

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
ELÉTRICA**

**MÉTODOS PARA OTIMIZAÇÃO DOS AJUSTE DOS  
REGULADORES DE TENSÃO E ZONAS DE TAP EM  
SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Paulo Ricardo da Silva Pereira**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2009**

**2009**

**Mestre**

**PEREIRA, Paulo Ricardo da Silva**

**PPGEE/UFSM, RS**

# **MÉTODOS PARA OTIMIZAÇÃO DOS AJUSTES DOS REGULADORES DE TENSÃO E ZONAS DE TAP EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO**

por

**Paulo Ricardo da Silva Pereira**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Processamento de Energia, Centro de Estudos em Energia e Meio Ambiente (CEEMA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Elétrica.**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra Luciane Neves Canha**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2009**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**MÉTODOS PARA OTIMIZAÇÃO DOS AJUSTES DOS  
REGULADORES DE TENSÃO E ZONAS DE TAP EM SISTEMAS DE  
DISTRIBUIÇÃO**

elaborada por  
**Paulo Ricardo da Silva Pereira**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Elétrica**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Luciane Neves Canha, Dra.**  
(Presidente/Orientador)

**Daniel Pinheiro Bernardon. (UNIPAMPA-RS)**

**Alzenira da Rosa Abaide, Dra. (UFSM-RS)**

Santa Maria, 7 de Agosto de 2009.

Dedico esta dissertação a Graziela,  
minha esposa, meus pais Daltro e Vera  
e meus avós Antonio<sup>†</sup>, Clélia, Arlindo e  
Ana<sup>†</sup>, pelo exemplo que sempre foram  
para mim durante minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a professora Luciane Neves Canha, que tanto colaborou para o sucesso deste trabalho, incentivando, focando e apoiando as iniciativas.

À Coordenação, aos professores e aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, em especial a professora Alzenira da Rosa Abaide e a Sra. Cleonice Oliveira, pela competência e profissionalismo.

À Rio Grande Energia, em especial ao Departamento de Engenharia e Gestão de Ativos e à Divisão de Controle Operacional, pelas condições proporcionadas para a realização do curso.

Aos colegas e amigos Danusia de Oliveira de Lima, Daniel Pinheiro Bernardon, Kleber Hashimoto e Lorenzo Comassetto pelas inúmeras contribuições durante o desenvolvimento deste trabalho.

Enfim, agradeço aos meus amigos e familiares que, embora não nomeados, direta ou indiretamente estiveram envolvidos com a realização deste trabalho incentivando-me a prosseguir fazendo sempre o melhor possível.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
Universidade Federal de Santa Maria

### **MÉTODOS PARA OTIMIZAÇÃO DOS AJUSTES DOS REGULADORES DE TENSÃO E ZONAS DE TAP EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO**

AUTOR: PAULO RICARDO DA SILVA PEREIRA

ORIENTADORA: LUCIANE NEVES CANHA, DRA.

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 7 de Agosto de 2009.

As novas regulamentações do setor elétrico têm solicitado das concessionárias uma maior eficiência e qualidade tanto em termos de continuidade como na conformidade da energia fornecida. A qualidade, eficiência e vida útil dos aparelhos elétricos dependem diretamente da qualidade da energia fornecida. Além do funcionamento dos equipamentos, o fornecimento da energia dentro dos limites adequados é necessário para o desenvolvimento econômico das regiões atendidas. Diante desses fatores, a fim de melhorar a qualidade e garantir a conformidade dos níveis de tensão ao longo das redes de distribuição, as empresas distribuidoras investem em melhorias no sistema, equipamentos reguladores de tensão, recondutoramento, construção de novos alimentadores e/ou subestações.

Atualmente graças a disponibilidade de ferramentas computacionais e algoritmos que permitem estimar as variáveis de estado em cada ponto dos alimentadores de distribuição torna-se possível avaliar e planejar ações de melhorias no sistema com maior assertividade. Porém as melhorias planejadas para a rede primária, com o objetivo de reduzir a queda de tensão e tornar o sistema mais robusto, refletem nos níveis de tensão da rede secundária e por isso necessitam de ações simultâneas para possibilitar que os benefícios do estudo realizado sejam obtidos.

Nesse contexto, o presente trabalho tem a proposta de desenvolver uma metodologia que permita a definição dos TAP's adequados para cada transformador de distribuição, agrupando-os em zonas de TAP, juntamente com um algoritmo que defina os ajustes dos reguladores de tensão levando em consideração não somente a tensão primária desejada, mas também seu impacto nos transformadores de distribuição. Esta metodologia poderá ser aplicada nas empresas distribuidoras de energia elétrica auxiliando nas áreas de planejamento e operação do sistema.

O trabalho está dividido em 7 capítulos tratando respectivamente de: revisão bibliográfica; níveis de tensão e meios de controle aplicados nas redes de distribuição; definição das zonas de TAP dos transformadores; definição dos parâmetros de ajuste dos reguladores de tensão; avaliação integrada dos reguladores de tensão e zonas de TAP; contribuições e considerações do autor a respeito da metodologia apresentada.

Palavras-chave: sistemas de distribuição de energia elétrica; regulador de tensão; zonas de tap.

## **ABSTRACT**

Master's Dissertation  
Post Graduation Program in Electric Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **METHODS FOR OPTIMIZATION OF THE VOLTAGE REGULATORS AND TAP ZONES IN DISTRIBUTION SYSTEMS**

AUTHOR: PAULO RICARDO DA SILVA PEREIRA

SUPERVISOR: LUCIANE NEVES CANHA, DRA

August, 7 of 2009. Santa Maria

The new regulations in the electric sector utilities have requested greater efficiency and quality both in terms of continuity and in conformity of the energy supplied. Electrical equipments quality, efficiency and useful life depend directly of the power quality supplied. In addition to operation of equipments, supply of energy within the limits must be appropriate for the economic development of regions attended. Considering these factors, to improve quality and ensure conformity of the voltage levels over the distribution networks, the companies are investing in improvements in the system, equipment, voltage regulators and exchange of the conductors and building of new feeders and / or substations.

Nowadays due to availability of computational tools and algorithms that allow the estimation of state variables at each point of distribution feeders it is possible to evaluate and plan actions for improvement in the system with more correct. But the improvements planned for the primary network, aiming to reduce the voltage drop and make the system more robust, reflecting the voltage levels in the secondary network and therefore require simultaneous actions to enable the benefits of the study are obtained .

In this context, this work objective is to develop a methodology that allows the definition of TAP's appropriate for each distribution transformer, grouping them in TAP zones, together with an algorithm that defines the settings of voltage regulators, taking into consideration not only the primary desired voltage, but also its impact on distribution transformers. This methodology can be used on power utilities for power assisting in the planning and operation of the system.

The work is divided into 7 chapters dealing respectively: review, steady state voltage levels and means of control applied in distribution networks, defining the TAP zones of processors, defining the parameters of adjustment of voltage regulators, integrated assessment of the voltage regulators and TAP zones, the author's contributions and considerations on the methodology presented.

Key words: energy distribution systems; voltage regulator; tap zones



## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Limites de DPR e DRC e prazos de regularização.....	17
Quadro 3.2 – Módulos do PRODIST .....	18
Quadro 3.3 – Posições de TAP's de um transformador 69/13,8kV .....	34
Quadro 4.1 – Posições de taps dos transformadores de distribuição.....	46
Quadro 4.2 – Tensões primária de fornecimento um transformador de distribuição .....	56
Quadro 4.3 – Transgressão de tensão superior e inferior de cada TAP.....	57
Quadro 4.4 – Penalização e nota de cada TAP.....	57
Quadro 4.5 – Possibilidades de Transgressão de Tensão em 4 patamares de carga.....	63
Quadro 5.1 – Limites de tensão por zona de TAP.....	82
Quadro 6.1 – Ajustes iniciais dos reguladores de tensão. ....	91
Quadro 6.2 - Transformadores com transgressão de tensão.....	93
Quadro 6.3 – Corrente e fator de potência em cada regulador de tensão. ....	94
Quadro 6.4 – Valores de ajuste dos reguladores de tensão e tensão esperada. ....	94
Quadro 6.5– Transformadores com transgressão de tensão. ....	95
Quadro 6.6– Comparativo dos Resultados .....	96
Quadro 6.7 - Valores de ajuste dos reguladores de tensão e tensão esperada. ....	96

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Espaço de soluções de um problema de otimização.....	10
Figura 2.2 – Principais Métodos Heurísticos. ....	10
Figura 2.3 – Solução inicial obtida a partir de uma heurística construtiva. ....	11
Figura 2.4 – Solução inicial e ótimo local para o problema de otimização. ....	12
Figura 2.5 – Soluções ótimas locais e globais de um problema de otimização.....	13
Figura 2.6 – Soluções ótimas locais e globais de um problema de otimização.....	14
Figura 3.1 – Linha do Tempo do processo de tratamento de RNT's, (RGE, 2006).....	19
Figura 3.2 – Tempos de atuação níveis de controle, (Feijó, 2004).....	22
Figura 3.3 – Variação de Tensão entre SE e consumidor, (CODI, 1985).....	23
Figura 3.4 – Perfil de tensão entre subestação e rede secundária.....	24
Figura 3.5 – Elevação da tensão secundária devido a alteração de TAP.....	25
Figura 3.6 – Alteração do perfil de tensão devido ao regulador de tensão.....	26
Figura 3.7 – Alteração do perfil de tensão devido a CDC e relé 90.....	26
Figura 3.8 – Alteração do perfil de tensão devido a ação combinada TAP, Regulador CDC.....	27
Figura 3.9 – Influência dos meios de controle na redução da queda de tensão.....	27
Figura 3.10 – Redução da queda de tensão obtida através dos meios de controle.....	28
Figura 3.11 – Controle de tensão no sistema de distribuição.....	29
Figura 3.12 – Níveis hierárquicos do controle de tensão.....	30
Figura 3.13 – Níveis de tensão elevados devido a não adequação do TAP.....	31
Figura 3.14 – Esquema simplificado do Comutador de Derivações sob Carga.....	33
Figura 3.15 – Operação do CDC.....	33
Figura 3.16 – Alimentadores atendidos pelo transformador. ....	35
Figura 3.17 – Temporização do relé 90.....	36
Figura 3.18 – Compensador de queda de tensão na linha.....	36
Figura 3.19 – Esquema simplificado do regulador de tensão.....	37
Figura 3.20 – Conexões de bancos de reguladores.....	38
Figura 3.21 – Ganho de Tensão em Delta e Estrela.....	38
Figura 3.22 – Efeito do regulador de tensão no perfil de tensão do alimentador.....	39
Figura 3.23 – Efeito do regulador de tensão na variação de tensão no ponto.....	39
Figura 3.24 – Faixa de insensibilidade do regulador de tensão.....	40
Figura 3.25 – Temporização do regulador de tensão.....	40
Figura 3.26 - Temporização linear X inversa para ins = 1%.....	41
Figura 3.27 – Diagrama do bloco compensador de queda de tensão na linha.....	42
Figura 3.28 – Fluxograma operacional do regulador de tensão.....	43
Figura 4.1 – Curva Típica de Carga.....	48
Figura 4.2 – Configuração de Parâmetros Interplan – Patamares de Carga.....	48

Figura 4.3 – Representação dos patamares de carga em uma curva típica .....	49
Figura 4.4 – Configuração de parâmetros Interplan – regulador de tensão .....	49
Figura 4.5 – Níveis de tensão no barramento das SE's .....	50
Figura 4.6 – Relatório de saída do interplan – Fluxo de carga .....	51
Figura 4.7 – Comparativo - Variação de tensão na rede secundária X Faixas de tensão.....	53
Figura 4.8 – Faixas de tensão secundária .....	54
Figura 4.9 – fluxograma de definição de TAP de transformador.....	58
Figura 4.10 – Histograma- transgressão de tensão X Transformadores com transgressão .....	59
Figura 4.11 – Zonas de TAP em um alimentador de distribuição .....	60
Figura 4.12 – Tensão secundária medida no transformador com TAP 3 .....	61
Figura 4.13 – Tensão primária estimada para o transformador em TAP 3.....	61
Figura 4.14 – Possibilidades de transgressão de tensão.....	63
Figura 4.15 – Possibilidades de transgressão de tensão.....	64
Figura 4.16 - Transgressão inferior - Madrugada.....	65
Figura 4.17 - Transgressão inferior - Madrugada.....	65
Figura 4.18 - Transgressão inferior – Tarde.....	66
Figura 4.19 - Transgressão inferior – Noite.....	66
Figura 4.20 - Transgressão Superior – Madrugada .....	67
Figura 4.21 - Transgressão Superior – Manhã .....	67
Figura 4.22 - Transgressão Superior – Tarde .....	68
Figura 4.23 - Transgressão Superior – Noite .....	68
Figura 4.24 – Gráfico da matriz de transgressão .....	69
Figura 4.25 – Avaliação do gráfico da matriz de transgressão para cada TAP .....	69
Figura 4.26 – Extratificação de transgressão inferior e superior.....	70
Figura 5.1 – Modelo simplificado do regulador de tensão.....	73
Figura 5.2 – Modelo do regulador de tensão .....	74
Figura 5.3 – Bloco do compensador de queda na linha.....	74
Figura 5.4 – Variação da tensão $V_{Comp}$ com o aumento da corrente .....	75
Figura 5.5 – Bloco de insensibilidade.....	75
Figura 5.6 – Faixa de $V_{Comp}$ considerando a insensibilidade .....	76
Figura 5.7 – Bloco do comutador – definição do TAP do regulador .....	76
Figura 5.8 – Bloco de medição de tensão - TP .....	77
Figura 5.9 – Comparativo $U_R$ $U_X$ com Corrente Máxima X Corrente Média.....	81
Figura 5.11 – Bloco de controle de temporização.....	84
Figura 5.12 – Fluxograma do algoritmo para a definição dos ajustes do regulador de tensão ...	87
Figura 6.1 – Fluxograma de avaliação do controle de tensão .....	90
Figura 6.2 – Alimentador de distribuição e transformadores com RNT .....	91
Figura 6.3 – Zonas de TAP do alimentador.....	92
Figura 6.4 – Perfil de Tensão do alimentador na configuração inicial. ....	93
Figura 6.6 – Perfil de Tensão do alimentador após alteração dos ajustes dos reguladores .....	96

