	GRADE PARA POÇO DRENAGEM RDS	PC	R\$ 230,13
1082	234575	GRAMPO ANCORAGEM PARA CABO 150MM² 15KV	PC	R\$27,99
1083	224253	GRAMPO ANCORAGEM PARA CABO 150MM² 25KV	PC	R\$21,18
1084	374440	GRAMPO ANCORAGEM PARA CABO 150MM² 35KV	PC	R\$ 185,07
1085	234567	GRAMPO ANCORAGEM PARA CABO 50MM² 15KV	PC	R\$24,81
1086	224246	GRAMPO ANCORAGEM PARA CABO 50MM² 25KV	PC	R\$24,66
1087	374439	GRAMPO ANCORAGEM PARA CABO 70MM² 35KV	PC	R\$ 244,94
1088	229021	GRAMPO ANCORAGEM PARA CABO AÇO 9,5MM	PC	R\$ 164,25
1089	288688	GRAMPO ATERRAMENTO CAA 242MM²	PC	R\$35,65
1090	375855	GRAMPO ATERRAMENTO PARA CABO CU 10-50MM²	PC	R\$ 8,77
1091	375561	GRAMPO DE FIXAÇÃO PARA 2 FIOS CU 2,5MM²	PC	R\$ 0,05
1092	378842	GRAMPO DE LINHA VIVA	PC	R\$62,51
1093	021568	GRAMPO DE TORÇÃO PARA BY-PASS LINHA VIVA	PC	R\$52,27
1094	020206	GRAMPO ISOLADO P/BY-PASS CABO CAA 6AWG-477MCM 15KV	PC	R\$58,83
1095	020214	GRAMPO PREGADOR DE PLÁSTICO	PC	R\$75,97
1096	375520	GRAMPO SUSPENSÃO PARA CABO CAA #336	PC	R\$ 214,43
1097	377298	GRAMPO SUSPENSÃO PARA CABO CAA #4/0	PC	R\$ 223,16
1098	237743	HASTE ÂNCORA-OLHAL 1600MM C/2 PORCAS E 1 ARRUELA	PC	R\$44,64
1099	222547	HASTE ATERRAMENTO 16X3000MM	PC	R\$ 109,23
1100	222562	HASTE ATERRAMENTO 20X1500MM	PC	R\$22,69
1101	222539	HASTE ATERRAMENTO 2400MM	PC	R\$55,21
1102	222380	HASTE ATERRAMENTO PARA VEÍCULOS 16X1500MM	PC	R\$ 125,76
1103	383558	IDENTIFICADOR CABO COBERTO DUPLA CAMADA	PC	R\$ 0,70
1104	352237	IDENTIFICADOR DE FASE A PARA RDI BT	PC	R\$ 0,75
1105	352242	IDENTIFICADOR DE FASE B PARA RDI BT	PC	R\$ 0,78
1106	352260	IDENTIFICADOR DE FASE C PARA RDI BT	PC	R\$ 0,82
1107	259325	IGNITOR PARA LÂMPADA VS 100W A 400W	PC	R\$ 6,42
1108	376236	IGNITOR PARA LÂMPADA VS 70W	PC	R\$ 5,98
1109	314450	INDICADOR DE SEQUÊNCIA DE FASES	PC	R\$ 240,00
1110	020222	INFLADOR DE LUVA COM BOMBA E CABEÇOTE	PC	R\$ 593,71
1111	701099	INSERIR ATIVOS NO BDGD	US	R\$72,81
1112	305078	INTERRUPTOR 1 TECLA 10A 250V EMBUTIR	PC	R\$ 1,46
1113	375236	INTERRUPTOR 1 TECLA 10A 250V SOBREPOR	PC	R\$ 3,57
1114	375471	INTERRUPTOR 2 TECLAS 10A 250V SOBREPOR	PC	R\$22,02
1115	376716	INVERSOR CC/CA 1000W	PC	R\$ 2.939,45
1116	376717	INVERSOR CC/CA 1000W 48VCC	PC	R\$ 2.000,00
1117	376709	INVERSOR CC/CA 150W	PC	R\$ 355,00
1118	375728	INVERSOR CC/CA 1800W	PC	R\$ 4.280,60
1119	376710	INVERSOR CC/CA 250W	PC	R\$ 450,00
1120	376711	INVERSOR CC/CA 300W	PC	R\$ 1.894,51
1121	376714	INVERSOR CC/CA 600W	PC	R\$ 850,00
1122	219626	ISOLADOR CASTANHA PORCELANA	PC	R\$ 6,75
1123	219659	ISOLADOR DE ANCORAGEM POLIMÉRICO 15 KV	PC	R\$32,37

1124	219667	ISOLADOR DE ANCORAGEM POLIMÉRICO 36,2 KV	PC	R\$49,68
1125	219642	ISOLADOR DE PINO POLIMÉRICO 15 KV	PC	R\$ 9,25
1126	218867	ISOLADOR DE PINO POLIMÉRICO 36,2 KV	PC	R\$65,36
1127	347088	ISOLADOR DISCO GARFO-OLHAL A RECUPERAR	PC	R\$ 1,92
1128	219543	ISOLADOR DISCO GARFO-OLHAL VIDRO	PC	R\$14,02
1129	378697	ISOLADOR PILAR POLIMÉRICO C/PINO 27MM M16 36,2 KV	PC	R\$ 143,23
1130	378298	ISOLADOR PILAR POLIMÉRICO C/PINO 165MM M16 25 KV	PC	R\$45,25
1131	378475	ISOLADOR PILAR POLIMÉRICO C/PINO 165MM M16 36,2 KV	PC	R\$ 144,22
1132	378698	ISOLADOR PILAR POLIMÉRICO C/PINO 165MM M20 36,2 KV	PC	R\$61,73
1133	380601	ISOLADOR PILAR POLIMÉRICO, 15/25KV, 330MM	PC	R\$58,40
1134	380620	ISOLADOR PILAR POLIMÉRICO, 15/25KV, 395MM	PC	R\$58,40
1135	375718	ISOLADOR PILAR PORCELANA 15 KV, PESCOÇO 60MM	PC	R\$67,36
1136	376194	ISOLADOR PILAR PORCELANA 25/35 KV, PESCOÇO 60MM	PC	R\$ 120,99
1137	347153	ISOLADOR PINO A RECUPERAR	PC	R\$ 1,10
1138	375329	ISOLADOR ROLDANA POLIMÉRICO OU PORCELANA 2 CANAIS	PC	R\$16,71
1139	219634	ISOLADOR ROLDANA PORCELANA OU VIDRO	PC	R\$10,41
1140	375475	ISOLADOR ROLDANA PVC 1 CANAL 36X36MM	PC	R\$ 0,20
1141	375485	ISOLADOR ROLDANA PVC 1 CANAL 40X40MM	PC	R\$ 0,08
1142	364690	ISOLADOR ROLDANA/CASTANHA A RECUPERAR	PC	R\$ 0,09
1143	375581	KIT CERCA 2 SISTEMA FOTOVOLTAICO	CJ	R\$ 350,00
1144	352182	KIT N°1 CONDUTORES PARA MEDIÇÃO INDIRETA BT	CJ	R\$46,72
1145	354912	KIT N°2 CONDUTORES PARA MEDIÇÃO INDIRETA BT	CJ	R\$58,29
1146	354951	KIT N°3 CONDUTORES PARA MEDIÇÃO INDIRETA BT	CJ	R\$25,56
1147	376376	LAÇO PREFORMADO DE ROLDANA	PC	R\$ 4,92
1148	230383	LAÇO PREFORMADO DE TOPO CA/CAA 107MM <sup>2</sup> (4/0AWG)	PC	R\$ 5,70
1149	230391	LAÇO PREFORMADO DE TOPO CA/CAA 170MM <sup>2</sup> (336,4MCM)	PC	R\$ 7,43
1150	230359	LAÇO PREFORMADO DE TOPO CA/CAA 21MM <sup>2</sup> (4AWG)	PC	R\$ 4,13
1151	230367	LAÇO PREFORMADO DE TOPO CA/CAA 34MM <sup>2</sup> (2AWG)	PC	R\$ 4,37
1152	230375	LAÇO PREFORMADO DE TOPO CA/CAA 54MM <sup>2</sup> (1/0AWG)	PC	R\$ 4,39
1153	230151	LAÇO PREFORMADO DE TOPO P/ CABO AÇO 11,93MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 1,19
1154	230250	LAÇO PREFORMADO LATERAL DUPLO CA/CAA 107MM <sup>2</sup>	PR	R\$ 6,96
1155	230268	LAÇO PREFORMADO LATERAL DUPLO CA/CAA 170MM <sup>2</sup>	PR	R\$11,16
1156	230219	LAÇO PREFORMADO LATERAL DUPLO CA/CAA 21MM <sup>2</sup>	PR	R\$ 5,95
1157	230235	LAÇO PREFORMADO LATERAL DUPLO CA/CAA 34MM <sup>2</sup>	PR	R\$ 4,63
1158	230243	LAÇO PREFORMADO LATERAL DUPLO CA/CAA 54MM <sup>2</sup>	PR	R\$ 3,31
1159	230193	LAÇO PREFORMADO LATERAL SIMPLES CA/CAA 107MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 3,18
1160	230201	LAÇO PREFORMADO LATERAL SIMPLES CA/CAA 170MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 5,93
1161	230169	LAÇO PREFORMADO LATERAL SIMPLES CA/CAA 21MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 2,31
1162	230177	LAÇO PREFORMADO LATERAL SIMPLES CA/CAA 34MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 2,95
1163	230185	LAÇO PREFORMADO LATERAL SIMPLES CA/CAA 54MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 4,14
1164	230128	LAÇO PREFORMADO LATERAL SIMPLES CABO AÇO 11,93MM <sup>2</sup>	PC	R\$ 2,27
1165	230326	LAÇO PREFORMADO ROLDANA CA/CAA 107MM <sup>2</sup> (4/0AWG)	PC	R\$ 3,39
1166	230284	LAÇO PREFORMADO ROLDANA CA/CAA 21MM <sup>2</sup> (4AWG)	PC	R\$ 0,59
1167	230292	LAÇO PREFORMADO ROLDANA CA/CAA 34MM <sup>2</sup> (2AWG)	PC	R\$ 7,80
1168	230300	LAÇO PREFORMADO ROLDANA CA/CAA 54MM <sup>2</sup> (1/0AWG)	PC	R\$ 4,98
1169	299610	LAJE CONCRETO PREMOLDADO POÇO XA PARA RDS	PC	R\$ 2.456,46
1170	299636	LAJE CONCRETO PREMOLDADO POÇO XB PARA RDS	PC	R\$ 1.300,02
1171	372328	LÂMINA BY-PASS PARA CHAVE FUSÍVEL 15KV 100A 2KA	PC	R\$ 209,04
1172	372330	LÂMINA BY-PASS PARA CHAVE FUSÍVEL 15KV 300A 10KA	PC	R\$ 135,43
1173	372329	LÂMINA BY-PASS PARA CHAVE FUSÍVEL 24KV 100A 2KA	PC	R\$94,70
1174	372331	LÂMINA BY-PASS PARA CHAVE FUSÍVEL 24KV 300A 6,3KA	PC	R\$ 107,52
1175	011882	LÂMINA DE SERRA 305X13MM P/ ARCO DE SERRA MANUAL	PC	R\$ 1,53
1176	020230	LÂMINA ROTATIVA PARA AMARRAÇÃO PARA LINHA VIVA	PC	R\$ 135,13
1177	910873	LÂMPADA ESTROBO 220V 6W BRANCA 50-60 FLASHES/MIN	PC	R\$30,00