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AL: Alimentador;  
ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica;  
BT: Baixa Tensão;  
CDC: Comutador de derivações sob carga  
DEC: Duração Equivalente por Consumidor  
DIC: Duração Individual por Consumidor  
DMIC: Duração Máxima por Consumidor  
DRC: Duração Relativa da Transgressão Crítica  
DRC<sub>M</sub>: Duração Relativa Máxima da Transgressão Crítica  
DRP: Duração Relativa da Transgressão Precária  
DRP<sub>M</sub>: Duração Relativa Máxima da Transgressão Precária  
EFFF: Energia Fornecida Fora do Padrão;  
FEC: Frequência Equivalente por Consumidor  
FIC: Frequência Individual por Consumidor  
FP: Fator de potência  
GD: Geração distribuída  
LDC: Line Drop Compensation – Compensação de Queda na Linha  
MRT: Monofilar com Retorno por Terra  
MT: Média Tensão  
P&D: Pesquisa e Desenvolvimento;  
PRODIST – Procedimentos da Distribuição;  
RGE: Rio Grande Energia  
RNT: Reclamação de Nível de Tensão  
RT: Regulador de Tensão  
SE: Subestação;  
TD: Transformador de Distribuição.  
TET: Transgressão Equivalente de Tensão  
UFSM: Universidade Federal de Santa Maria

## LISTA DE SÍMBOLOS

- $\delta_l$  : Coeficiente de penalização inferior;
- $\delta_s$  : Coeficiente de penalização superior;
- $\rho_{TAP}(i, j)$  : nota calculada para o TAP “j” do transformador “i”
- $\lambda_l$  : Transgressão de tensão inferior;
- $\lambda_s$  : Transgressão de tensão superior;
- $I_C$ : Corrente nominal do regulador;
- $I_L$ : Corrente de carga;
- Ins[%]: Faixa de insensibilidade do regulador de tensão;
- $I_{PMax}$ : Corrente no patamar de demanda máxima;
- $I_{PMin}$ : Corrente no patamar de demanda mínima;
- k1: coeficiente de majoração da transgressão precária;
- k2: coeficiente de majoração da transgressão crítica;
- k3: valor do encargo de uso do sistema de distribuição, referente ao mês de apuração;
- $R_{TAP}$ : Relação de transformação da posição de TAP “j”;
- $U_{La}$ : Tensão na carga
- $U_{Line-Drop}$ : Queda de Tensão na Linha;
- $U_{Max}$ : Limite máximo da faixa de tensão otimizada;
- $U_{Min}$ : Limite mínimo da faixa de tensão otimizada ;
- $U_{Nominal}$ : Tensão nominal secundária do transformador de distribuição;
- $U_{PMax}$ : Tensão desejada no patamar de demanda máxima;
- $U_{PMin}$ : Tensão desejada no patamar de demanda mínima;
- $U_{Ptm}(k)$ : Tensão calculada para o patamar “k”;
- $U_R$ : Compensação de tensão resistiva;
- $U_{Ref}$ : Tensão de referência para o regulador de tensão;
- $U_{Tr}$ : Tensão no secundário do transformador;
- $U_X$ : Compensação de tensão reativa;
- $V_{Comp}$ : Tensão compensada do regulador de tensão;

$\Delta V_{TAP}$ : Variação de tensão de cada TAP do regulador de tensão;

$\Delta V_{CDC}$ : Ganho de tensão devido ao controle de tensão na subestação;

$\Delta V_{Correção}$ : Ganho de tensão devido à ação dos meios de controle em todo o circuito;

$\Delta V_{MAX}$ : Queda de tensão entre a subestação e o ponto de entrega do consumidor;

$\Delta V_{RM}$ : Queda de tensão no ramal de ligação;

$\Delta V_{RP}$ : Queda de tensão na rede primária

$\Delta V_{RS}$ : Queda de tensão na rede secundária;

$\Delta V_{RT}$ : Ganho de tensão devido ao regulador de tensão da distribuição;

$\Delta V_{SE}$ : Queda de tensão na subestação

$\Delta V_{TAP}$ : Ganho de tensão devido ao TAP do transformador de distribuição;

$\Delta V_{TR}$ : Queda de tensão no transformador de distribuição;

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A</b> .....	<b>105</b>
<i>Relatório de Zonas de TAP – Situação Atual</i> .....	105
<b>ANEXO B</b> .....	<b>119</b>
<i>Relatório de Zonas de TAP – Proposta de Otimização</i> .....	119

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
1. <i>INTRODUÇÃO</i> .....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Disposição dos capítulos.....	2
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>4</b>
2. <i>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</i> .....	4
2.1. Controle dos Níveis de Tensão .....	4
2.2. Métodos Heurísticos de Otimização.....	8
2.2.1. Heurísticas Construtivas .....	11
2.2.2. Heurísticas de Melhoramento ou Busca Local .....	12
2.2.3. Metaheurísticas .....	13
2.2.4. Metodos de Penalização.....	14
2.3. Resumo do Capítulo.....	15
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>16</b>
3. <i>Níveis de Tensão em Regime Permanente e Meios de Controle de Tensão</i> .....	16
3.1. Regulamentação dos Níveis de Tensão no Brasil .....	16
3.2. Reclamações de Níveis de Tensão.....	20
3.3. O Controle de Tensão nas Redes de Distribuição .....	21
3.4. Relé 90 e o Comutador de Derivações sob Carga.....	32
3.5. Reguladores de Tensão .....	37
3.6. TAP de Transformadores de Distribuição .....	44
3.7. Resumo do Capítulo.....	45
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>46</b>
4. <i>Definição dos TAP's dos Transformadores de Distribuição</i> .....	46
4.1. Fluxo de Carga .....	47
4.2. Heurística para Determinação das Zonas de TAP .....	51
4.3. Relação entre tensão primária, TAP e transgressão de tensão secundária.....	62
4.4. Resumo do Capítulo.....	70
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>72</b>
5. <i>Ajustes dos Reguladores de Tensão e Relé 90</i> .....	72
5.1. Parâmetros Reguladores (Temporização e Tensão de Referência).....	72
5.2. Modelagem do Regulador de Tensão .....	73
5.3. Definição dos ajustes do regulador de tensão de distribuição.....	78



5.4.	Definição dos parâmetros de ajuste do relé 90 .....	84
5.5.	Rotina para Otimização dos Ajustes .....	84
5.6.	Adequações necessárias no processo de de fluxo de carga .....	87
5.7.	Resumo do Capítulo .....	88
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>89</b>
6.	<i>Avaliação Integrada dos Meios de Controle de Tensão</i> .....	89
6.1.	Avaliação Inicial do Sistema .....	90
6.2.	Otimização dos Ajustes .....	93
6.3.	Planejamento das ações de adequação .....	97
6.4.	Resumo do Capítulo .....	98
<b>CAPÍTULO VII.....</b>		<b>99</b>
7.	<b>CONCLUSÃO</b> .....	99
7.1.	Contribuições do trabalho.....	100
7.2.	Artigos Publicados .....	101
7.3.	Perspectivas para Trabalhos Futuros.....	101
<b>Referências Bibliográficas .....</b>		<b>102</b>

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

---

Os sistemas de distribuição de energia brasileiros caracterizam-se por grandes extensões de rede, cargas heterogêneas e distribuídas de forma não uniforme que resultam em elevadas quedas de tensão e acentuadas variações ao longo do dia. Devido a estas características e as exigências regulatórias, nos últimos anos o controle dos níveis de tensão tem sido objeto de estudo em todos os níveis de operação.

Com a publicação da Resolução 505/01 (ANEEL, 2001), as empresas distribuidoras de energia vêm aumentando seus esforços para garantir os níveis adequados da tensão fornecida aos seus consumidores. Para isso são desenvolvidos novos sistemas destinados ao tratamento de reclamações e gerenciamento de medições (CORDEIRO, 2006), (SOARES, 2006), novos relés reguladores de tensão (CARRARO, 2006), estudos integrados para os problemas de tensão e energia reativa (BARAN, 1999), aplicativos para a estimação dos indicadores de conformidade (GUIMARÃES, 2007), entre outros. Para estas situações utilizam-se diversas ferramentas como técnicas de inteligência artificial, redes neurais, algoritmos genéticos, sistemas fuzzy, modelagem matemática e sistemas supervisórios.

Dentre das técnicas utilizadas atualmente pelas distribuidoras de energia para controle dos níveis de tensão em regime permanente nos sistemas de distribuição encontram-se: o controle de tensão na barra da SE através transformadores com comutador de derivações sob carga, utilização de reguladores de tensão, aplicação de bancos de capacitores e alteração dos TAP's dos transformadores de distribuição e pequenas manutenções. Caso não seja possível eliminar o problema pode ser necessário recorrer a soluções que exigem um maior investimento tais como a

aplicação de condutores de maior capacidade, construção de novos alimentadores e até mesmo a construção de novas subestações.

Ao considerar um sistema de distribuição onde já são aplicados os métodos acima citados e ainda assim os indicadores de conformidade encontram-se inadequados, faz-se necessária uma avaliação mais criteriosa de todo o alimentador.

Avaliando o controle de tensão existente ao longo dos alimentadores de distribuição, observa-se que os reguladores de tensão têm significativa participação nas redes de distribuição. Estes equipamentos são utilizados há décadas no Brasil e em diversos países do mundo. No entanto o uso dos reguladores é muitas vezes feito de forma bastante simplificada sem um estudo que permita melhorar sua performance.

Diante do exposto, com este trabalho pretende-se apresentar uma metodologia que permita obter um aumento na eficácia dos reguladores de tensão e conseqüentemente a melhora dos níveis de tensão de fornecimento às unidades consumidoras garantindo mais qualidade do serviço prestado e mais satisfação dos consumidores.

## **1.1. Objetivos**

A realização deste trabalho tem os seguintes objetivos:

- Desenvolver uma ferramenta que possibilite a definição tanto da lei de controle de tensão na subestação como para os reguladores de tensão instalados nas redes de distribuição;
- O desenvolvimento de um algoritmo heurístico para a definição dos TAP's indicados para os transformadores de distribuição;
- Definir indicadores para a avaliação do controle de tensão a partir o uso de reguladores de tensão.

## **1.2. Disposição dos capítulos**

No Capítulo I faz-se uma apresentação em termos gerais do trabalho, bem como seus objetivos e motivações principais.

O Capítulo II traz uma revisão bibliográfica, referente aos estudos realizados para controle de tensão nos sistemas de distribuição. Apresenta também uma breve revisão sobre os métodos heurísticos de otimização e suas aplicações nos sistemas de distribuição.

No Capítulo III apresenta uma visão geral a respeito dos níveis de tensão em regime permanente e os meios de controle utilizados nos sistemas de distribuição.

No Capítulo IV é apresentada a metodologia para a definição dos TAP's dos transformadores de distribuição e a forma utilizada para avaliação dos resultados.

A ferramenta para a definição dos ajustes dos reguladores de tensão é demonstrada no Capítulo V.

No Capítulo VI é apresentado o roteiro para análise integrada dos níveis de tensão nos alimentadores de distribuição, utilizando as ferramentas apresentadas até então.

Finalmente no Capítulo VII, é feita a Conclusão do trabalho que apresenta as contribuições deste e também as possibilidades de trabalhos futuros para a continuidade e aperfeiçoamento do tema.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

---

Neste capítulo será apresentada uma série de estudos realizados na área de controle de tensão em sistemas de distribuição. Estes trabalhos serviram como suporte técnico e metodológico para esta dissertação, onde foram observados muitos dos avanços que os estudos nesta área tiveram ao longo dos anos.