1178	361650	LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA 15W	PC	R\$ 4,82
1179	375049	LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR 16W	PC	R\$ 4,91
1180	375055	LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR 32W	PC	R\$ 6,25
1181	258285	LÂMPADA VAPOR DE MERCÚRIO 250W AP E-40 OVÓIDE	PC	R\$ 7,61
1182	258293	LÂMPADA VAPOR DE MERCÚRIO 400W AP E-40 OVÓIDE	PC	R\$ 8,19
1183	352561	LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO 100W AP E-40 OVÓIDE	PC	R\$ 6,77
1184	376238	LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO 100W AP E-40 TUBULAR	PC	R\$33,50
1185	259390	LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO 150W AP E-40 OVÓIDE	PC	R\$ 8,98
1186	354899	LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO 150W AP E-40 TUBULAR	PC	R\$22,38
1187	258343	LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO 250W AP E-40 OVÓIDE	PC	R\$12,06
1188	256537	LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO 250W AP E-40 TUBULAR	PC	R\$13,41
1189	258301	LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO 400W AP E-40 TUBULAR	PC	R\$22,17
1190	376237	LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO 70W AP E-27 TUBULAR	PC	R\$31,93
1191	376239	LÂMPADA VAPOR METÁLICO 150W AP E-40 OVÓIDE	PC	R\$88,95
1192	377333	LÂMPADA VAPOR METÁLICO 150W AP E-40 TUBULAR	PC	R\$79,73
1193	377331	LÂMPADA VAPOR METÁLICO 35W AP E-27 REFLET 10 GRAUS	PC	R\$91,64
1194	377332	LÂMPADA VAPOR METÁLICO 35W AP E-27 REFLET 30 GRAUS	PC	R\$91,64
1195	256776	LÂMPADA VAPOR METÁLICO 400W AP E-40 TUBULAR	PC	R\$30,51
1196	377329	LÂMPADA VAPOR METALICO 70W AP E-27 REFLET 10 GRAUS	PC	R\$90,58
1197	377330	LÂMPADA VAPOR METALICO 70W AP E-27 REFLET 30 GRAUS	PC	R\$63,59
1198	379045	LÂMPADA VAPOR METÁLICO 70W AP E-27 TUBULAR	PC	R\$ 120,48
1199	339119	LÂMPADA VAPOR METÁLICO 70W AP G-12	PC	R\$26,22
1200	360876	LÂMPADA VS 400W AP E-40 TUBULAR DUPLO TUBO DE ARCO	PC	R\$48,74
1201	044743	LENÇOL ISOLANTE 1000X300X2,5MM 1KV CLASSE 0	PC	R\$30,16
1202	020248	LENÇOL ISOLANTE 900X900X3MM 40KV CLASSE 4	PC	R\$ 471,85
1203	020255	LENÇOL ISOLANTE SEMI-PARTIDO 900X900X3MM 40KV	PC	R\$ 481,32
1204	284968	LOADBUSTER 25KV 600A	PC	R\$ 4.984,74
1205	256321	LUMINÁRIA ABERTA COM OU SEM REATOR A RECUPERAR	PC	R\$ 2,30
1206	377733	LUMINÁRIA C/ EQUIPAMENTO SEMI ESFÉRICA VMT150W TUB	PC	R\$ 185,38
1207	259242	LUMINÁRIA COM EQUIP ORNAMENTAL P/ LÂMPADA VM 125W	PC	R\$ 239,55
1208	377317	LUMINÁRIA COM EQUIP ORNAMENTAL P/ LÂMPADA VS 150W	PC	R\$ 367,68
1209	379043	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO SEMI ESFÉRICA VMT70W TUB	PC	R\$ 270,12
1210	377732	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO SEMI ESFÉRICA VS100W TUB	PC	R\$ 212,55
1211	376109	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 100W VIDRO PLANO	PC	R\$ 265,51
1212	354901	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 150W POLICARBONATO	PC	R\$ 283,33
1213	376790	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 150W REATOR 240V	PC	R\$ 193,12
1214	354900	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 150W TUBULAR	PC	R\$ 255,30
1215	349118	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 250W POLICARBONATO	PC	R\$ 349,98
1216	376789	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 250W REATOR 240V	PC	R\$ 278,29
1217	257113	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 250W TUBULAR	PC	R\$ 236,28
1218	354882	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 400W	PC	R\$ 832,92
1219	376108	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 70W VIDRO PLANO	PC	R\$ 126,13
1220	375093	LUMINÁRIA DUPLA PARA LÂMPADA 16W FLUORESCENTE	PC	R\$43,04
1221	375101	LUMINÁRIA DUPLA PARA LÂMPADA 32W FLUORESCENTE	PC	R\$20,96
1222	256362	LUMINÁRIA FECHADA 1 LÂMPADA REATOR INTERNO RECUP	PC	R\$13,24
1223	256370	LUMINÁRIA FECHADA 2 LÂMPADAS REATOR EXTERNO RECUP	PC	R\$ 8,58
1224	256354	LUMINÁRIA FECHADA 2 LÂMPADAS REATOR INTERNO RECUP	PC	R\$ 2,01
1225	374267	LUMINÁRIA FECHADA P/1 LÂMPADA REATOR EXTERNO RECUP	PC	R\$ 1,13
1226	357145	LUMINÁRIA INDUSTRIAL ABERTA P/ LÂMPADA MISTA 250W	PC	R\$ 210,00
1227	256297	LUMINÁRIA LAMPIÃO COLONIAL	PC	R\$ 398,49
1228	378700	LUMINÁRIA ORNAM PARA POSTE VMT 150W TUBULAR	PC	R\$ 582,00
1229	378701	LUMINÁRIA ORNAM PARA SUPORTE VMT 150W TUBULAR	PC	R\$ 1.134,03
1230	374337	LUMINÁRIA ORNAMENTAL PROJETO RECUPERAR	PC	R\$29,70
1231	375092	LUMINÁRIA SIMPLES PARA LÂMPADA 16W FLUORESCENTE	PC	R\$ 6,97

1232	375099	LUMINÁRIA SIMPLES PARA LÂMPADA 32W FLUORESCENTE	PC	R\$10,72
1233	080986	LUVA BORRACHA 17KV N. 9	PR	R\$ 428,59
1234	081034	LUVA BORRACHA 17KV N.10	PR	R\$ 429,08
1235	080978	LUVA BORRACHA 1KV N. 9	PR	R\$ 218,88
1236	081026	LUVA BORRACHA 1KV N.10	PR	R\$ 218,88
1237	080994	LUVA BORRACHA 26,5KV N. 9	PR	R\$ 576,23
1238	081059	LUVA BORRACHA 26,5KV N.10	PR	R\$ 982,77
1239	376332	LUVA DE EMENDA DEN 125MM, C/ SISTEMA DE VEDAÇÃO	CJ	R\$ 3,19
1240	376333	LUVA DE EMENDA DEN 140MM, C/ SISTEMA DE VEDAÇÃO	CJ	R\$11,65
1241	376330	LUVA DE EMENDA DEN 63MM, C/ SISTEMA DE VEDAÇÃO	CJ	R\$ 3,58
1242	376331	LUVA DE EMENDA DEN 90MM, C/ SISTEMA DE VEDAÇÃO	CJ	R\$ 3,70
1243	376374	LUVA EMENDA COMPRESSÃO 1N5 AÇO ALUMINIZADO	PC	R\$ 2,23
1244	226472	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CA 107MM²	PC	R\$13,55
1245	231209	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CA 120MM²	PC	R\$26,85
1246	234500	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CA 150MM² RDP	PC	R\$34,00
1247	226480	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CA 170MM²	PC	R\$19,67
1248	226449	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CA 21MM²	PC	R\$ 2,70
1249	385099	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CA 240MM² COMPACTADO	PC	R\$25,50
1250	226456	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CA 34MM²	PC	R\$ 2,78
1251	231571	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CA 50MM² RDP	PC	R\$ 5,90
1252	226464	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CA 54MM² / 70MM² COMPACTADO	PC	R\$ 6,57
1253	231183	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CA/CU 240MM²	PC	R\$ 206,91
1254	226571	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CAA 107MM²	CJ	R\$36,44
1255	226589	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CAA 170MM²	CJ	R\$65,19
1256	226548	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CAA 21MM²	CJ	R\$ 7,57
1257	226555	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CAA 34MM²	CJ	R\$10,98
1258	226563	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CAA 54MM²	CJ	R\$19,92
1259	226506	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CAL 70MM²	PC	R\$31,20
1260	231191	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CAL/CA 35MM²	PC	R\$ 4,49
1261	226779	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CU 253MM²	PC	R\$14,08
1262	226720	LUVA EMENDA COMPRESSÃO CU 35MM²	PC	R\$ 8,61
1263	380717	LUVA EMENDA, COMPRESSÃO, CABO CA 84,91MM²	PC	R\$25,50
1264	081091	LUVA PROTETORA PARA LUVA ISOLANTE N. 9	PR	R\$41,66
1265	081000	LUVA PROTETORA PARA LUVA ISOLANTE N.10	PR	R\$32,03
1266	081018	LUVA RASPA PARA SERVIÇOS GERAIS	PR	R\$ 3,57
1267	081075	LUVA VAQUETA TRABALHO LEVE N. 9	PR	R\$21,50
1268	081067	LUVA VAQUETA TRABALHO LEVE N.10	PR	R\$21,50
1269	044768	MANGA ISOLANTE 10KV CLASSE 1	PR	R\$ 760,48
1270	020271	MANGA ISOLANTE 15KV CLASSE 2 PARA LINHA VIVA	PR	R\$ 886,68
1271	020545	MANGA ISOLANTE 25KV CLASSE 3 PARA LINHA VIVA	PR	R\$ 1.344,61
1272	907409	MANGUEIRA DECORATIVA LUMINOSA TRANSPARENTE 220V	M	R\$ 3,60
1273	910867	MANGUEIRA DECORATIVA LUMINOSA VERDE 220V	M	R\$ 6,00
1274	910866	MANGUEIRA DECORATIVA LUMINOSA VERMELHA 220V	M	R\$ 3,60
1275	018556	MANGUEIRA DIELETRICA 1,8M ALTA PRESSÃO	PR	R\$ 1.413,05
1276	237263	MANILHA CLASSE 120KN	PC	R\$35,05
1277	237271	MANILHA SAPATILHA CLASSE 50KN	PC	R\$18,00
1278	374393	MANTA AUTO-ADESIVA PARA EMENDA CABO 15KV RDP	PC	R\$40,37
1279	360927	MÃO-FRANCESA DUPLA 38X38X350MM RDS	PC	R\$25,30
1280	236380	MÃO-FRANCESA DUPLA 38X38X700MM RDS	PC	R\$28,05
1281	237800	MÃO-FRANCESA PERFILADA BECO 44X5X1971MM	PC	R\$88,40
1282	237784	MÃO-FRANCESA PERFILADA NORMAL 38X5X726MM	PC	R\$34,46
1283	383212	MÃO-FRANCESA, SUPORTE SUP.DIR.P/FIX.CX.MED.CRUZ.	PC	R\$47,62
1284	082586	MASSA CALAFETAR 1KG	K G	R\$14,12



1285	020289	MASTRO 1600MM PARA CRUZETA AUXILIAR	PC	R\$ 2.623,75
1286	023838	MATRIZ INTERCAMBIÁVEL 29ART PARA ALICATE Y-39	PC	R\$49,53
1287	023804	MATRIZ INTERCAMBIÁVEL 31ART PARA ALICATE Y-39	PC	R\$ 0,01
1288	023812	MATRIZ INTERCAMBIÁVEL 34ART PARA ALICATE Y-39	PC	R\$ 0,01
1289	023796	MATRIZ INTERCAMBIÁVEL 34RT PARA ALICATE Y-39	PC	R\$ 0,01
1290	023820	MATRIZ INTERCAMBIÁVEL 39ART PARA ALICATE Y-39	PC	R\$ 0,01
1291	023846	MATRIZ INTERCAMBIÁVEL 655 PARA ALICATE Y-39	PC	R\$ 0,01
1292	023853	MATRIZ INTERCAMBIÁVEL 705 PARA ALICATE Y-39	PC	R\$ 0,01
1293	374387	MATRIZ INTERCAMBIÁVEL DE CORTE TIPO U	CJ	R\$ 333,62
1294	023234	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 0	JG	R\$39,86
1295	023127	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 162	JG	R\$34,71
1296	023135	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 163	JG	R\$39,03
1297	023143	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 236	JG	R\$37,64
1298	023150	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 237	JG	R\$37,89
1299	023168	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 238	JG	R\$39,52
1300	023176	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 239	JG	R\$37,62
1301	023184	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 242	JG	R\$37,09
1302	023259	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 243	JG	R\$38,59
1303	023341	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 245	JG	R\$38,32
1304	023192	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 248	JG	R\$31,13
1305	023267	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 249	JG	R\$38,69
1306	044834	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 251	JG	R\$37,21
1307	023200	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 252	JG	R\$57,06
1308	023218	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 316	JG	R\$36,79
1309	023226	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE 321	JG	R\$39,17
1310	023085	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE D3	JG	R\$43,48
1311	023093	MATRIZ P/ ALICATE HIDRÁULICO COMPRESSÃO ÍNDICE N	JG	R\$36,75
1312	028415	MATRIZ P/ ALICATE MECÂNICO COMPRESSÃO ÍNDICE 0	CJ	R\$66,14
1313	007880	MATRIZ P/ ALICATE MECÂNICO COMPRESSÃO ÍNDICE 162	CJ	R\$77,55
1314	007898	MATRIZ P/ ALICATE MECÂNICO COMPRESSÃO ÍNDICE 163	CJ	R\$77,83
1315	007906	MATRIZ P/ ALICATE MECÂNICO COMPRESSÃO ÍNDICE 236	CJ	R\$80,07
1316	007914	MATRIZ P/ ALICATE MECÂNICO COMPRESSÃO ÍNDICE 237	CJ	R\$86,14
1317	007922	MATRIZ P/ ALICATE MECÂNICO COMPRESSÃO ÍNDICE 238	CJ	R\$57,07
1318	007930	MATRIZ P/ ALICATE MECÂNICO COMPRESSÃO ÍNDICE 239	CJ	R\$32,46
1319	007955	MATRIZ P/ ALICATE MECÂNICO COMPRESSÃO ÍNDICE 242	CJ	R\$74,54
1320	007963	MATRIZ P/ ALICATE MECÂNICO COMPRESSÃO ÍNDICE 243	CJ	R\$77,67
1321	008029	MATRIZ P/ ALICATE MECÂNICO COMPRESSÃO ÍNDICE 245	CJ	R\$88,49
1322	008003	MATRIZ P/ ALICATE MECÂNICO COMPRESSÃO ÍNDICE 28K	CJ	R\$85,29
1323	383478	MEDIDOR ELET, KWH, 120V, 15A, SMC, SMDEE, BIFASICO	PC	R\$ 400,00
1324	383477	MEDIDOR ELET, KWH, 120V, 15A, SMC, SMDEE, MONOF.	PC	R\$ 300,00
1325	383479	MEDIDOR ELET, KWH, 120V, 15A, SMC, SMDEE, TRIF.	PC	R\$ 500,00
1326	383151	MEDIDOR LCD KWH 120V BIFÁSICO 15A/120A	PC	R\$72,88
1327	383150	MEDIDOR LCD KWH 120V MONO 2F 15A/100A	PC	R\$28,87
1328	383152	MEDIDOR LCD KWH 120V TRIFÁSICO 15A/120A	PC	R\$78,84
1329	381120	MEDIDOR QEE BT MONOF 2F 15/100A	PC	R\$ 598,70
1330	381122	MEDIDOR QEE BT TRI 4F DIR 15/120A	PC	R\$ 760,62
1331	381121	MEDIDOR QEE BT TRIF 4F IND 2,5/100A	PC	R\$ 1.301,87
1332	380231	MEDIDOR, BIDIRECIONAL, LIGAÇÃO DIRETA, TRIFÁSICO	PC	R\$ 108,32
1333	379076	MEDIDOR, BIDIRECIONAL, LIGAÇÃO DIRETA, TRIFÁSICO	PC	R\$18,68
1334	380230	MEDIDOR, BIDIRECIONAL, LIGAÇÃO INDIRETA, TRIFÁSICO	PC	R\$ 501,61
1335	319392	MEDIDOR, ELETRÔ, TRIFÁSICO, LIG INDIRETA, P/ IRRIGANTE	PC	R\$ 314,71
1336	319525	MEDIDOR, ELETRÔN, TRIFÁSICO, LIG DIRETA, P/ IRRIGANTE	PC	R\$ 206,35
1337	326751	MEDIDOR, ELETRÔN, TRIFÁSICO, THS, 240/120V, 2,5A (MT)	PC	R\$ 454,24
1338	376700	MEDIDOR, ELETRÔNICO, BIFÁSICO, LIG DIRETA, KWH	PC	R\$81,19

1339	378257	MEDIDOR,ELETRÔNICO,KWH,MONOFÁSICO,2 FIOS	PC	R\$25,85
1340	377205	MEDIDOR,ELETRÔNICO,KWH,MONOFÁSICO,3 FIOS	PC	R\$83,66
1341	376872	MEDIDOR,ELETRÔNICO,KWH/KVARH,15A,3E	PC	R\$ 146,45
1342	320069	MEDIDOR,ELETRÔNICO,LIG DIRETA,CAMPANHA DE MEDIDAS	PC	R\$ 168,69
1343	376873	MEDIDOR,ELETRÔNICO,TRIFÁSICO,KWH/KVARH,30A/200A	PC	R\$ 538,96
1344	376701	MEDIDOR,ELETRÔNICO,TRIFÁSICO,LIG DIRETA,KWH	PC	R\$72,84
1345	376874	MEDIDOR,ELETRÔNICO,TRIFÁSICO,LIGAÇÃO INDIRETA,KWH	PC	R\$ 131,24
1346	701098	MODIFICAR OU EXCLUIR ATIVOS NO BDGD	US	R\$69,96
1347	377426	MÓDULO ELETRÔNICO MEDIÇÃO E CORTE P/UC 1F 120V	PC	R\$ 109,12
1348	375734	MÓDULO FOTOVOLTAICO KC120	PC	R\$ 1.494,27
1349	376678	MÓDULO FOTOVOLTAICO KC45	PC	R\$ 930,00
1350	376680	MÓDULO FOTOVOLTAICO KC50	PC	R\$ 1.087,27
1351	375733	MÓDULO FOTOVOLTAICO KC80	PC	R\$ 1.190,60
1352	376687	MÓDULO FOTOVOLTAICO MSX53	PC	R\$ 950,00
1353	376690	MÓDULO FOTOVOLTAICO MSX70	PC	R\$ 1.290,90
1354	355204	MÓDULO FOTOVOLTAICO MSX75	CJ	R\$ 1.252,63
1355	230045	MÓDULO,BÁSICO T,MBT,15/25KV,600A	PC	R\$ 149,85
1356	230037	MÓDULO,BÁSICO T,MBT,8,7/15KV,600A	PC	R\$ 129,78
1357	385238	MÓDULO,BÁSICO T,TBB,20/35KV,600A	PC	R\$ 715,71
1358	297747	MOLDURA AÇO 1500X920MM PARA CÂMARA TIPO TA	PC	R\$ 110,54
1359	297754	MOLDURA AÇO 1900X840MM PARA CÂMARA TIPO TB	PC	R\$ 406,66
1360	237289	OLHAL PARA PARAFUSO 50KN	PC	R\$20,56
1361	378847	PADRÃO ENTRADA BIFÁSICO 1 CAIXA 7M PPF-12	CJ	R\$ 595,99
1362	309260	PADRÃO ENTRADA BIFÁSICO 1 CAIXA 7M PPF-20	CJ	R\$ 730,22
1363	309245	PADRÃO ENTRADA MONOFÁSICO 1 CAIXA 4,5M PPF-1	CJ	R\$ 226,90
1364	309252	PADRÃO ENTRADA MONOFÁSICO 1 CAIXA 7M PPF-2	CJ	R\$ 339,01
1365	372659	PADRÃO ENTRADA MONOFÁSICO 2 CAIXAS 4,5M PPF-5	CJ	R\$ 335,42
1366	372660	PADRÃO ENTRADA MONOFÁSICO 2 CAIXAS 7M PPF-6	CJ	R\$ 464,57
1367	380386	PADRÃO ENTRADA RURAL BIFÁSICO 1 CAIXA 7M PA6	CJ	R\$ 2.037,32
1368	921556	PAINEL,INTERRUPÇÃO/MANOBRA,TRIPOLAR,200A	PC	R\$ 100.000,00
1369	337295	PARAFUSADEIRA ELÉTRICA	PC	R\$ 128,00
1370	297192	PARAFUSO AJUSTE P/ FUSÍVEL DIAZED TIPO D 63A	PC	R\$ 0,01
1371	066688	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M12X 40MM	PC	R\$ 3,45
1372	066878	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 45MM	PC	R\$ 2,64
1373	066886	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 70MM	PC	R\$ 3,51
1374	066894	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X150MM	PC	R\$ 4,82
1375	074773	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M12X150MM	PC	R\$ 2,22
1376	376072	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M12X75MM	PC	R\$ 2,00
1377	074799	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X125MM	PC	R\$ 5,56
1378	074807	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X150MM	PC	R\$ 6,17
1379	074815	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X200MM	PC	R\$ 8,12
1380	074823	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X250MM	PC	R\$ 9,59
1381	074831	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X300MM	PC	R\$11,59
1382	074849	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X350MM	PC	R\$12,50
1383	074856	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X400MM	PC	R\$14,06
1384	074864	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X450MM	PC	R\$14,91
1385	074872	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X500MM	PC	R\$15,90
1386	074880	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X550MM	PC	R\$16,84
1387	074898	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X600MM	PC	R\$17,33
1388	074906	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X650MM	PC	R\$18,24
1389	074914	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X700MM	PC	R\$21,46
1390	378857	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X900MM	PC	R\$20,86
1391	075903	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA 3/8X1.1/2P	PC	R\$ 0,63
1392	075895	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA 3/8X1P	PC	R\$ 0,28

1393	075036	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA M12X 40MM	PC	R\$17,92
1394	075044	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA M12X 50MM	PC	R\$22,11
1395	198366	PARAFUSO N.6	PC	R\$ 4,56
1396	066589	PARAFUSO N.8	PC	R\$ 0,31
1397	075556	PARAFUSO OLHAL M16X200MM	PC	R\$69,10
1398	289058	PÁRA-RAIOS 12KV 10KA ZNO	PC	R\$ 120,48
1399	289157	PÁRA-RAIOS 21KV 10KA ZNO	PC	R\$ 246,58
1400	375258	PÁRA-RAIOS 30KV 10KA ZNO	PC	R\$ 167,65
1401	374422	PÁRA-RAIOS 33KV 10KA ZNO	PC	R\$ 313,91
1402	260281	PÁRA-RAIOS RECUPERÁVEL 15-23KV (DIVERSOS TIPOS)	PC	R\$ 2,40
1403	293357	PÁRA-RAIOS REDE SECUNDÁRIA ISOLADA 280V 10KA	PC	R\$47,92
1404	293308	PÁRA-RAIOS SEC CONV 10KA	PC	R\$36,15
1405	288902	PÁRA-RAIOS TDC 12KV 5KA RDS/RDI	PC	R\$ 556,93
1406	079681	PASTA ANTIÓXIDO EMB 400G	PC	R\$20,24
1407	082446	PASTA ANTIÓXIDO EMBALAGEM 250G	PC	R\$12,30
1408	002113	PEÇA Z AÇO ZINCADO PARA LEITO DE CABO	PC	R\$ 0,01
1409	003186	PERFIL L AÇO 70X70MM	PC	R\$30,38
1410	375873	PERFIL L-127X127X24,1X513MM	PC	R\$ 129,28
1411	375871	PERFIL L-88,9X63,5X10X127MM	PC	R\$22,42
1412	375872	PERFIL L-88,9X63,5X10X922MM	PC	R\$ 149,12
1413	375870	PERFIL L-88,9X63,6X10X102MM	PC	R\$17,35
1414	003194	PERFILADO PERFURADO DE CHAPA PARA RDS 35X35X6000MM	PC	R\$ 153,06
1415	376195	PINO CURTO PARA ISOLADOR PILAR	PC	R\$ 6,90
1416	380596	PINO LONGO PARA ISOLADOR PILAR	PC	R\$ 7,36
1417	375720	PINO PARA ISOLADOR PILAR	PC	R\$ 9,79
1418	236265	PINO PARA ISOLADOR POLIMÉRICO - BRAÇO TIPO C	PC	R\$21,93
1419	375233	PINO PARA ISOLADOR POLIMÉRICO - CRUZETA	PC	R\$27,36
1420	081950	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO H	PC	R\$ 0,66
1421	081976	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO K	PC	R\$ 0,65
1422	081836	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO T	PC	R\$ 0,95
1423	081679	PLACA N.0 PARA IDENTIFICAÇÃO EQUIPAMENTO	PC	R\$ 1,41
1424	081596	PLACA N.1 PARA IDENTIFICAÇÃO EQUIPAMENTO	PC	R\$ 1,46
1425	081604	PLACA N.2 PARA IDENTIFICAÇÃO EQUIPAMENTO	PC	R\$ 1,44
1426	081612	PLACA N.3 PARA IDENTIFICAÇÃO EQUIPAMENTO	PC	R\$ 1,53
1427	081620	PLACA N.4 PARA IDENTIFICAÇÃO EQUIPAMENTO	PC	R\$ 1,62
1428	081638	PLACA N.5 PARA IDENTIFICAÇÃO EQUIPAMENTO	PC	R\$ 1,55
1429	081646	PLACA N.6 OU 9 PARA IDENTIFICAÇÃO EQUIPAMENTO	PC	R\$ 1,58
1430	081653	PLACA N.7 PARA IDENTIFICAÇÃO EQUIPAMENTO	PC	R\$ 1,46
1431	081661	PLACA N.8 PARA IDENTIFICAÇÃO EQUIPAMENTO	PC	R\$ 2,31
1432	380554	PLACA REDUTORA PARA DUTO CORRUGADO 63MM	CJ	R\$ 2,20
1433	020305	PLATAFORMA EPOXI 1200MM	PC	R\$ 5.950,71
1434	020313	PLATAFORMA EPOXI 1800MM	PC	R\$ 6.654,73
1435	231001	PLUGUE ATERRAMENTO PAT 15KV 600A	PC	R\$ 335,12
1436	229955	PLUGUE ATERRAMENTO PAT 25KV	PC	R\$ 153,81
1437	337964	PLUGUE ISOLANTE PIB 15KV 600A	PC	R\$ 185,20
1438	230516	PLUGUE TERMINAL PTC 25KV FÊMEA	PC	R\$91,38
1439	230060	PLUGUE TERMINAL PTC 25KV MACHO	PC	R\$94,54
1440	230680	PLUGUE TRANSIÇÃO PTR 25KV FÊMEA	PC	R\$ 385,69
1441	230706	PLUGUE TRANSIÇÃO PTR 25KV MACHO	PC	R\$ 433,85
1442	352702	PLUGUE ATERRAMENTO PAT-L 25KV	PC	R\$ 974,00
1443	352709	PLUGUE TRANSIÇÃO PTR-L 25KV	PC	R\$ 176,37
1444	229989	PLUGUE, CONEXÃO, PDC, 600A, 15/25KV	PC	R\$ 209,57
1445	229963	PLUGUE, CONEXÃO, PDC, 600A, 8,7/15KV	PC	R\$ 221,04
1446	924683	PLUGUE, CONEXÃO, PDC, COM PINO ROSCADO, 600A	PC	R\$ 954,00