Será também apresentada uma breve descrição dos métodos heurísticos de otimização juntamente com alguns trabalhos que fizeram uso destas técnicas aplicadas em sistemas de distribuição de energia elétrica.

#### **2.1. Controle dos Níveis de Tensão**

Têm-se atualizado nos últimos anos pesquisas referentes aos níveis de tensão em regime permanente e compensação de energia reativa, cabendo ressaltar algumas concepções sobre esse tema.

O grande crescimento do setor elétrico associado ao fato da energia elétrica fornecida ser um fator de extrema importância, tanto para os consumidores como para as empresas distribuidoras de energia, fez com que os órgãos reguladores do setor passassem a se preocupar mais com a qualidade da energia, enfocando, por exemplo, os níveis de tensão.

Diante deste crescimento e da necessidade cada vez maior, não só de um fornecimento contínuo como também da qualidade deste fornecimento foram criadas normas, resoluções e procedimentos que visam estabelecer os padrões adequados para a energia elétrica.

Em termos regulatórios a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou em 2001 a resolução 505, (ANEEL, 2001) resgatando e atualizando os conceitos da portaria 047 de 1978 do antigo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

(DNAEE), (CODI, 1985) estabelecendo limites para os níveis de tensão em regime permanente. Definia também, indicadores e tolerâncias para a violação dos limites de tensão classificando-os em precários e críticos.

Desta forma foram criados os indicadores DRP e DRC que representavam respectivamente a duração relativa da transgressão precária e crítica. Além de estabelecer os limites foram definidos procedimentos e requisitos para a realização das medições de avaliação dos níveis de tensão, que deveriam ter uma duração de 7 dias e que para este período de tempo os índices de transgressão calculados não poderiam ultrapassar os limites de duração definidos.

Para permitir a adequação das concessionárias de distribuição de energia elétrica a estes novos indicadores a ANEEL definiu uma redução gradativa dos limites de transgressão entre os anos de 2001 e 2007, fixando os limites em 3,0% de DRP e 0,5% de DRC.

Antes mesmo da publicação da resolução 505, a ANEEL iniciou, em 1999, o processo de análise dos procedimentos da distribuição, que culminou, em 2008, com a publicação dos mesmos (ANEEL, 2008), que foram divididos em 8 módulos, tratando das diversas atividades da distribuição de energia elétrica.

O módulo 8, em especial, trata da qualidade da energia, dividindo este tema em 2 blocos: Qualidade do Produto e Qualidade do Serviço.

A qualidade do produto avalia a regulamentação dos níveis de tensão em regime permanente, assumindo as funções da resolução 505, e outros fenômenos associados à conformidade dos níveis de tensão como desequilíbrios e assimetrias, distorções harmônicas, variações de tensão de curta duração, além dos limites de fator de potência.

Para a qualidade do serviço foram incorporadas as funções da resolução 024 de 2000, avaliando os índices de continuidade DEC, FEC, DIC, FIC e DMIC, juntamente com a avaliação dos tempos de atendimento.

O PRODIST foi aprovado em 31 de dezembro de 2008, e, a partir de então todos os aspectos da qualidade da energia elétrica devem ser observados. Com exceção dos níveis de tensão em regime permanente e do fator de potência, as medições e avaliações realizadas têm, inicialmente, o objetivo de coleta de dados e formação de histórico. Os parâmetros e limites estabelecidos são utilizados apenas como referência. No entanto após o período de coleta de dados, cuja duração ainda

não foi definida, os limites fixados deverão ser cumpridos e ações para regularização das mais diversas perturbações deverão ser tomadas.

O controle de tensão nas redes de distribuição pode ser tratado em vários níveis, iniciando na barra da SE e chegando até o circuito secundário do transformador de distribuição.

Feijó trata este controle de uma maneira hierárquica, propondo ações coordenadas nos transformadores das SE's e nos bancos de capacitores (FEIJÓ, 2002). Propõe duas metodologias, sendo que a primeira realiza a coordenação de transformadores com mudança de TAP sob carga e de bancos de capacitores e a segunda executa a coordenação hierárquica dos tempos de atuação dos controles dos transformadores com mudança de TAP sob carga em sistemas com configuração radial ou anel, visando evitar as interações entre os controles dos diversos transformadores que compõem os sistemas elétricos. A aplicação das metodologias nos sistemas estudados resultou em uma melhoria no ponto de operação dos mesmos, obtendo um melhor despacho de reativos a partir dos bancos de capacitores e mantendo a tensão mais próxima dos valores nominais.

Rodrigues apresenta algoritmos para o desenvolvimento de uma lei de controle de tensão, que, com base nos dados disponíveis sobre o sistema de distribuição e modelos de rede secundária. Visa definir os níveis de tensão indicados para o barramento das SE's de acordo com a variação de carga entre os patamares de demanda máxima e mínima (RODRIGUES, 2004). Para avaliação dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia definiu um indicador chamado Energia Fornecida Fora de Padrão (EFFF), que mede a energia fornecida fora de padrão para cada transformador de distribuição existente e agrupando o montante de EFFF no transformador da SE.

Milbradt aprimora o estudo da lei de controle de tensão para a subestação e o desenvolvimento de modelos de rede secundária, estimando a queda de tensão dos transformadores de distribuição até o centro de carga e final das redes definidas a partir de modelos de BT (MILBRADT, 2007). Com bases nestes modelos e no cálculo do fluxo de carga define os TAP's mais indicados para os transformadores de distribuição, utilizando também o indicador EFFF. A lei de controle de tensão da subestação que é proposta apresenta-se como uma função linear que fornece a elevação de tensão necessária para manter a tensão dentro de uma determinada

faixa, para cada horário, considerando a curva de carga diária, contemplando as 24 horas do dia.

Para o controle de tensão nas redes de distribuição a Eletrobrás apresenta como ações possíveis a alteração dos TAP's dos transformadores de distribuição, a melhoria do fator de potência com a instalação de bancos de capacitores nas redes de distribuição, a utilização de reguladores de tensão e o controle de tensão na barra da subestação (CODI, 1985). Outras ações indicadas para adequar os níveis de tensão são o aumento da bitola dos condutores tanto em rede primária como em secundária, divisão e balanceamento das cargas nos circuitos secundários além de ações operativas e pequenas manutenções.

Guimarães baseia-se no cálculo do fluxo de potência probabilístico e fluxo de potência utilizando lógica fuzzy para estimar os indicadores das transgressões de tensão nos alimentadores de distribuição (GUIMARÃES, 2006). Esta ferramenta se mostra interessante como forma de auxiliar no planejamento dos sistemas de distribuição, uma vez que apresentam um indicativo da condição do alimentador em termos de transgressão das faixas de tensão.

Spatti mostra uma estratégia para o controle de tensão em redes de distribuição através de métodos adaptativos utilizando também lógica fuzzy. Neste caso um módulo adicional dito "inteligente" atua diretamente no valor da tensão de referência do relé regulador alterando seu valor de acordo com a variação da carga (SPATTI, 2006). Esta estratégia é denominada Controle Adaptativo de Referência e conforme resultados apresentados obteve um ganho de tensão para os diversos patamares de carga nas subestações avaliadas.

Almeida faz uso de algoritmos genéticos para otimizar os níveis de tensão através da alocação de bancos de capacitores e de reguladores de tensão (ALMEIDA, 2006). O método heurístico proposto considera que o regulador de tensão mantenha a tensão próxima dos valores nominais e os capacitores são utilizados como fonte de redução das perdas de potência e aumento da economia obtida através da elevação do fator de potência. Conforme resultados apresentados, a metodologia permitiu avaliar diversas configurações do sistema de distribuição identificando pontos para instalação dos capacitores e reguladores, e apresentou resultados satisfatórios em termos de redução de perdas e melhoria dos níveis de tensão.



Novos reguladores de tensão também estão sendo desenvolvidos, com o objetivo de proporcionar novos ajustes e resposta mais rápida, garantindo um controle de tensão mais adequado.

Carraro apresenta os resultados obtidos com a aplicação de um regulador de tensão com múltiplos ajustes (CARRARO, 2006). Este equipamento permite que sejam realizados ajustes diferentes para determinados períodos do dia e/ou para diferentes dias da semana. Com a adequada parametrização deste equipamento, a Elektro obteve uma redução no número de comutações para o mesmo ponto de instalação, garantindo níveis de tensão mais adequados para o alimentador estudado. É importante lembrar que, do mesmo modo que um regulador convencional, o regulador com múltiplos ajustes também apresenta os recursos de temporização inversa e compensação de queda de tensão na linha.

Já Aredes propõe um comutador eletrônico de TAP's para os reguladores de tensão. A substituição da parte ativa do regulador, atualmente eletromecânica, por tiristores garante um tempo de resposta muito menor do que os reguladores convencionais (AREDES, 2008). Desta forma as variações de tensão são rapidamente corrigidas possibilitando inclusive a compensação de variações de tensão de curta duração. Os resultados obtidos neste estudo foram baseados em simulações e prevê o desenvolvimento de um protótipo para aplicação em redes reais.

O desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias tanto na baixa tensão como nas redes de média tensão também está sendo explorada para otimizar o controle de tensão. Diversos estudos estão sendo realizados para a aplicação da tecnologia FACTS (Flexible AC Transmission Systems) e capacitores série nas redes de distribuição (MONTEIRO, 2006) e a utilização de DVR's (Dynamic Voltage Restorer) (CHUNG, 2007) para o controle de tensão e compensação de energia reativa.

## **2.2. Métodos Heurísticos de Otimização**

Para a resolução de problemas de otimização nos sistemas de distribuição vários métodos de otimização e de análise multicriterial tem sido utilizados. Cada método está associado a funções objetivo e restrições, que são analisadas para

otimização dos sistemas. Quando existe mais do que um critério, é possível o emprego de algoritmos de tomada de decisão multicriterial, para escolha da melhor opção.

Dentre estes métodos, destacam-se: técnicas de buscas, baseadas em heurísticas, técnicas construtivas ou destrutivas entre outras. No entanto, as técnicas de busca exaustiva que examinam todas as alternativas possíveis tornam o processo oneroso para sistemas reais, pois o número de configurações factíveis cresce exponencialmente, resultando na chamada explosão combinatória.

Por essa razão algoritmos heurísticos aproximados podem ser utilizados, mesmo não garantido a solução ótima, para problemas como reconfiguração de sistemas elétricos. Estas técnicas fornecem uma solução satisfatória (boa ou quase ótima) para a maioria dos problemas. Além disso, o estabelecimento de critérios que possam ser usados para eliminar opções indesejáveis tende a diminuir a dimensão do problema.

Hashimoto apresenta uma revisão dos métodos de otimização multiobjetivo, aplicando os mesmos na avaliação do desempenho elétrico dos sistemas de distribuição. Seu estudo mostra através da aplicação das técnicas de pesquisa operacional e métodos metaheurísticos aplicados em problemas de otimização multicriterial uma forma eficiente de fornecer ao planejador um diagnóstico do sistema elétrico (HASHIMOTO, 2004).

Abaide e Comassetto utilizam algoritmos heurísticos para a avaliação da confiabilidade (ABAIDE, 2005) e otimização da proteção e manobras do sistema de distribuição (COMASSETTO, 2008), propondo ferramentas para a localização ótima de equipamentos de comutação através de múltiplos critérios.

Bernardon utiliza métodos heurísticos para a reconfiguração de redes de distribuição que visam reduzir as perdas técnicas proporcionando aumento dos níveis de tensão e da confiabilidade do sistema (BERNARDON, 2007).

No presente trabalho são propostos modelos e algoritmos heurísticos que aliados às ferramentas de análise e fluxo de potência visam fornecer soluções eficientes para os problemas de definição dos ajustes dos reguladores de tensão, estejam eles nas subestações ou nas redes de distribuição, e na definição dos TAP's dos transformadores de distribuição, com ou sem o conhecimento das características da rede secundária.

De modo geral, os métodos heurísticos procuram alcançar uma solução satisfatória para um determinado problema, sem ter que pesquisar todo o espaço de soluções possíveis, Figura 2.1. Não há garantia de que a aplicação destes métodos leve a obtenção da solução ótima, no entanto garantem soluções que satisfazem as restrições dos problemas em um tempo computacional reduzido, otimizando o processo de tomada de decisão.