1447	385239	PLUGUE,TERMINAL,C/CAPA,PTC,COM PINO ROSC	PC	R\$ 334,74
1448	380171	POÇO DE INSPEÇÃO XA PRÉ-FABRICADO MODULAR	PC	R\$41.904,76
1449	075887	PORCA LOSANGULAR 3/8P	PC	R\$11,43
1450	075630	PORCA QUADRADA M16 24X24X13MM	PC	R\$ 1,39
1451	297457	PORCA-ARRUELA AÇO 3/4P	PC	R\$ 1,76
1452	377956	PORTA FUS 36,2 KV 100A 3,5 KA	PC	R\$ 167,69
1453	288951	PORTA-FUSÍVEL 15KV 100A 1,4KA	PC	R\$ 160,77
1454	271205	PORTA-FUSÍVEL 15KV 100A 7,1KA	PC	R\$ 124,77
1455	271213	PORTA-FUSÍVEL 15KV 200A 7,1KA	PC	R\$ 203,38
1456	288969	PORTA-FUSÍVEL 24KV 100A 1,4KA	PC	R\$ 153,37
1457	271221	PORTA-FUSÍVEL 24KV 100A 4,5KA	PC	R\$77,32
1458	208207	POSTE AÇO DIVERSOS A RECUPERAR	PC	R\$ 797,11
1459	377202	POSTE AÇO IP CÔNICO CONTÍNUO 6 M	PC	R\$ 458,46
1460	378392	POSTE AÇO IP CONICO CONTÍNUO 8,5 M	PC	R\$ 811,28
1461	377336	POSTE AÇO IP CÔNICO CONTÍNUO 8,5M	PC	R\$ 1.524,19
1462	209726	POSTE AÇO IP ESCALONADO 4,50M	PC	R\$ 147,96
1463	376241	POSTE AÇO IP ESCALONADO COLONIAL 4M	PC	R\$ 275,13
1464	377633	POSTE AÇO IP ESCALONADO COLONIAL 6M	PC	R\$ 407,29
1465	377116	POSTE AÇO IP OCTOG ENGAST 11,3M P/ CHIC/SEÇÃO RETA	PC	R\$ 1.053,51
1466	377117	POSTE AÇO IP OCTOG ENGAST 9,3M P/ CHIC/SEÇÃO RETA	PC	R\$ 904,93
1467	376514	POSTE AÇO IP OCTOG FLANG 11,8M P/ CHIC/SEÇÃO RETA	PC	R\$ 1.568,20
1468	214635	POSTE AÇO IP OCTOG FLANG 7,8M P/ CHIC/SEÇÃO RETA	PC	R\$ 822,07
1469	214627	POSTE AÇO IP OCTOG FLANG 9,8M PARA CHIC/SEÇÃO RETA	PC	R\$ 980,24
1470	376509	POSTE AÇO IP RETO OCTOG 13,8M ENGASTADO	PC	R\$ 1.529,85
1471	376253	POSTE AÇO,BASCULANTE,RETO8,5M,CIRCULAR,CÔNICO CONT	PC	R\$ 1.200,00
1472	379512	POSTE AÇO,PA1,4,5M,30DAN,PARA PADRÃO ENTRADA	PC	R\$ 107,47
1473	379513	POSTE AÇO,PA3,4,5M,125DAN,PARA PADRÃO ENTRADA	PC	R\$ 173,27
1474	379514	POSTE AÇO,PA4,7M,40DAN,PARA PADRÃO ENTRADA	PC	R\$ 298,66
1475	379515	POSTE AÇO,PA5,7M,85DAN,PARA PADRÃO ENTRADA	PC	R\$ 614,66
1476	379096	POSTE COMPÓSITO, CIRC 11M, 300DAN, NÃO SECCIONADO	PC	R\$ 1.489,95
1477	379097	POSTE COMPÓSITO, CIRC 11M, 300DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 1.760,85
1478	379129	POSTE COMPÓSITO, CIRC 11M, 600DAN, NÃO SECCIONADO	PC	R\$ 1.750,00
1479	379130	POSTE COMPÓSITO, CIRC 11M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 2.450,00
1480	379136	POSTE COMPÓSITO, CIRC 12M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 2.475,00
1481	379137	POSTE COMPÓSITO, CIRC 12M, 1000DAN, NÃO SECCIONADO	PC	R\$ 2.150,00
1482	379138	POSTE COMPÓSITO, CIRC 12M, 1000DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 2.475,00
1483	379133	POSTE COMPÓSITO, CIRC 12M, 300DAN, NÃO SECCIONADO	PC	R\$ 1.484,00
1484	379134	POSTE COMPÓSITO, CIRC 12M, 300DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 1.978,00
1485	379135	POSTE COMPÓSITO, CIRC 12M, 600DAN, NÃO SECCIONADO	PC	R\$ 2.150,00
1486	379144	POSTE COMPÓSITO, CIRC 13M, 1000DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 2.950,00
1487	379142	POSTE COMPÓSITO, CIRC 13M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 2.600,00
1488	379146	POSTE COMPÓSITO, CIRC 15M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 3.150,00
1489	379148	POSTE COMPÓSITO, CIRC 17M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 3.750,00
1490	379150	POSTE COMPÓSITO, CIRC 18M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 4.480,00
1491	379152	POSTE COMPÓSITO, CIRC 20M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 9.481,50
1492	379092	POSTE COMPÓSITO, QUAD 11M, 300DAN, NÃO SECCIONADO	PC	R\$ 1.350,00
1493	379093	POSTE COMPÓSITO, QUAD 11M, 300DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 1.650,00
1494	379161	POSTE COMPÓSITO, QUAD 11M, 600DAN, NÃO SECCIONADO	PC	R\$ 1.860,00
1495	379162	POSTE COMPÓSITO, QUAD 11M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 2.470,00
1496	379167	POSTE COMPÓSITO, QUAD 12M, 1000DAN, NÃO SECCIONADO	PC	R\$ 2.850,00
1497	379168	POSTE COMPÓSITO, QUAD 12M, 1000DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 3.315,00
1498	379169	POSTE COMPÓSITO, QUAD 12M, 300DAN, NÃO SECCIONADO	PC	R\$ 1.520,00
1499	379170	POSTE COMPÓSITO, QUAD 12M, 300DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 1.998,00
1500	379165	POSTE COMPÓSITO, QUAD 12M, 600DAN, NÃO SECCIONADO	PC	R\$ 2.190,00

1501	379166	POSTE COMPÓSITO, QUAD 12M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 2.495,00
1502	379176	POSTE COMPÓSITO, QUAD 13M, 1000DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 2.950,00
1503	379174	POSTE COMPÓSITO, QUAD 13M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 2.600,00
1504	379178	POSTE COMPÓSITO, QUAD 15M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 3.150,00
1505	379180	POSTE COMPÓSITO, QUAD 17M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 3.750,00
1506	379182	POSTE COMPÓSITO, QUAD 18M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 4.480,00
1507	379184	POSTE COMPÓSITO, QUAD 20M, 600DAN, SEC 2 PARTES	PC	R\$ 4.850,00
1508	207415	POSTE CONCRETO CIRCULAR 11M 300DAN	PC	R\$ 840,99
1509	207449	POSTE CONCRETO CIRCULAR 11M 600DAN	PC	R\$ 1.287,10
1510	207522	POSTE CONCRETO CIRCULAR 12M 300DAN	PC	R\$ 915,22
1511	207506	POSTE CONCRETO CIRCULAR 12M 600DAN	PC	R\$ 1.553,19
1512	207514	POSTE CONCRETO CIRCULAR 12M1000DAN	PC	R\$ 1.907,91
1513	207530	POSTE CONCRETO CIRCULAR 13M 600DAN	PC	R\$ 1.767,28
1514	207555	POSTE CONCRETO CIRCULAR 13M1000DAN	PC	R\$ 2.094,17
1515	372995	POSTE CONCRETO CIRCULAR/DT A RECUPERAR	PC	R\$29,96
1516	207373	POSTE CONCRETO DUPLO T 11M 300DAN	PC	R\$ 764,11
1517	214569	POSTE CONCRETO DUPLO T 11M 600DAN	PC	R\$ 1.180,77
1518	207571	POSTE CONCRETO DUPLO T 12M 300DAN	PC	R\$ 789,59
1519	214577	POSTE CONCRETO DUPLO T 12M 600DAN	PC	R\$ 1.039,58
1520	207647	POSTE CONCRETO DUPLO T 13M 600DAN	PC	R\$ 1.214,08
1521	207654	POSTE CONCRETO DUPLO T 15M 600DAN	PC	R\$ 1.845,22
1522	384560	POSTE CONCRETO DUPLO T 16M 600DAN	PC	R\$ 2.447,79
1523	214742	POSTE CONCRETO DUPLO T 18M 600DAN	PC	R\$ 2.409,63
1524	384561	POSTE CONCRETO DUPLO T 20M 600DAN	PC	R\$ 2.447,79
1525	920473	POSTE CONCRETO DUPLO T 21M 1000DAN	PC	R\$ 4.565,95
1526	921737	POSTE CONCRETO DUPLO T PROTENDIDO 13M 600DAN	PC	R\$ 862,95
1527	921738	POSTE CONCRETO DUPLO T PROTENDIDO 15M 600DAN	PC	R\$ 1.093,18
1528	921739	POSTE CONCRETO DUPLO T PROTENDIDO 18M 600DAN	PC	R\$ 1.600,84
1529	214668	POSTE CONCRETO RC IP 11,5M 150DAN	PC	R\$ 504,16
1530	214734	POSTE CONCRETO RC IP 13,5M 150DAN	PC	R\$ 743,29
1531	214726	POSTE CONCRETO RC IP 16M 150DAN	PC	R\$ 1.113,29
1532	208074	POSTE EUCALIPTO 11M 300DAN	PC	R\$ 520,40
1533	208082	POSTE EUCALIPTO 11M 600DAN	PC	R\$ 690,38
1534	208124	POSTE EUCALIPTO 12M 300DAN	PC	R\$ 639,36
1535	208108	POSTE EUCALIPTO 12M 600DAN	PC	R\$ 1.060,50
1536	208181	POSTE EUCALIPTO 13M 300DAN	PC	R\$ 396,54
1537	208173	POSTE EUCALIPTO 13M 600DAN	PC	R\$ 1.201,63
1538	208264	POSTE EUCALIPTO 15M 600DAN	PC	R\$ 2.551,69
1539	208298	POSTE EUCALIPTO 16M 600DAN (RESTRITO MANUTENÇÃO)	PC	R\$ 1.947,97
1540	208306	POSTE EUCALIPTO 17M 600DAN (RESTRITO MANUTENÇÃO)	PC	R\$ 2.343,69
1541	208322	POSTE EUCALIPTO 18M 600DAN	PC	R\$ 3.191,97
1542	208355	POSTE EUCALIPTO 19M, 600DAN	PC	R\$ 4.252,82
1543	208405	POSTE EUCALIPTO 20M 600DAN	PC	R\$ 5.024,75
1544	214759	POSTE EUCALIPTO 9M 300DAN	PC	R\$ 359,67
1545	372996	POSTE MADEIRA A RECUPERAR	PC	R\$34,46
1546	922656	POSTE RETO OCTOGONAL 15M 300DAN ET/ETA9	PC	R\$11.500,00
1547	922657	POSTE RETO OCTOGONAL 15M 600DAN ET/ETA9	PC	R\$13.500,00
1548	923678	POSTE RETO OCTOGONAL 15M 600DAN HS5	PC	R\$14.500,00
1549	923679	POSTE RETO OCTOGONAL 15M 600DAN HS7	PC	R\$14.500,00
1550	923672	POSTE RETO OCTOGONAL 15M 600DAN HT7/HTA7	PC	R\$14.500,00
1551	923680	POSTE RETO OCTOGONAL 15M 600DAN HT9/HTA9	PC	R\$14.500,00
1552	924690	POSTE RETO OCTOGONAL 17M 600DAN ET/ETA9	PC	R\$23.500,00
1553	924693	POSTE RETO OCTOGONAL 17M 600DAN HS5	PC	R\$23.500,00
1554	924694	POSTE RETO OCTOGONAL 17M 600DAN HS7	PC	R\$23.500,00