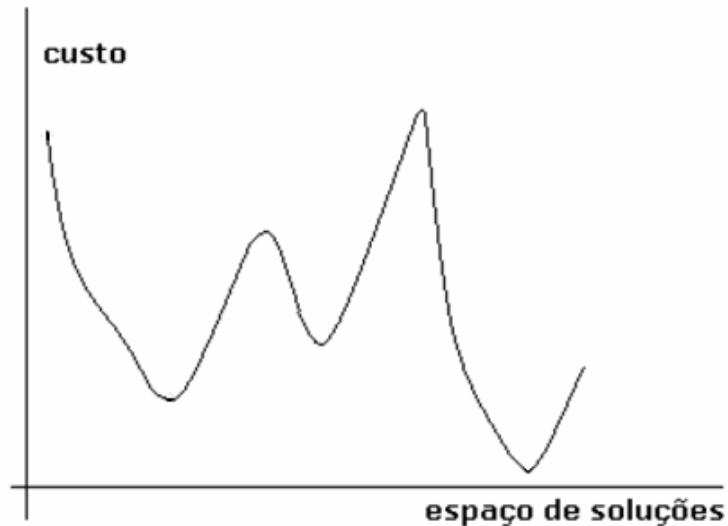


Figura 2.1 – Espaço de soluções de um problema de otimização.

Os métodos heurísticos utilizado atualmente podem ser classificados conforme diagrama da Figura 2.2.

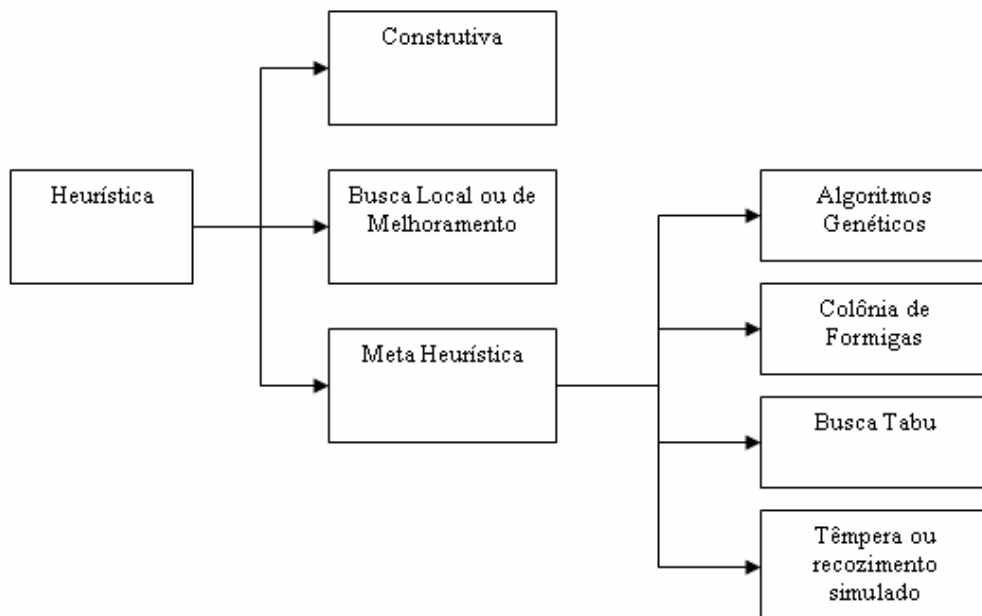


Figura 2.2 – Principais Métodos Heurísticos.

### 2.2.1. Heurísticas Construtivas

Os métodos heurísticos podem ser divididos, em termos pedagógicos, em construtivos, de melhoramento e metaheurísticas. Uma heurística construtiva, ou míope, consiste em tentar encontrar uma boa solução para um determinado problema de otimização, considerando a cada interação somente o próximo passo, ou seja, o critério de escolha é basicamente local.

Uma heurística construtiva parte de um problema que ainda não foi avaliado, portanto, que não apresenta inicialmente nenhuma solução. A partir das restrições existentes, constrói o resultado que atende a estas restrições, apresentando uma solução inicial para o problema, conforme Figura 2.3.

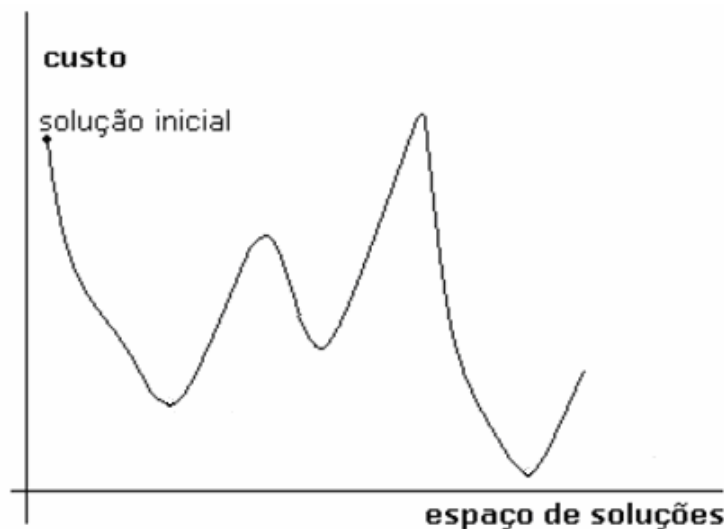


Figura 2.3 – Solução inicial obtida a partir de uma heurística construtiva.

Muitas vezes o desenvolvimento do algoritmo heurístico está baseado na experiência de um especialista e as regras são desenvolvidas a partir destas experiências e dos dados do problema.

Tem-se como exemplo um problema de definição de rotas para o atendimento de ordens de serviço para equipes de manutenção. Para este problema, os dados iniciais estão em uma lista de ordens de serviço que contem o endereço de atendimento e a data de geração da ordem.

A partir destes dados são estabelecidos critérios (restrições) para a priorização e classificação destas ordens. Esta ordenação apresenta-se como uma solução factível para o problema e foi obtida a partir de uma heurística construtiva.

### 2.2.2. Heurísticas de Melhoramento ou Busca Local

As heurísticas de melhoramento, por sua vez, iniciam já com uma solução factível. Um resultado é considerado factível se satisfaz todas as restrições presentes na formulação matemática representada na Figura 2.5, ou seja, o processo inicia-se a partir da solução dada por uma heurística construtiva e, através de um processo iterativo pesquisar a vizinhança da solução em busca de uma rota de melhor qualidade. O termo vizinhança se refere às rotas que se encontram próximas no espaço de busca das soluções, que podem ser alcançadas através de um movimento. Por movimento em um espaço de busca, se entende a aplicação de uma regra ou função que altere a solução atual, gerando uma nova solução.

Para o exemplo utilizado no item 2.2.1, a solução apresentada, mesmo sendo factível, pode não ser a solução ótima, necessitando, portanto de uma nova busca de possíveis soluções melhores. Desta forma a aplicação de uma heurística de melhoramento permite avaliar o espaço de soluções localizando outras melhores.

Geralmente, as heurísticas de melhoramento param, quando nenhuma outra troca possível melhora o resultado atual, o que é considerado um ótimo local, Figura 2.4. Neste tipo de busca também não há garantias de localizar o ótimo global do problema.

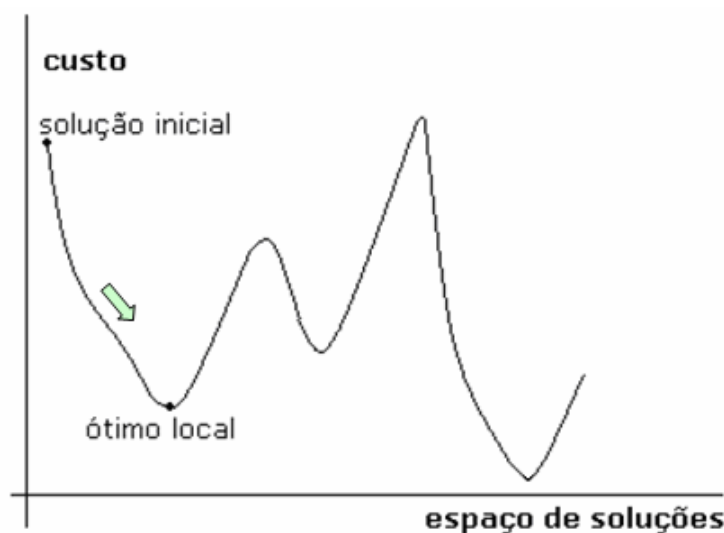


Figura 2.4 – Solução inicial e ótimo local para o problema de otimização.

O gráfico da Figura 2.5 apresenta esta relação. A heurística de melhoramento inicia a partir de uma solução inicial, que é representada por um ponto no gráfico. A partir deste momento, através do critério de vizinhança adotado, ele busca soluções

ao seu redor e, no caso do gráfico apresentado, reduz o custo da solução até o segundo ponto em destaque, o ótimo local. No entanto, neste momento a heurística cessa seu funcionamento.

Como é possível observar, todas as soluções vizinhas à rota do ótimo local possuem um valor superior à própria solução. Desta forma, o algoritmo pára e exibe como resposta o ótimo local, ignorando as possibilidades que poderiam levar o algoritmo a, mais tarde, encontrar um ótimo global, representado graficamente como o último ponto em destaque da Figura 2.5. Cabe salientar, novamente, que não há garantias que o primeiro ponto, o ótimo local, não seja realmente o ótimo global. Ou seja, se a busca continuasse indefinidamente, existe sempre a possibilidade de não haver outras melhorias a serem encontradas.

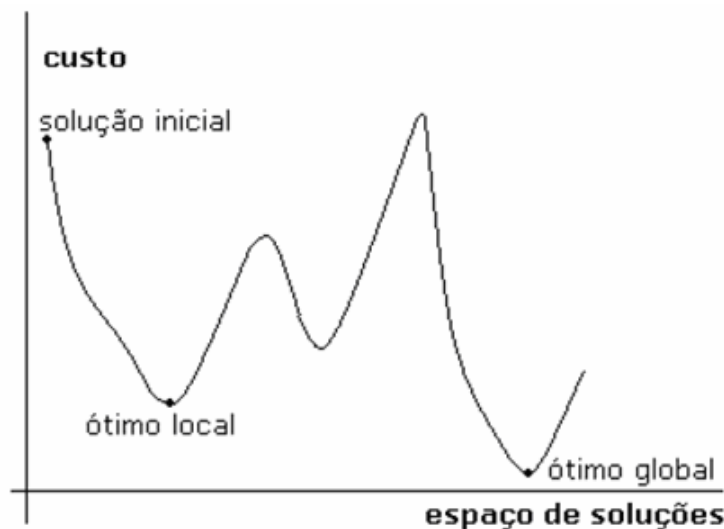


Figura 2.5 – Soluções ótimas locais e globais de um problema de otimização.

### 2.2.3. Metaheurísticas

Formam uma classe de métodos de resolução aproximada, especialmente desenvolvidos para abordar problemas complexos de otimização combinatória.

Consistem em estratégias gerais de pesquisa, inspiradas em conceitos de áreas diversas como:

- Heurísticas Gulosas
- Algoritmos Genéticos
- Colônia de Formigas
- Busca Tabu

- Têmpera Simulada

As metaheurísticas possuem uma grande facilidade de incorporar novas situações e de explorar regiões do conjunto factível na tentativa de superar a óptimalidade local. Apesar de não garantir a óptimalidade global, são capazes de identificar diversos pontos de ótimos locais conforme Figura 2.6.



Figura 2.6 – Soluções ótimas locais e globais de um problema de otimização.

Observa-se que os métodos metaheurísticos podem resolver problemas multiobjetivos de otimização combinatória e problemas de otimização não linear com muita flexibilidade.

#### 2.2.4. Metodos de Penalização

Os métodos de funções de penalização transformam o problema de otimização, com a utilização de formulações alternativas, possibilitando encontrar as soluções numéricas que satisfazem as restrições impostas para o problema. São utilizadas como funções auxiliares dos algoritmos heurísticos como forma de avaliação da solução obtida, direcionando o processo de busca de novas soluções.

O parâmetro de penalização pode ser fixo ou ser alterado dinamicamente a cada iteração, dependendo da natureza do problema ou da forma de modelagem. Consiste basicamente em avaliar o quanto a função se afasta da região desejada e de acordo com a amplitude deste afastamento um determinado valor escolhido é

penalizado e então escolhido o valor seguinte, ficando com o valor que obtiver a menor penalidade.

### **2.3. Resumo do Capítulo**

Muitas são as formas de compensar os níveis de tensão e as alternativas para controle são definidas de acordo com as características próprias de cada sistema, alimentador e concessionária.

Nesta revisão foram apresentados alguns dos atuais meios utilizados pelas empresas distribuidoras e metodologias ainda em estudo para a realização do controle de tensão nos sistemas de distribuição. Também mostrou que os métodos convencionais empregados, são na maioria das vezes, utilizados de maneira não satisfatória, permitindo ações para a melhoria de seus parâmetros.

Foi também apresentada uma breve visão dos métodos heurísticos de otimização e algumas de suas aplicações no sistema de distribuição de energia.