1555	924691	POSTE RETO OCTOGONAL 17M 600DAN HT7/HTA7	PC	R\$23.500,00
1556	924692	POSTE RETO OCTOGONAL 17M 600DAN HT9/HTA9	PC	R\$23.500,00
1557	922658	POSTE RETO OCTOGONAL 19M 600DAN ET/ETA9	PC	R\$21.500,00
1558	923684	POSTE RETO OCTOGONAL 19M 600DAN HS5	PC	R\$14.500,00
1559	923683	POSTE RETO OCTOGONAL 19M 600DAN HS7	PC	R\$14.500,00
1560	923673	POSTE RETO OCTOGONAL 19M 600DAN HT7/HTA7	PC	R\$14.500,00
1561	923681	POSTE RETO OCTOGONAL 19M 600DAN HT9/HTA9	PC	R\$14.500,00
1562	922659	POSTE RETO OCTOGONAL 22M 600DAN ET/ETA9	PC	R\$32.500,00
1563	923687	POSTE RETO OCTOGONAL 22M 600DAN HS5	PC	R\$33.500,00
1564	923685	POSTE RETO OCTOGONAL 22M 600DAN HS7	PC	R\$33.500,00
1565	923688	POSTE RETO OCTOGONAL 22M 600DAN HT7/HTA7	PC	R\$33.500,00
1566	923686	POSTE RETO OCTOGONAL 22M 600DAN HT9/HTA9	PC	R\$33.500,00
1567	298844	PRENSA-CABO ALUMÍNIO 1P	PC	R\$ 9,19
1568	310136	PRENSA-CABO ALUMÍNIO 3/4"	PC	R\$ 5,91
1569	020321	PRESILHA ELEVAÇÃO SEM ISOLADOR	PC	R\$ 311,66
1570	020339	PRESILHA SUSPENSÃO SEM ISOLADOR	PC	R\$ 240,29
1571	377334	PROJETOR DE EMBUTIR PISO PARA LÂMPADA REFLETORA	PC	R\$ 294,34
1572	375495	PROJETOR IP C/ EQUIP LÂMPADA VS 400W REATOR 220V	PC	R\$ 484,34
1573	377657	PROJETOR IP C/ EQUIP LÂMPADA VS 400W REATOR 240V	PC	R\$ 218,80
1574	258475	PROJETOR VM 250/400W P400MVR	PC	R\$85,40
1575	256289	PROJETOR VM 250/400W PL400MA	PC	R\$75,80
1576	314294	PROTETOR RETICULADO 220/127V 1.875A	PC	R\$51.984,07
1577	314302	PROTETOR RETICULADO 220/127V 2.825A	PC	R\$ 105.656,27
1578	310581	PROTETOR RETICULADO RECUPERÁVEL	PC	R\$14,29
1579	377001	QDP PARA TRANSFORMADOR 150KVA RDS	CJ	R\$ 5.867,95
1580	377002	QDP PARA TRANSFORMADOR 300KVA RDS	CJ	R\$ 9.578,01
1581	376999	QDP PARA TRANSFORMADOR 45KVA RDS	CJ	R\$ 4.173,73
1582	377003	QDP PARA TRANSFORMADOR 500KVA RDS	CJ	R\$ 7.000,00
1583	377000	QDP PARA TRANSFORMADOR 75KVA RDS	CJ	R\$ 4.321,42
1584	375473	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO PVC CIRCULAR	PC	R\$15,23
1585	375068	REATOR DUPLO 2X16W 127V	PC	R\$34,33
1586	375072	REATOR DUPLO 2X32W	PC	R\$34,33
1587	375067	REATOR ELETRÔNICO 16W	PC	R\$12,20
1588	259275	REATOR ELETRÔNICO 20W	PC	R\$15,68
1589	375071	REATOR ELETRÔNICO 32W	PC	R\$17,79
1590	377627	REATOR LÂMPADA VAPOR MERCÚRIO 125W INTEG IP ORNAM	PC	R\$55,00
1591	376240	REATOR LÂMPADA VAPOR METÁLICO 150W LAMPIÃO COLONI	PC	R\$36,66
1592	377631	REATOR LÂMPADA VAPOR METÁLICO 35W EXTERNO IP ORNAM	PC	R\$30,53
1593	377632	REATOR LÂMPADA VAPOR METÁLICO 35W INTEGR IP ORNAM	PC	R\$55,00
1594	377629	REATOR LÂMPADA VAPOR METÁLICO 70W EXTERNO IP ORNAM	PC	R\$65,00
1595	377630	REATOR LÂMPADA VAPOR METÁLICO 70W INTEG IP ORNAM	PC	R\$36,45
1596	328484	REATOR LÂMPADA VAPOR METÁLICO 70W LAMPIÃO COLONIAL	PC	R\$42,07
1597	259093	REATOR LÂMPADA VM 125W INTEGRADO	PC	R\$37,79
1598	259010	REATOR LÂMPADA VM 250W EXTERNO	PC	R\$39,65
1599	259002	REATOR LÂMPADA VM 400W EXTERNO	PC	R\$51,43
1600	259085	REATOR LÂMPADA VM 400W INTEGRADO	PC	R\$54,22
1601	355029	REATOR LÂMPADA VS 100W INTEGRADO	PC	R\$64,74
1602	376112	REATOR LÂMPADA VS 100W INTEGRADO CONECTOR RÁPIDO	PC	R\$89,06
1603	259408	REATOR LÂMPADA VS 150W EXTERNO	PC	R\$44,55
1604	355028	REATOR LÂMPADA VS 150W INTEGRADO	PC	R\$64,85
1605	376788	REATOR LÂMPADA VS 150W INTEGRADO 240V	PC	R\$42,25
1606	259044	REATOR LÂMPADA VS 250W EXTERNO	PC	R\$59,73
1607	259416	REATOR LÂMPADA VS 250W INTEGRADO	PC	R\$51,33

1608	376787	REATOR LÂMPADA VS 250W INTEGRADO 240V	PC	R\$48,84
1609	258996	REATOR LÂMPADA VS 400W EXTERNO	PC	R\$84,37
1610	258988	REATOR LÂMPADA VS 400W INTEGRADO	PC	R\$64,82
1611	377441	REATOR LÂMPADA VS 400W PROJETOR IP 220V	PC	R\$64,52
1612	377030	REATOR LÂMPADA VS 400W PROJETOR IP 240V	PC	R\$79,83
1613	259382	REATOR LÂMPADA VS 70W EXTERNO	PC	R\$33,42
1614	333955	REATOR LÂMPADA VS 70W INTEGRADO	PC	R\$61,95
1615	376110	REATOR LÂMPADA VS 70W INTEGRADO CONECTOR RÁPIDO	PC	R\$36,91
1616	354348	REATOR PARTIDA.RÁPIDA 40W LÂMPADA.FLUORESCENTE	PC	R\$15,05
1617	256008	REATORES RECUPERÁVEIS	PC	R\$ 0,41
1618	375326	RECEPTÁCULO DE PORCELANA	PC	R\$ 0,92
1619	229831	RECEPTÁCULO ISOLANTE BLINDADO 15KV	PC	R\$ 196,23
1620	229914	RECEPTÁCULO ISOLANTE BLINDADO 25KV	PC	R\$66,43
1621	258871	RECEPTÁCULO PORCELANA E-27 PARA LUMINÁRIA	PC	R\$ 4,65
1622	258855	RECEPTÁCULO PORCELANA E-40 PARA LUMINÁRIA	PC	R\$ 7,04
1623	375327	RECEPTÁCULO TERMOPLÁSTICO COM RABICHO	PC	R\$ 2,20
1624	352701	RECEPTÁCULO ISOLANTE BLINDADO RIB-L 25KV	PC	R\$ 109,48
1625	324749	REGISTRADOR DIGITAL COM MEMÓRIA MASSA	PC	R\$ 1.787,52
1626	313338	REGISTRADOR ELETRÔNICO PROGRAMÁVEL 2 CANAIS	PC	R\$ 1.367,32
1627	325928	REGISTRADOR ELETRÔNICO PROGRAMÁVEL 3 CANAIS	PC	R\$ 609,29
1628	246108	REGULADOR MONOFÁSICO 15KV 167KVA	PC	R\$35.561,51
1629	372261	REGULADOR MONOFÁSICO 15KV 250KVA	PC	R\$43.667,11
1630	246082	REGULADOR MONOFÁSICO 15KV 76,2KVA	PC	R\$18.686,75
1631	246124	REGULADOR MONOFÁSICO 25KV 144KVA	PC	R\$27.151,14
1632	374953	REGULADOR MONOFÁSICO 34,5KV 200KVA	PC	R\$37.988,20
1633	376737	REGULADOR MONOFÁSICO 34,5KV 333KVA	PC	R\$32.027,77
1634	376738	REGULADOR MONOFÁSICO 34,5KV 400KVA	PC	R\$55.847,03
1635	246090	REGULADOR TENSÃO MONOFÁSICO 15KV 114KVA	PC	R\$10.655,36
1636	378178	REGULADOR MONOFÁSICO 25KV 288KVA	PC	R\$39.433,95
1637	323170	RELÉ CONTROLADOR 120/240 VCA	PC	R\$ 0,05
1638	310508	RELÉ FOTOELÉTRICO 10A RECUPERÁVEL	PC	R\$ 2,69
1639	323188	RELÉ FOTOELÉTRICO 127V 10A INTERCAMBIÁVEL	PC	R\$ 9,55
1640	327361	RELÉ FOTOELÉTRICO ELETRÔNICO 105-305V	PC	R\$22,59
1641	313916	RELÉ FOTOELÉTRICO TEMPORIZADO	PC	R\$11,22
1642	383135	RELIGADOR MONOFÁSICO, 15KV, 100A, 4KA	PC	R\$18.168,46
1643	383457	RELIGADOR MONOFÁSICO, 24KV, 100A, 4KA	PC	R\$18.830,46
1644	273003	RELIGADOR TRIFÁSICO 24,2KV 560A 12KA P/AUTOMAÇÃO	PC	R\$42.522,75
1645	375259	RELIGADOR TRIFÁSICO 36,2KV 560A 12KA P/AUTOMAÇÃO	PC	R\$41.070,00
1646	039636	RESTAURADOR BRILHO A E 6B	CJ	R\$ 330,00
1647	375323	ROLDANA PVC 32/32	PC	R\$ 0,05
1648	020354	SACADOR CONTRAPINO PARA IMPULSO	PC	R\$ 168,82
1649	020347	SACADOR E COLOCADOR PINO 16MM	PC	R\$49,25
1650	079780	SACOLA PARA BASTÃO UNIVERSAL	PC	R\$36,86
1651	079822	SACOLA PARA FERRAMENTAS IMPERMEÁVEL	PC	R\$82,15
1652	237768	SAPATILHA	PC	R\$ 2,82
1653	376852	SEÇÃO RETA OCTOGONAL 2,2M P/ POSTE DE AÇO OCTOG IP	PC	R\$ 247,66
1654	078972	SECCIONADOR PREFORMADO CERCA ARAME FARPADO	CJ	R\$ 5,53
1655	078980	SECCIONADOR PREFORMADO CERCA ARAME LISO	CJ	R\$ 9,48
1656	355258	SECCIONALIZADOR 1F ELET 15KV 20P 16A C/REST INRUSH	PC	R\$ 1.100,00
1657	355256	SECCIONALIZADOR 1F ELET 15KV 20P 24A C/REST INRUSH	PC	R\$ 657,91
1658	352169	SECCIONALIZADOR 1F ELET 15KV 20P 40A C/REST INRUSH	PC	R\$ 1.158,45
1659	352168	SECCIONALIZADOR 1F ELET 15KV 20P 56A C/REST INRUSH	PC	R\$ 654,15
1660	355257	SECCIONALIZADOR 1F ELET 15KV 30P 16A C/REST INRUSH	PC	R\$ 1.100,00
1661	337345	SECCIONALIZADOR 1F ELET 15KV 30P 24A C/REST INRUSH	PC	R\$ 880,00

1662	337337	SECCIONALIZADOR 1F ELET 15KV 3OP 40A C/REST INRUSH	PC	R\$ 1.150,58
1663	337329	SECCIONALIZADOR 1F ELET 15KV 3OP 56A C/REST INRUSH	PC	R\$ 702,11
1664	375847	SECCIONALIZADOR 1F ELETRON 15KV 200A C/REST INRUSH	PC	R\$ 954,01
1665	285569	SECCIONALIZADOR 3F ELETRON 15KV 200A C/REST INRUSH	PC	R\$14.109,48
1666	284984	SECCIONALIZADOR 3F HIDRÁULICO 15KV 200A GN3	PC	R\$ 1.553,33
1667	375848	SECCIONALIZADOR MONOF ELET 24.2KV 6-215A	PC	R\$ 1.361,87
1668	020370	SELA COM EXTENSOR E COLAR 38MM	PC	R\$ 1.072,51
1669	020388	SELA COM EXTENSOR E COLAR 64MM	PC	R\$ 1.200,15
1670	020362	SELA PARA AMARRAÇÃO DE CORDA	PC	R\$ 399,91
1671	288860	SELA PARA ATERRAMENTO TEMPORÁRIO	PC	R\$ 148,78
1672	237156	SELA PARA CRUZETA	PC	R\$14,43
1673	020396	SELA SIMPLES DE ELEVAÇÃO	PC	R\$ 720,84
1674	018481	SERRA CIRCULAR HIDRÁULICA	PC	R\$ 2.963,25
1675	018507	SERRA CORRENTE HIDRÁULICA	PC	R\$ 4.178,57
1676	700217	SERVIÇO DE CONSTRUÇÃO CÍVIL DE RDS	US	R\$ 1.508,96
1677	700270	SERVIÇO DE CONSTRUÇÃO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO	US	R\$ 1.749,93
1678	700218	SERVIÇO DE CONSTRUÇÃO ELETROMECÂNICA DE RDS	US	R\$ 1.508,96
1679	700685	SERVIÇO DE GEOPROCESSAMENTO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO	US	R\$72,81
1680	700681	SERVIÇO DE PROJETO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO	US	R\$72,81
1681	700686	SERVIÇO DE TOPOGRAFIA DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO	US	R\$72,81
1682	376791	SHORTING CAP PARA LUMINÁRIA IP	PC	R\$ 3,95
1683	365670	SINALEIRO VERMELHO DN 22MM	PC	R\$ 3,38
1684	376199	SINCRONIZADOR PARA REGULADOR	PC	R\$17.700,00
1685	384245	SISTEMA MED. INDIVIDUAL EXTERNO (SMIE), IMAX 120A	PC	R\$ 2.138,00
1686	384246	SISTEMA MED. INDIVIDUAL EXTERNO (SMIE), IMAX 200A	PC	R\$ 2.139,00
1687	384220	SISTEMA MEDIÇÃO TRANSFORMADOR (SMTD), IMAX 1000A	PC	R\$ 4.000,00
1688	018309	SOQUETE PARA CHAVE CATRACA	CJ	R\$ 191,14
1689	352722	SUCATA BASE PARA RELÉ 10A RECUPERÁVEL	PC	R\$ 0,06
1690	220087	SUCATA CABO AL.MULTIPLEX	K G	R\$ 4,88
1691	219790	SUCATA CABO CAA	K G	R\$ 1,97
1692	219808	SUCATA CABO COBRE ISOLADO	K G	R\$ 0,68
1693	219824	SUCATA CABO E FIOS AL.ISOLADO	K G	R\$ 1,17
1694	219840	SUCATA CABOS CA E FIOS AL	K G	R\$ 2,16
1695	220186	SUCATA CABOS MULTIPLEX	M	R\$ 2,35
1696	294017	SUCATA CHAVE FACA RECUPERAR	PC	R\$ 5,47
1697	078162	SUCATA COBERTURA PROTETORA RDA	K G	R\$ 0,10
1698	207100	SUCATA CRUZETA DE MADEIRA	PC	R\$ 2,46
1699	378263	SUCATA CRUZETA DE PLASTICO E FIBRA DE VIDRO	PC	R\$ 2,58
1700	001842	SUCATA DE ALUMÍNIO	K G	R\$ 0,71
1701	001826	SUCATA DE BOQUILHA DE LÂMPADA	K G	R\$ 0,72
1702	001834	SUCATA DE BRONZE MISTA	K G	R\$ 5,42
1703	001784	SUCATA DE CABO DE AÇO	K G	R\$ 3,34
1704	294009	SUCATA DE CHAVE FUSÍVEL	PC	R\$ 2,93
1705	001800	SUCATA DE CHUMBO	K G	R\$ 0,15
1706	001867	SUCATA DE COBRE	K G	R\$ 1,05
1707	001776	SUCATA DE FERRO	K G	R\$ 0,99
1708	207589	SUCATA DE FERRO ZINCADO	K G	R\$ 0,48



1709	219774	SUCATA DE FIOS COPPERWELD	K G	R\$ 1,15
1710	377762	SUCATA DE FIOS/CB ACO ALUM	K G	R\$ 5,04
1711	338004	SUCATA DE ISOLADOR PORCELANA	K G	R\$ 6,68
1712	372697	SUCATA DE POLIETILENO RDI/RSI RECUPERAR	PC	R\$ 3,34
1713	256032	SUCATA DE REATORES	K G	R\$ 0,60
1714	237867	SUCATA DE TC E TP	K G	R\$ 8,67
1715	220178	SUCATA FIOS/CABOS CA ISOLADOS	K G	R\$ 3,68
1716	310185	SUCATA MEDIDOR DE KWH	K G	R\$ 4,39
1717	260463	SUCATA PÁRA-RAIOS	PC	R\$ 4,19
1718	207464	SUCATA PONTA POSTE MADEIRA	M3	R\$ 1,02
1719	207340	SUCATA POSTE AÇO	PC	R\$ 4,38
1720	207126	SUCATA POSTE AROEIRA	PC	R\$30,73
1721	207266	SUCATA POSTE CONCRETO	PC	R\$23,79
1722	207191	SUCATA POSTE CONCRETO CIRCULAR	PC	R\$26,12
1723	207134	SUCATA POSTE EUCALIPTO	PC	R\$26,87
1724	310268	SUCATA RELÉ FOTOELÉTRICO	K G	R\$ 0,97
1725	237883	SUCATA TRANSFORMADOR DISTRIBUIÇÃO	PC	R\$ 280,62
1726	237065	SUPORTE 210MM TRANSFORMADOR POSTE CC	PC	R\$29,02
1727	237073	SUPORTE 225MM TRANSFORMADOR POSTE CC	PC	R\$63,13
1728	237081	SUPORTE 240MM TRANSFORMADOR POSTE CC	PC	R\$ 105,22
1729	237818	SUPORTE 255MM TRANSFORMADOR POSTE CC	PC	R\$ 126,60
1730	237826	SUPORTE 270MM TRANSFORMADOR POSTE CC	PC	R\$ 106,62
1731	237834	SUPORTE 285MM TRANSFORMADOR POSTE CC	PC	R\$ 136,89
1732	080242	SUPORTE AÇO FIXAÇÃO EMENDA PRÉ-MOLDADA	PC	R\$ 0,01
1733	383209	SUPORTE BANDEIRA DIR. SUPERIOR OU ESQ. INFERIOR	PC	R\$ 185,36
1734	383210	SUPORTE BANDEIRA ESQ. SUPERIOR OU DIR. INFERIOR	PC	R\$ 185,36
1735	237792	SUPORTE BANDEJA PARA CABO ISOLADO	PC	R\$30,87
1736	237842	SUPORTE BTX 600A 15KV	PC	R\$ 233,10
1737	377189	SUPORTE DE TOPO PARA ISOLADOR PILAR	PC	R\$32,34
1738	020479	SUPORTE FLEXÍVEL PARA SOQUETE LINHA VIVA	PC	R\$ 202,34
1739	354902	SUPORTE IP 1 LUMINÁRIA POSTE RC OU AÇO 10/12/14M	PC	R\$60,93
1740	377203	SUPORTE IP 1 LUMINÁRIA POSTE AÇO CÔNICO CONT 6/8,5M	PC	R\$34,14
1741	354903	SUPORTE IP 2 LUMINÁRIAS POSTE RC OU AÇO 10/12/14M	PC	R\$89,93
1742	259374	SUPORTE IP 2 NÍVEL PARA LUMINÁRIA POLIMERO/AL TOPO	PC	R\$28,07
1743	379044	SUPORTE IP 2 NÍVEL PARA LUMINÁRIA SEMI ESFÉRICA/AL	PC	R\$24,86
1744	377204	SUPORTE IP 2 LUMINÁRIAS POSTE AÇO CÔNICO CONT 6/8,5M	PC	R\$62,49
1745	376242	SUPORTE IP COLONIAL CURTO 0,45M PAREDE VOLUTA RETA	PC	R\$ 268,21
1746	376243	SUPORTE IP COLONIAL LONGO 0,60M PAREDE VOLUTA RETA	PC	R\$ 270,75
1747	020404	SUPORTE ISOLADO PARA BY-PASS	PC	R\$ 193,36
1748	018440	SUPORTE ISOLANTE PARA CONDUTOR	PC	R\$ 375,51
1749	237776	SUPORTE L DE TOPO DE POSTE ITEM 1	PC	R\$30,27
1750	237172	SUPORTE L PARA CRUZETA	PC	R\$24,95
1751	020412	SUPORTE MASTRO CRUZETA AUXILIAR	PC	R\$ 462,11
1752	378764	SUPORTE PARA BTX-L OPERAÇÃO EM CARGA 200A	PC	R\$60,92
1753	237180	SUPORTE PARA FIXAÇÃO MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	PC	R\$ 263,87
1754	288704	SUPORTE PARA GRAMPO ATERRAMENTO	PC	R\$ 4,39
1755	311340	SUPORTE PÁRA-RAIOS REDE SECUNDÁRIA	PC	R\$19,21
1756	380725	SUPORTE REDE SMC 380X510X500MM CONCENTRADOR SEC	PC	R\$ 455,00
1757	380726	SUPORTE REDE SMC 76,2X320X496MM CONCENTRADOR SEC	PC	R\$ 113,00
1758	383211	SUPORTE RETO PARA FIXAÇÃO DE CX.MEDIÇÃO EM CRUZETA	PC	R\$67,31