Mesmo com a utilização de novos equipamentos, com a possibilidade de múltiplos ajustes ou tempos menores de comutação, a otimização dos parâmetros de controle aplicados em reguladores convencionais certamente apresentará os mesmos benefícios quando aplicada nos modernos reguladores de tensão, aliada ainda aos novos recursos que estes equipamentos trazem. Desse modo, tem-se a oportunidade de propor novos algoritmos visando a aperfeiçoar os métodos existentes de definição de leis de controle e ajustes de equipamentos, critérios para estabelecer TAP's para transformadores de distribuição, entre outros.



## **CAPÍTULO III**

### **Níveis de Tensão em Regime Permanente e Meios de Controle de Tensão**

---

Este capítulo apresenta uma visão geral sobre os níveis de tensão em regime permanente, enfocando aspectos regulatórios e reclamações dos consumidores quanto a qualidade do fornecimento e seu processo de tratamento, ferramentas e métodos para fluxo de potência e meios de controle de tensão aplicados nos sistemas de distribuição.

#### **3.1. Regulamentação dos Níveis de Tensão no Brasil**

A resolução 505/01, define limites para os níveis de tensão em regime permanente, indicadores e tolerâncias para a violação destes limites classificando-os em precários e críticos. Desta forma foram criados os indicadores DRP e DRC que representam respectivamente a duração relativa da transgressão precária e crítica. Estes indicadores definem o limite de tempo em que a tensão de fornecimento pode permanecer fora da faixa adequada. Além da definição dos indicadores e limites, a resolução estabelece os procedimentos para atendimento de reclamações dos consumidores e para a realização das medições.

Nestes procedimentos são apresentados os prazos para o atendimento das reclamações e os prazos para a regularização dos níveis de tensão. Para permitir a adequação das concessionárias de distribuição de energia elétrica a estes novos indicadores a ANEEL definiu uma redução gradativa dos limites de transgressão entre os anos de 2001 e 2007, conforme Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Limites de DPR e DRC e prazos de regularização

Ano	DRP		DRC	
	Limite [%]	Prazo de Regularização [dias]	Limite [%]	Prazo de Regularização [dias]
2001	7,0	180	0	45
2002	7,0	180	1,1	45
2003	7,0	180	1,1	45
2004	7,0	180	1,1	45
2005	5,0	120	0,9	45
2006	4,0	90	0,7	30
A partir de 2007	3,0	90	0,5	15

Muitas vezes para as distribuidoras estes prazos são impraticáveis, dadas as etapas envolvidas na execução das obras ou outras ações necessárias para a regularização. No entanto para os consumidores estes prazos podem ser considerados bastante longos quando se avalia que níveis de tensão situados na faixa crítica podem impedir o funcionamento dos equipamentos necessários para suas atividades diárias ou ainda danificar estes equipamentos.

A ANEEL também impõe, caso o prazo de regularização não seja cumprido o pagamento de uma compensação, calculada conforme (ANEEL, 2001), cuja fórmula é apresentada na equação (3.1), aos consumidores sujeitos a níveis inadequados de tensão de fornecimento. O valor desta compensação é proporcional ao nível da transgressão e da fatura de energia do consumidor. Nota-se que além do pagamento das compensações, ainda existe o fator de descontentamento do cliente com a qualidade do serviço prestado pela distribuidora prejudicando a imagem da empresa.

$$Compensação = \left[ \left( \frac{DRP - DRP_M}{100} \right) \cdot k_1 + \left( \frac{DRC - DRC_M}{100} \right) \cdot k_2 \right] \cdot k_3 \quad (3.1)$$

Onde:

- DRP: duração relativa da transgressão precária
- DRPM: duração relativa da transgressão máxima de tensão precária
- DRC: duração relativa da transgressão crítica
- DRCM: duração relativa da transgressão máxima de tensão crítica
- k1: coeficiente de majoração da transgressão precária
- k2: coeficiente de majoração da transgressão crítica

- k3: encargo de uso do sistema de distribuição no mês de apuração

O procedimento definido pela resolução não permite o encerramento de uma reclamação sem que os níveis de tensão de fornecimento estejam adequados, ou pelo menos atendam aos limites mínimos de DRP e DRC. Desta forma, uma reclamação procedente só será considerada regularizada após a apresentação de uma medição, no mesmo período de observação citado anteriormente, que contenha níveis de tensão adequados e índices de conformidade dentro dos limites estabelecidos.

Este procedimento, mostrado de maneira simplificada na Figura 3.1, bem como seus prazos, deve ser seguido para todas as reclamações de níveis de tensão realizadas pelos consumidores bem como para as medições amostrais realizadas pelas concessionárias trimestralmente.

A linha do tempo da Figura 3.1 permite obter uma estimativa do tempo gasto em cada etapa para o cumprimento dos prazos estabelecidos no processo como um todo.

A fim de desenvolver para os sistemas de distribuição um conjunto de documentos que disciplinasse todos os aspectos técnicos relacionados à distribuição, a ANEEL iniciou o processo de análise dos procedimentos da distribuição, o PRODIST. Esta coletânea foi dividida em 8 módulos, tratando das diversas atividades da distribuição de energia elétrica, enfocando aspectos de planejamento e operação entre outros. O Quadro 3.2 apresenta os módulos e respectivos temas estudados nestes documentos.

Quadro 3.2 – Módulos do PRODIST

Módulo	Tema
Módulo 1	Introdução
Módulo 2	Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição
Módulo 3	Acesso ao Sistema de Distribuição
Módulo 4	Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição
Módulo 5	Sistemas de Medição
Módulo 6	Informações Requeridas e Obrigações
Módulo 7	Cálculo de Perdas na Distribuição
Módulo 8	Qualidade da Energia Elétrica

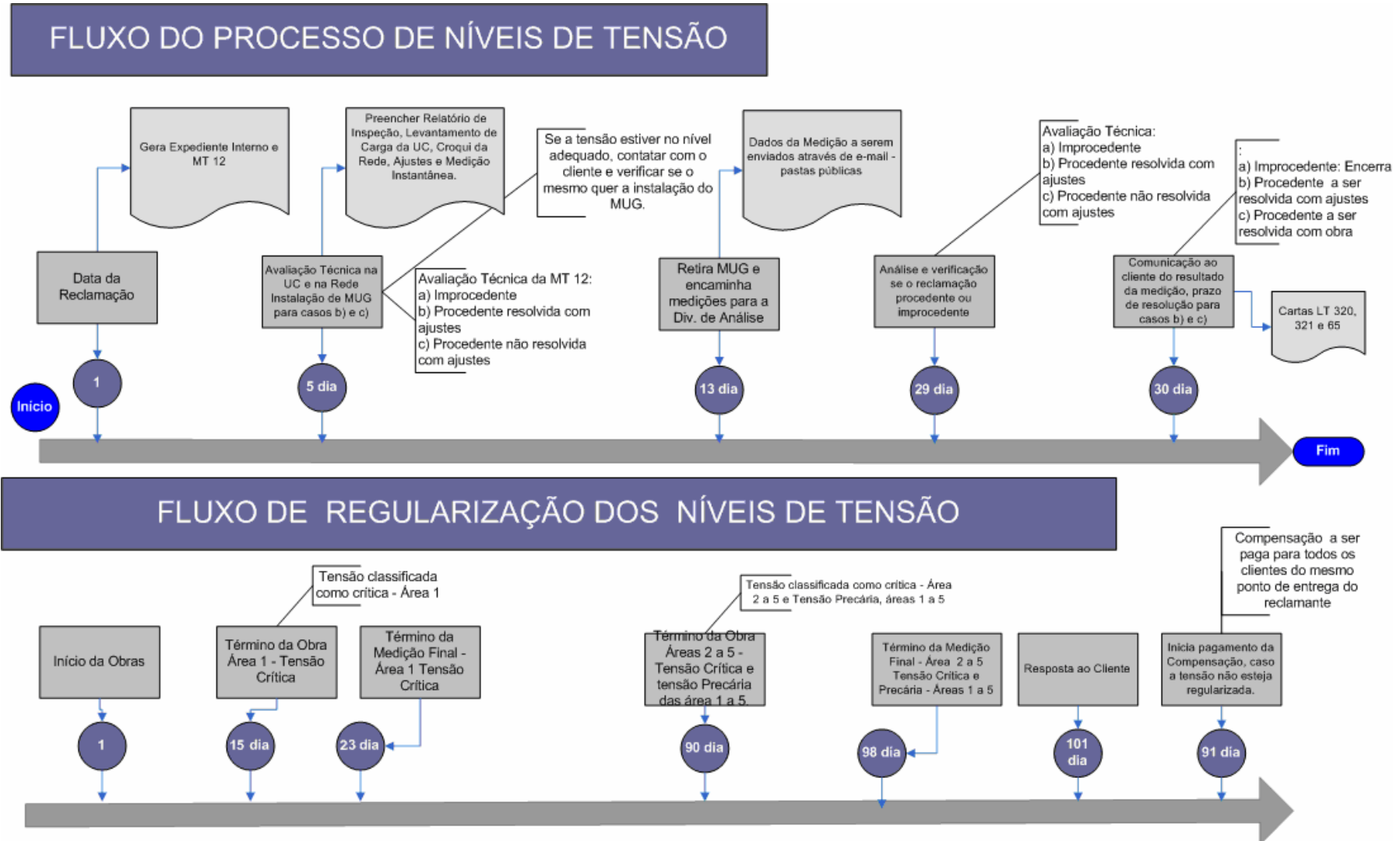


Figura 3.1 – Linha do Tempo do processo de tratamento de RNT's, (RGE, 2006)

O módulo 8, trata da qualidade da energia, dividindo este tema em qualidade do produto e qualidade do serviço.

A qualidade do produto avalia a regulamentação dos níveis de tensão em regime permanente, assumindo as funções da resolução 505, e outros fenômenos associados à conformidade dos níveis de tensão como desequilíbrios e assimetrias, distorções harmônicas, variações de tensão de curta duração, além dos limites de fator de potência. Avaliando o regime permanente da tensão, em comparação com a resolução 505, o PRODIST apresenta poucas alterações significativas, sendo destacada a obrigatoriedade de atender o consumidor em horário compatível com o horário da reclamação e a alteração do valor da compensação, através dos coeficientes  $k_1$  e  $k_2$ , apresentados na equação (3.1), (ANEEL, 2008).

Para a qualidade do serviço foram incorporadas as funções da resolução 024 de 2000 avaliando os índices de continuidade DEC, FEC, DIC, FIC e DMIC, juntamente com a avaliação dos tempos de atendimento (ANEEL, 2008).

### **3.2. Reclamações de Níveis de Tensão**

As reclamações de níveis de tensão refletem a percepção do consumidor quanto à qualidade da energia fornecida pelas distribuidoras. Tais reclamações, procedentes ou não, devem receber um tratamento adequado a fim de garantir que a tensão no ponto de entrega seja, no mínimo, adequada aos limites estabelecidos na legislação.

A origem das reclamações pode ser relacionada à impossibilidade de utilização dos equipamentos, queda de tensão em determinados horários, tensão elevada ocasionando a queima de equipamentos, distúrbios causados por consumidores adjacentes, enfim, problemas de diversas naturezas.

Este resultado também se reflete nas medições amostrais, realizadas trimestralmente pelas distribuidoras para envio à ANEEL.

Numa mesma rede secundária, por exemplo, pode ocorrer de um consumidor apresentar problemas de tensão elevada e queima de equipamentos, enquanto outro atendido no final do circuito não consegue utilizar seus equipamentos devido aos efeitos da subtensão.

Transformadores de baixa potência e sistema de distribuição monofilar com retorno por terra, ou MRT, também contribuem para o aumento das reclamações de tensão, visto que as regiões rurais atendidas por estes sistemas estão apresentando um considerável aumento de carga devido à modernização dos meios de beneficiamento dos produtos da agricultura e pecuária.

Outra causa de transgressão dos níveis de tensão é a utilização de TAP's não adequados à tensão de operação nos transformadores de distribuição ou ainda a elevada queda de tensão na rede primária que mesmo através da alteração dos TAP's dos transformadores ainda reflete em violação dos níveis adequados de tensão secundária.

A distribuição não uniforme das cargas, seja na rede primária, seja na rede secundária, também contribui para o problema, afetando consumidores com fornecimento monofásico e trifásico.

Um problema comum em alimentadores extensos é a existência de diversas zonas de TAP's, ou seja, transformadores de distribuição situados em regiões elétricas com tensão de fornecimento distintas, as quais exigem a operação do transformador em posição de TAP compatível com a tensão primária fornecida no ponto de conexão do transformador, para apresentar a tensão adequada no secundário.

Em resumo devido às características próprias do sistema de distribuição brasileiro, como a grande extensão de rede principalmente nos alimentadores rurais, diferenças elevadas nos níveis de carregamento entre os patamares de carga leve e pesada e a operação radial das redes de distribuição, a queda de tensão apresenta-se como um grande problema para as distribuidoras de energia elétrica tanto em termos operacionais como em termos de planejamento. As alternativas utilizadas para reduzir a queda de tensão e melhorar a qualidade da energia fornecida são várias, no entanto, a forma, o custo e o tempo para implementá-las geram uma série de dificuldades que, muitas vezes fazem com que a solução proposta não apresente os resultados esperados.

### **3.3. O Controle de Tensão nas Redes de Distribuição**

O controle de tensão nas redes de distribuição pode ser tratado em vários níveis, iniciando na barra da SE e chegando até o circuito secundário do transformador de distribuição. De maneira hierárquica, conforme define Feijó (FEIJÓ, 2004) para o sistema elétrico de potência, o controle de tensão é geralmente organizado em três níveis de controle, definidos por tempo de atuação e por área. Cada um destes níveis tem uma função e ações específicas para o controle da tensão.

A Figura 3.2 apresenta a distribuição e abrangência destes níveis de controle.

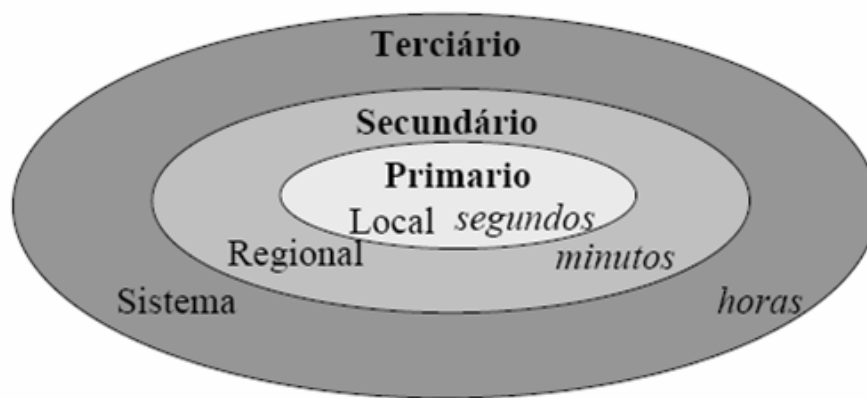


Figura 3.2 – Tempos de atuação níveis de controle, (Feijó, 2004)

Segundo esta definição o controle primário representa o controle local, e atua de forma a manter as tensões nos terminais dos geradores próximas dos valores de referência estabelecidos. Como as unidades geradoras representam o ponto inicial do sistema de potência, o tempo de resposta deve ser extremamente baixo, na ordem de poucos segundos.

O controle secundário apresenta-se com uma abrangência regional e tem como função principal garantir o perfil de tensão dentro de sua área de atuação. Como o controle é realizado em cascata, o tempo de atuação deste segundo bloco de regulação é da ordem de alguns segundos até a casa de alguns minutos. As ações realizadas nesta etapa do controle são:

- a mudança de TAP dos transformadores das subestações (de forma automática ou manual em alguns casos);
- o chaveamento de compensadores reativos;
- a mudança dos valores de referência dos reguladores do controle primário.

Por fim o controle terciário tem a função principal de determinar o perfil ótimo de tensão para o sistema e coordenar os controles secundários de acordo com os critérios de segurança e econômicos. Esta determinação é realizada através de algoritmos de fluxo de potência ótimo (FPO), no qual são especificadas as condições de operação desejadas bem como os limites operativos.

A partir dos resultados deste processo, são definidos novos parâmetros para os reguladores de tensão dos geradores, referências de tensão para as barras onde o controle de tensão é utilizado e ainda alteração dos estados dos compensadores de reativos.

Com esta estrutura as ações de controle de uma área são pouco influenciadas pelas ações de controle de outras áreas, havendo assim um desacoplamento entre as áreas.

Uma análise dos tempos de atuação indica que a ação dos níveis de controle não é simultânea, uma vez que os tempos resposta são diferentes e coordenados. Deste modo variações transitórias de tensão, por exemplo, são tratadas pelo controle primário, de modo a garantir um ajuste rápido dos níveis de tensão.

Para as redes de distribuição o tratamento do problema de tensão é realizado da mesma forma há vários anos. Tanto a influência de cada componente do sistema elétrico como as ações para a regularização exploradas são basicamente idênticas. As recomendações do Comitê de Distribuição (CODI) já apontavam uma divisão das contribuições de cada componente do sistema para a tensão fornecida aos consumidores, conforme pode ser visto na Figura 3.3.

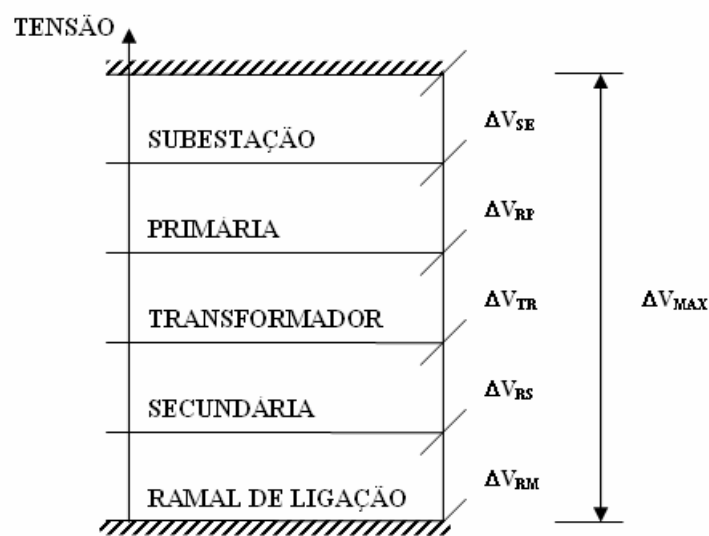


Figura 3.3 – Variação de Tensão entre SE e consumidor, (CODI, 1985)



Visualizando estas contribuições ao longo de um alimentador de distribuição, Figura 3.4, pode-se avaliar o impacto que cada uma tem nos níveis da tensão fornecida ao consumidor, bem como as possibilidades de ajuste e adequação destes níveis.

Basicamente pode-se atuar em todos os níveis do sistema, sob a forma de alteração de ajustes e parâmetros, ou através da execução de obras. Considerando-se a ação nos meios de controle, as adequações estão sendo limitadas à SE, a rede primária e ao TAP do transformador de distribuição.

Avaliando o perfil de tensão entre a subestação e a rede secundária, Figura 3.4, em um sistema sem nenhum ganho obtido a partir dos meios de controle. Para este caso a tensão na barra da SE apresenta seu valor nominal e o transformador encontra-se também na posição nominal (TAP 1). Desta forma a queda de tensão no circuito apresentará seu valor máximo entre a SE e o último consumidor do circuito secundário.

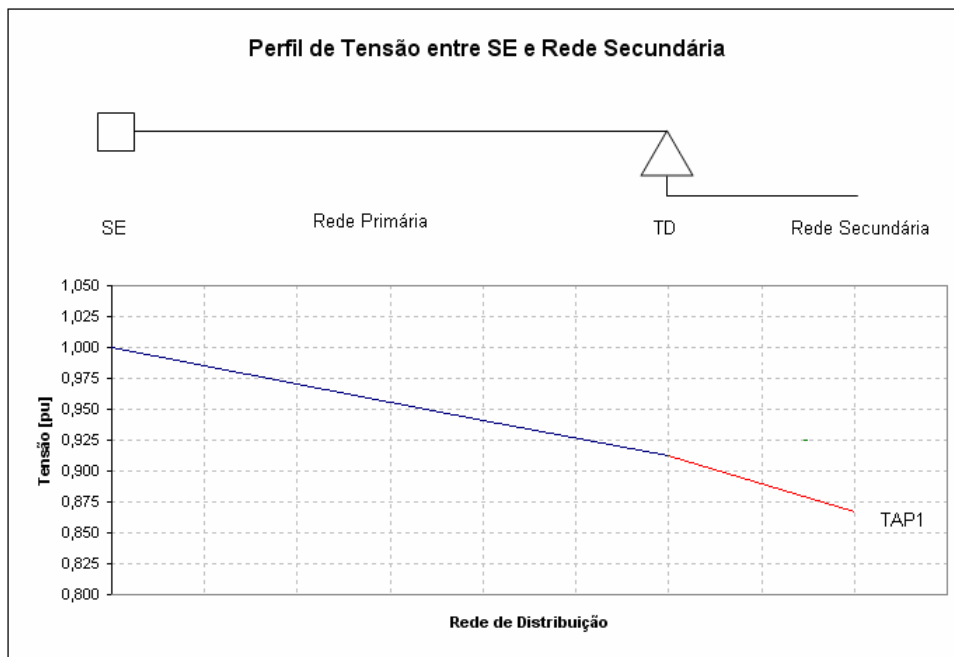


Figura 3.4 – Perfil de tensão entre subestação e rede secundária

A alteração do TAP do transformador de distribuição, Figura 3.5 pode beneficiar a todos os consumidores atendidos por este transformador. Para um problema localizado está é uma solução rápida e eficaz, entretando, para uma situação com maior abrangência, os demais transformadores deste ramal não são

beneficiados com esta ação, ou haverá a necessidade de intervenção em muitos transformadores.

Dado que a posição de TAP 2 possui uma relação de transformação de 0,95pu:1pu, tem-se então um ganho de 5% no nível de tensão do lado secundário.

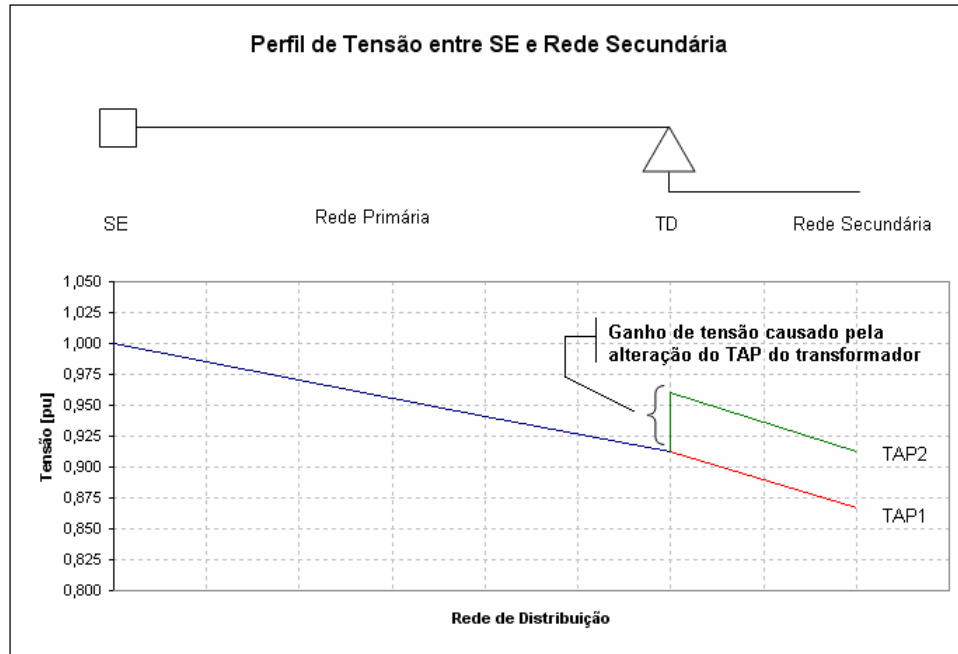


Figura 3.5 – Elevação da tensão secundária devido a alteração de TAP

A instalação de um regulador de tensão, Figura 3.6, certamente tem uma abrangência maior, atendendo a diversos transformadores e inúmeros consumidores. O ganho obtido com esta ação garante elevação e melhor regulação dos níveis de tensão para a rede primária e se propaga por toda a rede secundária.

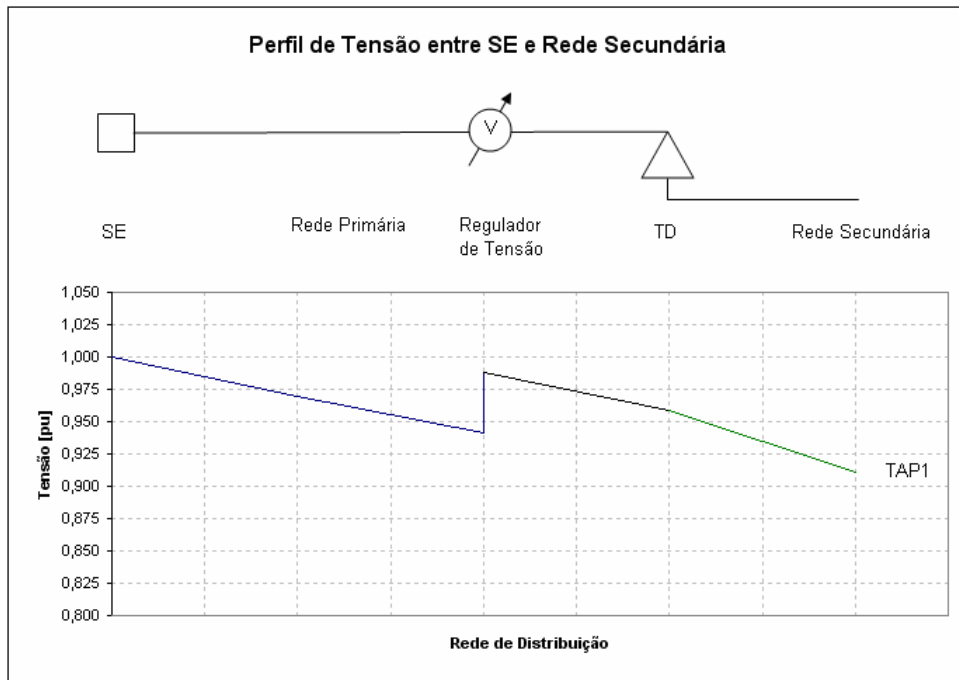


Figura 3.6 – Alteração do perfil de tensão devido ao regulador de tensão

A implantação de um comutador de derivações sob carga (CDC), com controle automático (relé 90), Figura 3.7, tem impacto em todo o sistema de distribuição atendido por este transformador, beneficiando todos os alimentadores.