1759	237164	SUPORTE TL PARA CHAVE FACI TOPO POSTE	PC	R\$44,13
1760	237099	SUPORTE TRANSFORMADOR POSTE MADEIRA E DT	PC	R\$33,85
1761	231555	SUPORTE Z PARA CHAVE FUSÍVEL	PC	R\$21,56
1762	235002	SUPORTE,MÓDULO BÁSICO T,MBT,600A,AÇO,ZIN	PC	R\$ 140,28
1763	008268	TALHA ALAVANCA COM CORRENTE 7,5KN	PC	R\$ 574,38
1764	008276	TALHA DE CABO DE AÇO 30M 16KN	CJ	R\$ 1.128,65
1765	375859	TAMPA CONCRETO COM ANEL DE FERRO NODULAR PARA ZB	CJ	R\$ 324,33
1766	297713	TAMPA CONCRETO PARA CÂMARA TA	PC	R\$ 247,30
1767	297739	TAMPA CONCRETO PARA CÂMARA TB	PC	R\$ 500,29
1768	309815	TAMPA P/ FUSÍVEL DIAZED TIPO D 35-63A	PC	R\$ 3,26
1769	371891	TAMPA PARA CAIXA ZD	CJ	R\$ 1.240,70
1770	376336	TAMPÃO DEN 125MM, PARA DUTO PEAD DEN 125MM	PC	R\$ 7,08
1771	376337	TAMPÃO DEN 140MM, PARA DUTO PEAD DEN 140MM	PC	R\$12,57
1772	376334	TAMPÃO DEN 63MM, PARA DUTO PEAD DEN 63MM	PC	R\$ 1,26
1773	376335	TAMPÃO DEN 90MM, PARA DUTO PEAD DEN 90MM	PC	R\$ 5,57
1774	242370	TC 100-5A 15KV	PC	R\$ 666,90
1775	242537	TC 100-5A 25,8KV	PC	R\$ 1.211,96
1776	377343	TC 100-5A 34,5KV	PC	R\$ 990,93
1777	242297	TC 10-5A 15KV	PC	R\$ 1.049,15
1778	242453	TC 10-5A 25,8KV	PC	R\$ 520,77
1779	377340	TC 10-5A 34,5KV	PC	R\$ 900,49
1780	242305	TC 15-5A 15KV	PC	R\$ 315,65
1781	242206	TC 200-5A 0,6KV	PC	R\$ 157,32
1782	242396	TC 200-5A 15KV	PC	R\$ 321,46
1783	377344	TC 200-5A 34,5KV	PC	R\$ 2.120,51
1784	242321	TC 25-5A 15KV	PC	R\$ 1.030,04
1785	242487	TC 25-5A 25,8KV	PC	R\$ 548,14
1786	377341	TC 25-5A 34,5KV	PC	R\$ 1.813,77
1787	242818	TC 400-5A 0,6KV	PC	R\$79,56
1788	242412	TC 400-5A 15KV	PC	R\$ 322,80
1789	377345	TC 400-5A 34,5KV	PC	R\$ 1.817,27
1790	242354	TC 50-5A 15KV	PC	R\$ 1.133,71
1791	242511	TC 50-5A 25,8KV	PC	R\$ 541,53
1792	377342	TC 50-5A 34,5KV	PC	R\$ 1.054,92
1793	242289	TC 5-5A 15KV	PC	R\$ 872,98
1794	242446	TC 5-5A 25,8KV	PC	R\$ 1.229,93
1795	377339	TC 5-5A 34,5KV	PC	R\$ 2.143,68
1796	242198	TC 600-5A 0,6KV	PC	R\$ 165,17
1797	079285	TECIDO ALGODÃO CRU	K G	R\$ 4,51
1798	377438	TERMINAL CONSULTA RDC	PC	R\$85,58
1799	229781	TERMINAL DESCONNECTÁVEL COTOV TDC 15KV 200A 120MM²	PC	R\$ 215,14
1800	229708	TERMINAL DESCONNECTÁVEL COTOV TDC 25KV 200A 50MM²	PC	R\$ 156,59
1801	229930	TERMINAL DESCONNECTÁVEL RETO - TDR 15KV 200A 120MM²	PC	R\$ 306,73
1802	229948	TERMINAL DESCONNECTÁVEL RETO - TDR 25KV 200A 50MM²	PC	R\$ 185,07
1803	231506	TERMINAL DESCONNECTÁVEL T 25KV 200A	PC	R\$ 286,32
1804	229823	TERMINAL MODULAR EXTERNO - TME 120MM² 15KV	PC	R\$ 168,58
1805	231399	TERMINAL MODULAR EXTERNO - TME 185MM² 15KV	PC	R\$ 395,88
1806	230664	TERMINAL MODULAR EXTERNO - TME 185MM² 25KV	PC	R\$ 240,52
1807	230631	TERMINAL MODULAR EXTERNO - TME 400MM² 15KV	PC	R\$ 349,67
1808	229807	TERMINAL MODULAR EXTERNO - TME 50MM² 15KV	PC	R\$ 356,39
1809	230649	TERMINAL MODULAR EXTERNO - TME 50MM² 25KV	PC	R\$ 231,49
1810	375441	TERMINAL MODULAR EXTERNO - TME 70MM² 35KV	PC	R\$ 181,72
1811	018267	TERMINAL PARA BATERIA CABO 16MM	PC	R\$ 1,34
1812	379454	TERMINAL TDF-L CA 50MM² 25KV 430MM	PC	R\$ 831,29

1813	379455	TERMINAL TDF-L CA 50MM² 25KV 540MM	PC	R\$ 1.430,19
1814	378869	TERMINAL DESCONNECTÁVEL COTOV TDA-L 25KV 200A ATERR	PC	R\$ 974,00
1815	378868	TERMINAL DESCONNECTÁVEL COTOV TDC-L 25KV 200A 120MM	PC	R\$68,73
1816	230995	TERMINAL DESCONNECTÁVEL COTOV TDC-L 25KV 200A 50MM²	PC	R\$70,62
1817	383475	TERMINAL, LEITURA, INDIVIDUAL, TLI, TCCI	PC	R\$60,00
1818	012062	TESOURÃO ARTICULADO 610MM	PC	R\$ 113,48
1819	020461	TESOURÃO ISOLADO PARA CAA 336,4MCM	PC	R\$ 1.926,80
1820	018325	TESOURÃO ISOLADO PARA CAA 53MM²	PC	R\$ 485,99
1821	344119	TESTADOR DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA	PC	R\$ 193,00
1822	020107	TESTADOR FASE 16KV 2 BASTÕES	PC	R\$ 3.384,28
1823	322255	TESTADOR TENSÃO NEON 120V	PC	R\$ 0,94
1824	323196	TOMADA 10A RELÉ FOTOELÉTRICO	PC	R\$18,64
1825	307991	TOMADA 3 PINOS	PC	R\$ 0,01
1826	323204	TOMADA 50A RELÉ FOTOELÉTRICO	PC	R\$85,96
1827	310524	TOMADA 50A RELÉ FOTOELÉTRICO À RECUPERAR	PC	R\$ 0,58
1828	309328	TOMADA UNIVERSAL 10A 250V	PC	R\$ 1,65
1829	208413	TORA AROEIRA 1,50M	PC	R\$41,89
1830	208389	TORA EUCALIPTO 1,00M	PC	R\$55,27
1831	242545	TP 15KV 70-1	PC	R\$ 1.644,06
1832	242578	TP 25,8KV 120-1	PC	R\$ 1.139,97
1833	377338	TP 34,5KV 175-1	PC	R\$ 2.021,33
1834	245779	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 15KV 10KVA	PC	R\$ 2.369,89
1835	245787	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 15KV 15KVA	PC	R\$ 2.914,49
1836	245795	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 15KV 25KVA	PC	R\$ 3.781,00
1837	245803	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 15KV 37,5KVA	PC	R\$10.735,47
1838	245894	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 24,2KV 10KVA	PC	R\$ 5.097,64
1839	245902	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 24,2KV 15KVA	PC	R\$ 687,26
1840	245910	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 24,2KV 25KVA	PC	R\$ 8.303,38
1841	245928	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 24,2KV 37,5KVA	PC	R\$10.676,25
1842	375248	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 36,2KV 10KVA	PC	R\$ 2.153,85
1843	375249	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 36,2KV 15KVA	PC	R\$ 2.003,29
1844	375250	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 36,2KV 37,5KVA	PC	R\$ 3.304,49
1845	376740	TRANSFORMADOR POTÊNCIA MONO 36,2KV 0,835MVA 19,9KV	PC	R\$50.000,00
1846	376739	TRANSFORMADOR POTÊNCIA MONO 36,2KV 0,835MVA 7,9KV	PC	R\$46.459,27
1847	375456	TRANSFORMADOR POTÊNCIA MONO 36,2KV 1,67MVA 19,9KV	PC	R\$68.565,58
1848	375457	TRANSFORMADOR POTÊNCIA MONO 36,2KV 1,67MVA 7,96KV	PC	R\$82.400,05
1849	377979	TRANSFORMADOR SECO 300 KVA 15 KV 220/127 V	PC	R\$93.576,12
1850	377980	TRANSFORMADOR SECO 500 KVA 15 KV 220/127 V	PC	R\$ 146.878,99
1851	379492	TRANSFORMADOR SECO 500 KVA 24,2 KV 220/127 V	PC	R\$24.806,25
1852	377805	TRANSFORMADOR SECO 750 KVA 15 KV 220/127 V	PC	R\$30.723,42
1853	375254	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15/36,2KV 1MVA	PC	R\$56.000,00
1854	375255	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15/36,2KV 2,5MVA	PC	R\$ 112.837,64
1855	245860	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 150KVA	PC	R\$10.266,65
1856	249557	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 300KVA	PC	R\$19.967,23
1857	245829	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 30KVA	PC	R\$ 3.938,79
1858	245837	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 45KVA	PC	R\$ 4.602,73
1859	245845	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 75KVA	PC	R\$ 6.591,01
1860	249755	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV RDI 300KVA	PC	R\$22.161,72
1861	245985	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 24,2KV 150KVA	PC	R\$26.662,24
1862	249540	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 24,2KV 300KVA	PC	R\$18.452,46
1863	245944	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 24,2KV 30KVA	PC	R\$ 4.806,65
1864	245951	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 24,2KV 45KVA	PC	R\$ 5.215,49
1865	245969	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 24,2KV 75KVA	PC	R\$ 9.773,20
1866	375924	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 36,2/15KV 1MVA	PC	R\$ 107.599,60

<b>1867</b>	386606	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 36,2KV 150KVA	PC	R\$20.000,00
<b>1868</b>	386607	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 36,2KV 300KVA	PC	R\$20.000,00
<b>1869</b>	375251	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 36,2KV 30KVA	PC	R\$ 4.067,30
<b>1870</b>	375252	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 36,2KV 45KVA	PC	R\$ 8.702,39
<b>1871</b>	375253	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 36,2KV 75KVA	PC	R\$ 7.941,41
<b>1872</b>	253872	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUB 15KV 1000KVA BCH EPOXI	PC	R\$56.060,70
<b>1873</b>	247080	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUB 15KV 500KVA BCH EPOXI	PC	R\$54.388,95
<b>1874</b>	253864	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUB 15KV 750KVA BCH EPOXI	PC	R\$61.259,38
<b>1875</b>	376946	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUB PEDESTAL 15KV 150KVA	PC	R\$32.997,03
<b>1876</b>	376948	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUB PEDESTAL 15KV 300KVA	PC	R\$56.347,95
<b>1877</b>	352703	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUB PEDESTAL 15KV 45KVA	PC	R\$13.110,77
<b>1878</b>	376693	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUB PEDESTAL 15KV 500KVA	PC	R\$48.795,17
<b>1879</b>	352704	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUB PEDESTAL 15KV 75KVA	PC	R\$15.017,29
<b>1880</b>	246041	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUBTERRÂNEO 24,2KV 500KVA	PC	R\$52.661,70
<b>1881</b>	248260	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 150KVA BUCHA EPOXI	PC	R\$13.268,33
<b>1882</b>	247106	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 45KVA BUCHA EPOXI	PC	R\$ 3.226,29
<b>1883</b>	247114	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 15KV 75KVA BUCHA EPOXI	PC	R\$ 5.964,53
<b>1884</b>	322099	TRENA DE FIBRA 50M	PC	R\$49,23
<b>1885</b>	020487	TRIPÉ PARA PLATAFORMA 1200MM LINHA VIVA	PC	R\$ 808,38
<b>1886</b>	377194	TUBO ISOLANTE TERMOCONTRÁTIL 100/40 MM	M	R\$ 133,07
<b>1887</b>	082107	TUBO ISOLANTE TERMOCONTRÁTIL 120/50 MM	M	R\$ 125,49
<b>1888</b>	057703	TUBO PVC SOLDÁVEL D 50MM	PC	R\$16,83
<b>1889</b>	057729	TUBO PVC SOLDÁVEL D 60MM	PC	R\$22,91
<b>1890</b>	231076	TUBO TERMOCONTRÁTIL 35-70MM² 1KV	PC	R\$ 8,19
<b>1891</b>	231456	TUBO TERMOCONTRÁTIL CABO 120MM² 1KV	PC	R\$14,18
<b>1892</b>	231431	TUBO TERMOCONTRÁTIL CABO 35MM² 1KV	PC	R\$ 4,58
<b>1893</b>	231464	TUBO TERMOCONTRÁTIL CABO 70MM² 1KV	PC	R\$17,58
<b>1894</b>	386161	VÁLVULA,ALÍVIO,PRESSÃO,P/TRANSFORMADOR,P	PC	R\$ 7.500,00
<b>1895</b>	375586	VIGA C-254X29,7X4028MM	PC	R\$ 1.044,56
<b>1896</b>	375588	VIGA I-W 250X28,4X6200MM	PC	R\$ 1.739,13
<b>1897</b>	314476	VOLTÍMETRO AMPERÍMETRO ALICATE	PC	R\$28,21
<b>1898</b>	314344	VOLTÍMETRO AMPERÍMETRO GRÁFICO PORTÁTIL	PC	R\$ 6.122,63
<b>1899</b>	316554	VOLTÍMETRO AMPERÍMETRO OHMÍMETRO ALICATE 750V	PC	R\$59,24
<b>1890</b>	MOCAP	MÃO DE OBRA DE CONSTRUÇÃO DE RDA URBANA	US	R\$ 2.309,91