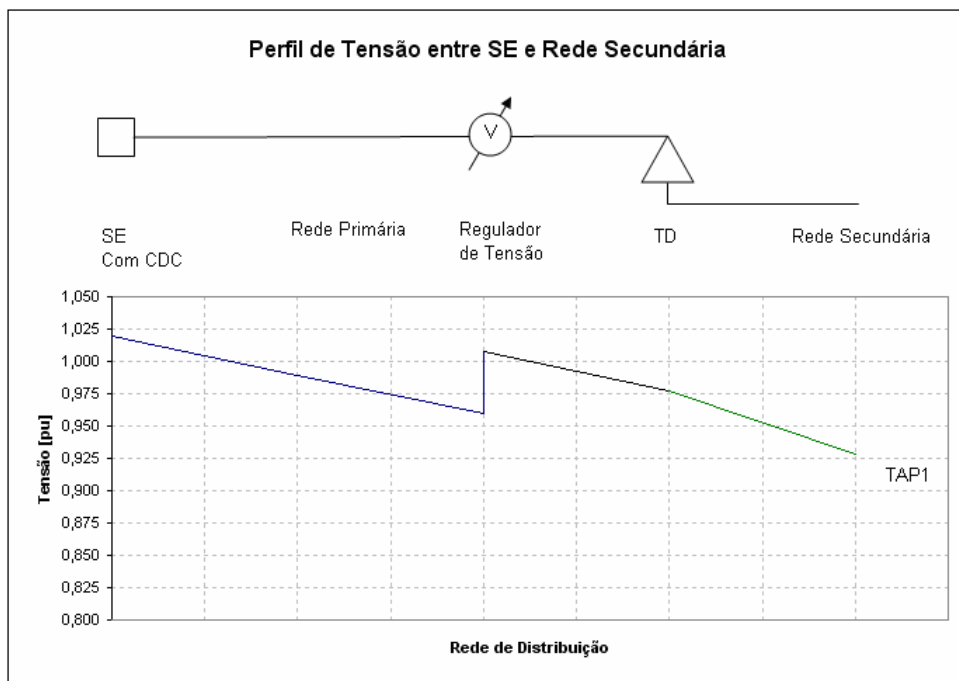


Figura 3.7 – Alteração do perfil de tensão devido a CDC e relé 90

A ação integrada destes três componentes, Figura 3.8, traz alterações no perfil de tensão de todos os níveis do sistema de distribuição.

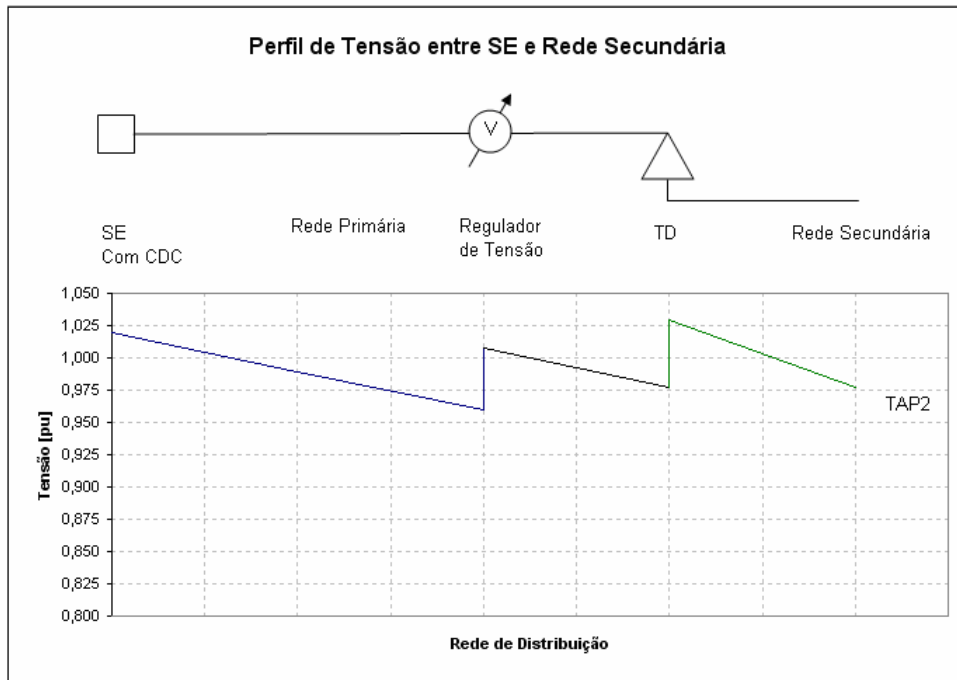


Figura 3.8 – Alteração do perfil de tensão devido a ação combinada TAP, Regulador CDC

Com a adequada utilização dos meios de controle pode-se minimizar o efeito da variação de tensão em alguns componentes através da ação coordenada de outros, conforme pode ser visto na Figura 3.9.

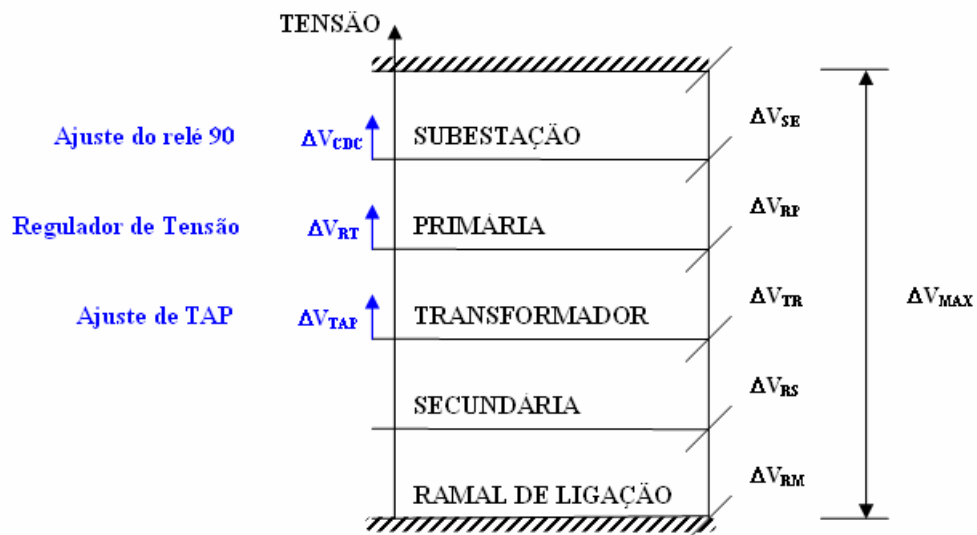


Figura 3.9 – Influência dos meios de controle na redução da queda de tensão

Os elementos que possibilitam esta forma de atuação são:

- O relé da subestação: que realiza o monitoramento da tensão do transformador da SE e aciona o comutador de derivações sob carga. Através da comutação dos TAP's do transformador, a relação de transformação é ajustada visando manter os níveis de tensão dentro de uma faixa pré-estabelecida.
- O regulador de tensão: que, da mesma forma que o relé da SE, monitora os níveis de tensão e comanda à comutação dos TAP's de modo a manter os níveis de tensão adequados. Geralmente é instalado em bancos trifásicos, conectados em Y ou  $\Delta$ , possibilitando uma faixa de ajuste que poderá apresentar um ganho de até 15%.
- O TAP do transformador de distribuição: através das derivações no primário, possibilitam adequar o número de espiras aos níveis de tensão no ponto de conexão, mediante a realização de comutações com o transformador desenergizado, e assim manter os níveis de tensão secundária mais próximos dos valores nominais.

Quando adequadamente utilizados, os meios de controle de tensão existentes no sistema elétrico trazem resultados satisfatórios e reduzem o impacto da queda de tensão aos consumidores.

A Figura 3.10 ilustra o ganho obtido através da ação combinada dos meios de controle de tensão, reduzindo os efeitos da queda de tensão em todo o sistema.

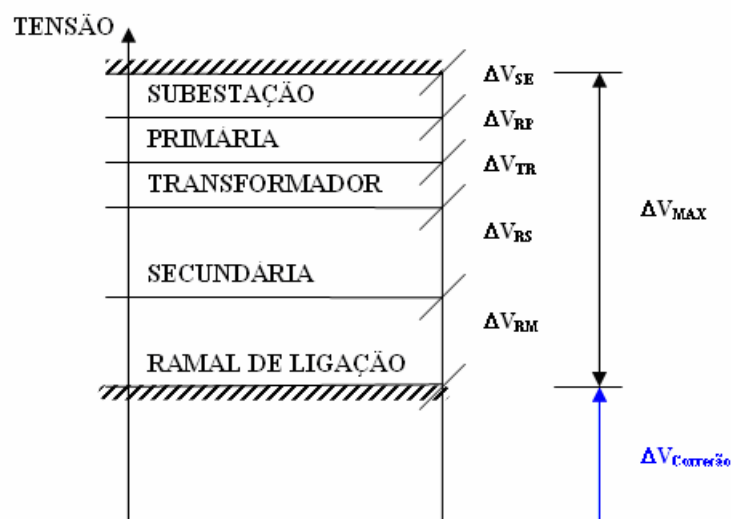


Figura 3.10 – Redução da queda de tensão obtida através dos meios de controle

A soma dos resultados destas três ações se reflete em ganho de tensão para os consumidores atendidos em tensão secundária como em tensão primária, uma vez que a regulação do circuito tende a melhorar com estas ações.

Com base nesta divisão dos meios de controle e aplicando a ideia do controle hierárquico para o sistema de distribuição, pode-se classificar como primário o controle automático de tensão na barra da SE, secundário como a operação dos reguladores de tensão nos alimentadores de distribuição e no nível terciário a alteração dos TAP's dos transformadores de distribuição. Em termos de temporização existe uma coordenação entre o nível primário e o secundário de modo que o nível primário normalmente apresenta uma operação mais rápida.

No entanto, utiliza-se aqui uma definição de abrangência destes níveis de forma um pouco diferenciada, classificando como local o nível terciário, que apresentará os resultados apenas na rede secundária atendida por este transformador e com abrangência do sistema o nível primário, uma vez que o impacto causado pela ação de controle na SE afetará direta e indiretamente todos os transformadores conectados a este alimentador ou transformador de subestação.

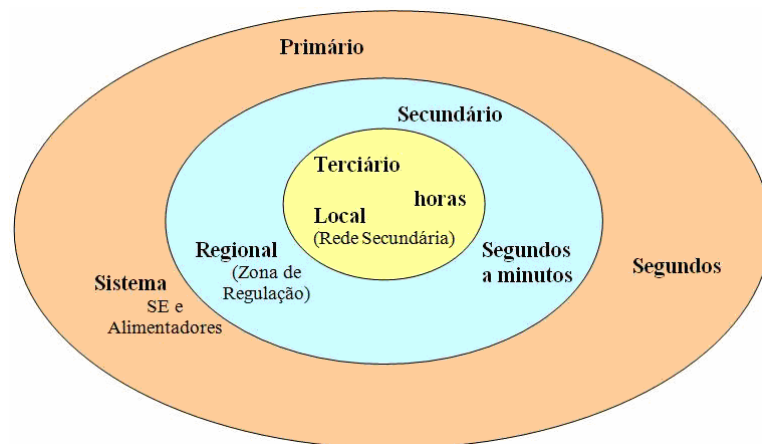


Figura 3.11 – Controle de tensão no sistema de distribuição

Com esta abordagem um sistema de distribuição pode apresentar dentro de um nível primário, mais de um nível secundário e inúmeros níveis terciários, como mostrado na Figura 3.12.