**ANEXO D - VALORES DIVULGADOS PELA ANEEL PARA AS TARIFAS DE APLICAÇÃO E BASE ECONÔMICA DAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

<b>Início Vigência</b>	<b>Fim Vigência</b>	<b>Base Tarifária</b>	<b>Subg</b>	<b>Moda</b>	<b>Posto</b>	<b>Unidade</b>	<b>TUSD</b>	<b>TE</b>
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A2	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 59,91	R\$ 260,89
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A2	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 65,69	R\$ 266,90
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A2	Azul	Ponta	MWh	R\$ 59,91	R\$ 409,91
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A2	Azul	Ponta	MWh	R\$ 65,69	R\$ 428,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A3	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 69,57	R\$ 260,89
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A3	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 76,19	R\$ 266,90
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A3	Azul	Ponta	MWh	R\$ 69,57	R\$ 409,91
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A3	Azul	Ponta	MWh	R\$ 76,19	R\$ 428,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A3a	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 85,75	R\$ 260,89
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A3a	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 94,38	R\$ 266,90
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A3a	Azul	Ponta	MWh	R\$ 85,75	R\$ 409,91
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A3a	Azul	Ponta	MWh	R\$ 94,38	R\$ 428,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A3a	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 85,75	R\$ 260,89
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A3a	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 94,38	R\$ 266,90

<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A3a	Verde	Ponta	MWh	R\$1.173,15	R\$ 409,91
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A3a	Verde	Ponta	MWh	R\$1.335,30	R\$ 428,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A4	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 85,75	R\$ 260,89
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A4	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 94,38	R\$ 266,90
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A4	Azul	Ponta	MWh	R\$ 85,75	R\$ 409,91
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A4	Azul	Ponta	MWh	R\$ 94,38	R\$ 428,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A4	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 85,75	R\$ 260,89
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A4	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 94,38	R\$ 266,90
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	A4	Verde	Ponta	MWh	R\$1.173,15	R\$ 409,91
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	A4	Verde	Ponta	MWh	R\$1.335,30	R\$ 428,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	AS	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 121,09	R\$ 260,89
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	AS	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 133,13	R\$ 266,90
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	AS	Azul	Ponta	MWh	R\$ 121,09	R\$ 409,91
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	AS	Azul	Ponta	MWh	R\$ 133,13	R\$ 428,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	AS	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 121,09	R\$ 260,89
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	AS	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 133,13	R\$ 266,90
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	AS	Verde	Ponta	MWh	R\$1.840,83	R\$ 409,91

<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	AS	Verde	Ponta	MWh	R\$2.093,86	R\$ 428,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B1	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 248,09	R\$ 260,89
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B1	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 278,12	R\$ 266,90
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B1	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 504,32	R\$ 260,89
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B1	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 570,52	R\$ 266,90
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B1	Branca	Ponta	MWh	R\$ 760,54	R\$ 409,91
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B1	Branca	Ponta	MWh	R\$ 862,92	R\$ 428,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B1	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 275,38	R\$ 273,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B1	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 311,44	R\$ 280,35
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B1	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 344,74	R\$ 273,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B1	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 388,41	R\$ 280,35
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B1	Convenciona   pré- pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 275,38	R\$ 273,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B1	Convenciona   pré- pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 311,44	R\$ 280,35
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B1	Convenciona   pré- pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 344,74	R\$ 273,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B1	Convenciona   pré- pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 388,41	R\$ 280,35

<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 225,43	R\$ 226,79
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 252,92	R\$ 232,02
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 467,70	R\$ 226,79
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 529,39	R\$ 232,02
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 709,97	R\$ 356,33
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 805,87	R\$ 372,32
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 228,21	R\$ 229,58
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 256,03	R\$ 234,88
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 473,47	R\$ 229,58
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 535,91	R\$ 234,88
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 718,72	R\$ 360,72
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 815,80	R\$ 376,91
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 217,84	R\$ 219,15
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 244,39	R\$ 224,20
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 451,94	R\$ 219,15
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 511,55	R\$ 224,20
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 686,05	R\$ 344,32



<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 778,71	R\$ 359,78
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 299,68	R\$ 237,58
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 337,64	R\$ 243,71
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 303,37	R\$ 240,51
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 341,80	R\$ 246,71
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 289,58	R\$ 229,58
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 326,27	R\$ 235,50
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 299,68	R\$ 237,58
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 337,64	R\$ 243,71
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 303,37	R\$ 240,51
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 341,80	R\$ 246,71
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 289,58	R\$ 229,58
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B2	Convenciona	Não se aplica	MWh	R\$ 326,27	R\$ 235,50
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B3	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 257,08	R\$ 260,89

<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B3	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 288,38	R\$ 266,90
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B3	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 531,29	R\$ 260,89
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B3	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 601,30	R\$ 266,90
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B3	Branca	Ponta	MWh	R\$ 805,49	R\$ 409,91
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B3	Branca	Ponta	MWh	R\$ 914,22	R\$ 428,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B3	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 344,74	R\$ 273,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B3	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 388,41	R\$ 280,35
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B3	Convenciona   pré- pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 344,74	R\$ 273,31
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B3	Convenciona   pré- pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 388,41	R\$ 280,35
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B4	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 189,61	R\$ 150,32
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B4	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 213,63	R\$ 154,19
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Tarifa de Aplicação	B4	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 206,84	R\$ 163,98
<b>28/05/2022</b>	21/06/2022	Base Econômica	B4	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 233,05	R\$ 168,21
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A2	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 82,83	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A2	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 88,37	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A2	Azul	Ponta	MWh	R\$ 82,83	R\$ 379,31

<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A2	Azul	Ponta	MWh	R\$ 88,37	R\$ 418,66
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A3	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 92,74	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A3	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 99,45	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A3	Azul	Ponta	MWh	R\$ 92,74	R\$ 379,31
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A3	Azul	Ponta	MWh	R\$ 99,45	R\$ 418,66
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A3a	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 117,81	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A3a	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 126,56	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A3a	Azul	Ponta	MWh	R\$ 117,81	R\$ 379,31
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A3a	Azul	Ponta	MWh	R\$ 126,56	R\$ 418,66
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A3a	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 117,81	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A3a	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 126,56	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A3a	Verde	Ponta	MWh	R\$1.325,98	R\$ 379,31
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A3a	Verde	Ponta	MWh	R\$1.478,15	R\$ 418,66
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A4	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 117,81	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A4	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 126,56	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A4	Azul	Ponta	MWh	R\$ 117,81	R\$ 379,31
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A4	Azul	Ponta	MWh	R\$ 126,56	R\$ 418,66

<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A4	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 117,81	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A4	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 126,56	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	A4	Verde	Ponta	MWh	R\$1.325,98	R\$ 379,31
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	A4	Verde	Ponta	MWh	R\$1.478,15	R\$ 418,66
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	AS	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 160,30	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	AS	Azul	Fora ponta	MWh	R\$ 173,44	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	AS	Azul	Ponta	MWh	R\$ 160,30	R\$ 379,31
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	AS	Azul	Ponta	MWh	R\$ 173,44	R\$ 418,66
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	AS	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 160,30	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	AS	Verde	Fora ponta	MWh	R\$ 173,44	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	AS	Verde	Ponta	MWh	R\$2.070,10	R\$ 379,31
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	AS	Verde	Ponta	MWh	R\$2.335,35	R\$ 418,66
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B1	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 301,74	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B1	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 331,56	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B1	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 586,45	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B1	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 649,83	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B1	Branca	Ponta	MWh	R\$ 871,16	R\$ 379,31

<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B1	Branca	Ponta	MWh	R\$ 968,10	R\$ 418,66
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B1	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 301,37	R\$ 244,00
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B1	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 336,81	R\$ 267,30
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B1	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 409,13	R\$ 244,00
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B1	Convenciona 	Não se aplica	MWh	R\$ 451,61	R\$ 267,30
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B1	Convenciona   pré- pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 301,37	R\$ 244,00
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B1	Convenciona   pré- pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 336,81	R\$ 267,30
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B1	Convenciona   pré- pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 409,13	R\$ 244,00
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B1	Convenciona   pré- pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 451,61	R\$ 267,30
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 293,69	R\$ 216,55
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 322,94	R\$ 236,97
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 583,13	R\$ 216,55
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 646,50	R\$ 236,97
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 872,58	R\$ 354,52
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 970,07	R\$ 391,30

<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 295,37	R\$ 217,79
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 324,79	R\$ 238,33
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 586,47	R\$ 217,79
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 650,21	R\$ 238,33
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 877,58	R\$ 356,55
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 975,62	R\$ 393,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 289,09	R\$ 213,16
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 317,88	R\$ 233,26
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 574,00	R\$ 213,16
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 636,37	R\$ 233,26
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 858,90	R\$ 348,97
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Branca	Ponta	MWh	R\$ 954,87	R\$ 385,16
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Convencional	Não se aplica	MWh	R\$ 382,39	R\$ 228,05
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Convencional	Não se aplica	MWh	R\$ 422,10	R\$ 249,83
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Convencional	Não se aplica	MWh	R\$ 384,58	R\$ 229,36
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Convencional	Não se aplica	MWh	R\$ 424,52	R\$ 251,26
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Convencional	Não se aplica	MWh	R\$ 376,40	R\$ 224,48

<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Convencional	Não se aplica	MWh	R\$ 415,48	R\$ 245,92
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Convencional I pré-pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 382,39	R\$ 228,05
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Convencional I pré-pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 422,10	R\$ 249,83
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Convencional I pré-pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 384,58	R\$ 229,36
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Convencional I pré-pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 424,52	R\$ 251,26
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B2	Convencional I pré-pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 376,40	R\$ 224,48
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B2	Convencional I pré-pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 415,48	R\$ 245,92
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B3	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 311,73	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B3	Branca	Fora ponta	MWh	R\$ 342,73	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B3	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 616,42	R\$ 231,69
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B3	Branca	Intermediário	MWh	R\$ 683,34	R\$ 253,54
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B3	Branca	Ponta	MWh	R\$ 921,10	R\$ 379,31
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B3	Branca	Ponta	MWh	R\$1.023,94	R\$ 418,66
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B3	Convencional I	Não se aplica	MWh	R\$ 409,13	R\$ 244,00

<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B3	Convencional	Não se aplica	MWh	R\$ 451,61	R\$ 267,30
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B3	Convencional   pré-pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 409,13	R\$ 244,00
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B3	Convencional   pré-pagamento	Não se aplica	MWh	R\$ 451,61	R\$ 267,30
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B4	Convencional	Não se aplica	MWh	R\$ 225,02	R\$ 134,20
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B4	Convencional	Não se aplica	MWh	R\$ 248,39	R\$ 147,02
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Tarifa de Aplicação	B4	Convencional	Não se aplica	MWh	R\$ 245,48	R\$ 146,40
<b>22/06/2022</b>	27/05/2023	Base Econômica	B4	Convencional	Não se aplica	MWh	R\$ 270,97	R\$ 160,38