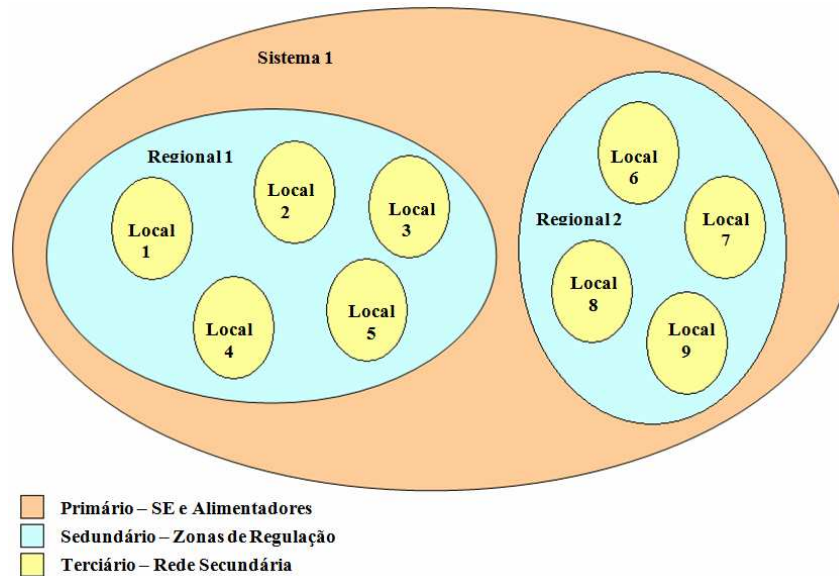


Figura 3.12 – Níveis hierárquicos do controle de tensão

Quando o problema de tensão é avaliado de forma isolada, inicialmente a intervenção no controle local representa muitas vezes uma alternativa rápida e de baixo custo, uma vez que a simples alteração do TAP do transformador de distribuição pode regularizar a tensão fornecida àquela determinada rede secundária. No entanto quando este problema é analisado com uma visão mais ampla, considerando, por exemplo, a alteração do perfil de tensão de um trecho de rede primária, onde a abrangência passa a ser regional, as ações devem ser muito bem planejadas.

Se o controle de tensão é realizado desconsiderando as interações entre seus níveis, juntamente com a configuração de cada um, pode ocorrer de a instalação de um regulador de tensão não apresentar o ganho de tensão esperado devido a não alteração dos TAP's dos transformadores de distribuição, ou ainda resultar em sobretensão no fornecimento dos consumidores atendidos em tensão secundária, conforme a Figura 3.13.

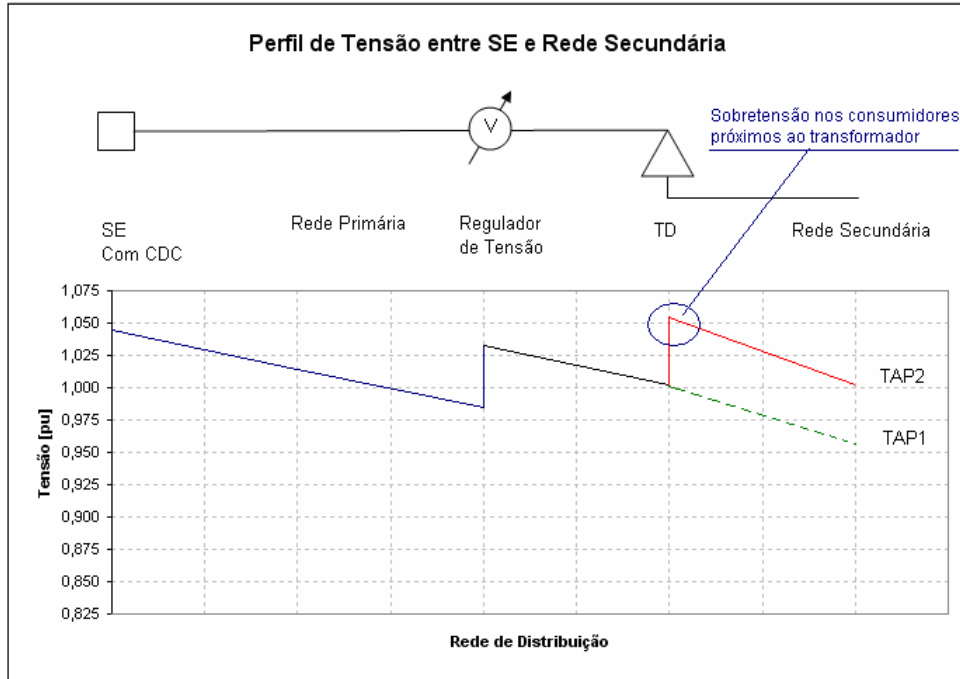


Figura 3.13 – Níveis de tensão elevados devido a não adequação do TAP

As alterações necessárias no sistema devem ser planejadas e executadas de forma coordenada, apresentando um ganho gradativo no sistema, mas dentro de um prazo aceitável de modo que o investimento realizado para a adequação dos níveis de tensão no circuito tenha o devido retorno.

Como visto anteriormente, é possível estratificar o nível de queda de tensão de acordo com procedimentos adotados nas concessionárias e através desta classificação atuar nos dispositivos de controle de cada trecho ou nível de tensão do sistema.

Para cada alimentador, de acordo com o ponto em análise, os níveis de tensão podem ser regularizados de diferentes formas, por exemplo, para um consumidor atendido em tensão secundária a alteração da posição do TAP do respectivo transformador pode ser suficiente, no entanto um consumidor com fornecimento em média tensão talvez necessite de uma obra na rede primária como um recondutoramento, instalação de reguladores de tensão ou construção de um novo alimentador, que, devido ao impacto no sistema, certamente irá afetar diversos consumidores com fornecimento em BT e MT.

A análise de medições realizadas nos pontos de entrega dos consumidores, aliadas as simulações e estudos de fluxo de carga permite que sejam estimadas as parcelas de contribuição de cada um dos componentes do sistema nos níveis de



tensão fornecidos contribuindo para a definição e planejamento das ações de regularização.

Antes de utilizar as modernas tecnologias de controle de tensão envolvendo eletrônica de potência e compensadores série, pode-se obter bons resultados com os meios de controle tradicionais, ou ainda utilizar-se de ambas as ferramentas visando um resultado melhor, se considerar a influência exercida em todo o sistema de forma integrada.

### **3.4. Relé 90 e o Comutador de Derivações sob Carga**

Na subestação, os transformadores são frequentemente utilizados para realizar o controle de tensão através da comutação dos TAP's de seus enrolamentos. Estas comutações são necessárias para compensar as variações de tensão que ocorrem em função das variações de carga ao longo do dia, ou em função de manobras ou transferências de cargas entre alimentadores e subestações.

A alteração do TAP dos transformadores é realizada, dependendo do tipo de comutador existente, com ou sem carga, sendo que nos comutadores com operação sem carga é necessário desenergizar o transformador.

Para a realização de um controle de tensão adequado, que considere as variações de tensão que ocorrem durante o dia, entre os vários patamares de carga, são necessários os comutadores com atuação sob carga, os chamados CDC's (Comutador de Derivação sob Carga) ou LTC (do inglês Load Tap Changing). Uma das grandes vantagens do CDC é que não há necessidade de interrupção no fornecimento para realizar a comutação do TAP.

Geralmente os comutadores são localizados no lado de alta tensão do transformador. Uma explicação para este fato é que a corrente no lado de alta tensão é menor do que no lado de baixa tensão, propiciando um desgaste menor deste comutador. Outra razão é que, no lado de alta tensão, existe um número maior de espiras disponíveis, o que contribui para um ajuste mais preciso dos níveis de tensão.

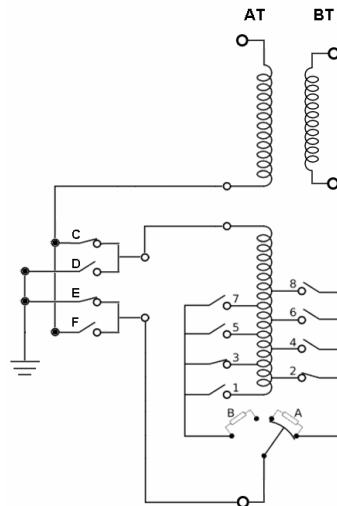


Figura 3.14 – Esquema simplificado do Comutador de Derivações sob Carga

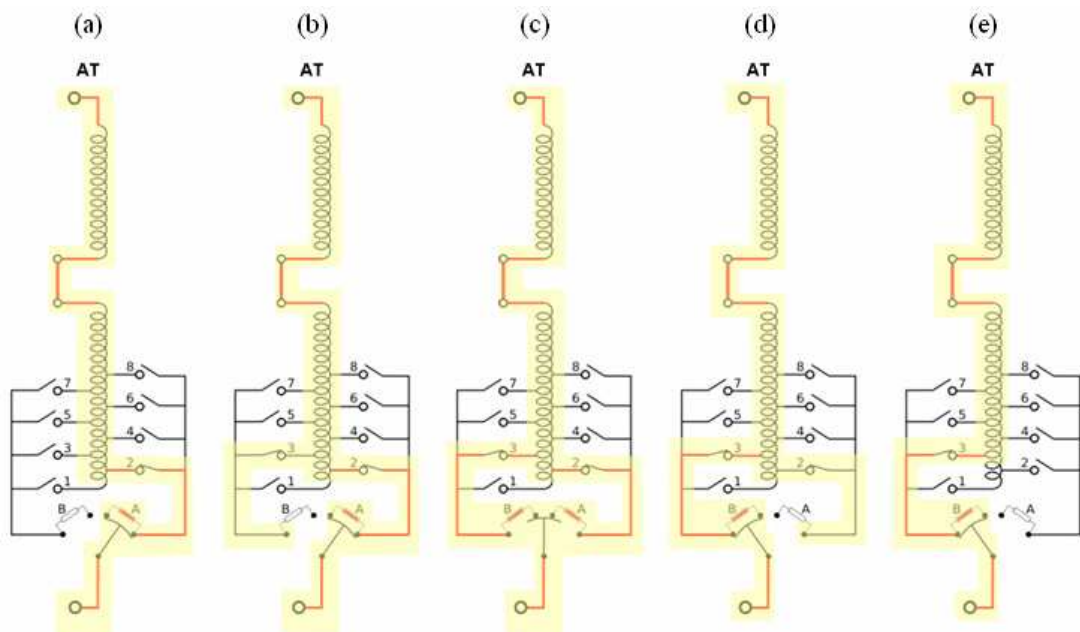


Figura 3.15 – Operação do CDC

Este equipamento é bastante volumoso, tem elevado custo e sua manutenção é programada em função do número de operações de comutação realizadas. Além disto, esta manutenção exige o desligamento do transformador com os conseqüentes transtornos para o fornecimento que deve ser interrompido, ou obtido de outra unidade (RODRIGUES, 2004).

É importante salientar que a operação destes transformadores pode ser tanto manual quanto automática, sendo necessária, neste caso, a instalação de um relé de tensão (relé 90) e um equipamento de acionamento motorizado (KUNDUR, 1993), (TAYLOR, 1994), (VAN CUTSEM, apud FEIJÓ, 2002) e (FEIJÓ, 2002). Como

exemplo desses equipamentos pode-se citar o MK 20 e o VC 100-BU, fabricados pela Empresa Maschinenfabrik Reinhausen da Alemanha, e o SPAU 341 C1 fabricado pela Asea Brown Boveri.

Um aspecto importante deste equipamento é que a faixa de regulação e a variação de cada degrau variam de transformador para transformador, assim sendo para a correta configuração dos parâmetros do relé é necessário conhecer o transformador. Por exemplo, no Quadro 3.3 é apresentado um transformador 69/13,8kV com 17 posições de TAP, sendo a posição 5 referente a posição nominal. Além disso possui 4 posições para tensões maiores e 12 posições para tensões menores, permitindo que o mesmo opere em sistemas com tensão primária 5% acima e 15% abaixo da sua tensão nominal.

Quadro 3.3 – Posições de TAP's de um transformador 69/13,8kV

Posições de TAP	Tensão Primária	Tensão Secundária
1	72,450kV	13,8kV
2	71,588kV	13,8kV
3	70,725kV	13,8kV
4	69,863kV	13,8kV
5	69,000kV	13,8kV
6	68,138kV	13,8kV
7	67,125kV	13,8kV
8	66,413kV	13,8kV
9	65,550kV	13,8kV
10	64,688kV	13,8kV
11	63,825kV	13,8kV
12	62,963kV	13,8kV
13	62,100kV	13,8kV
14	61,238kV	13,8kV
15	60,375kV	13,8kV
16	59,513kV	13,8kV
17	58,650kV	13,8kV

Fonte: (RGE, 2007)

A regulação da barra da SE abrange todos os alimentadores a ela conectados, desta forma, o ajuste deve considerar a influência deste controle em todos em todos eles simultaneamente. A Figura 3.16 ilustra um transformador 69/13,8kV com CDC responsável pelo controle de tensão de 6 alimentadores.

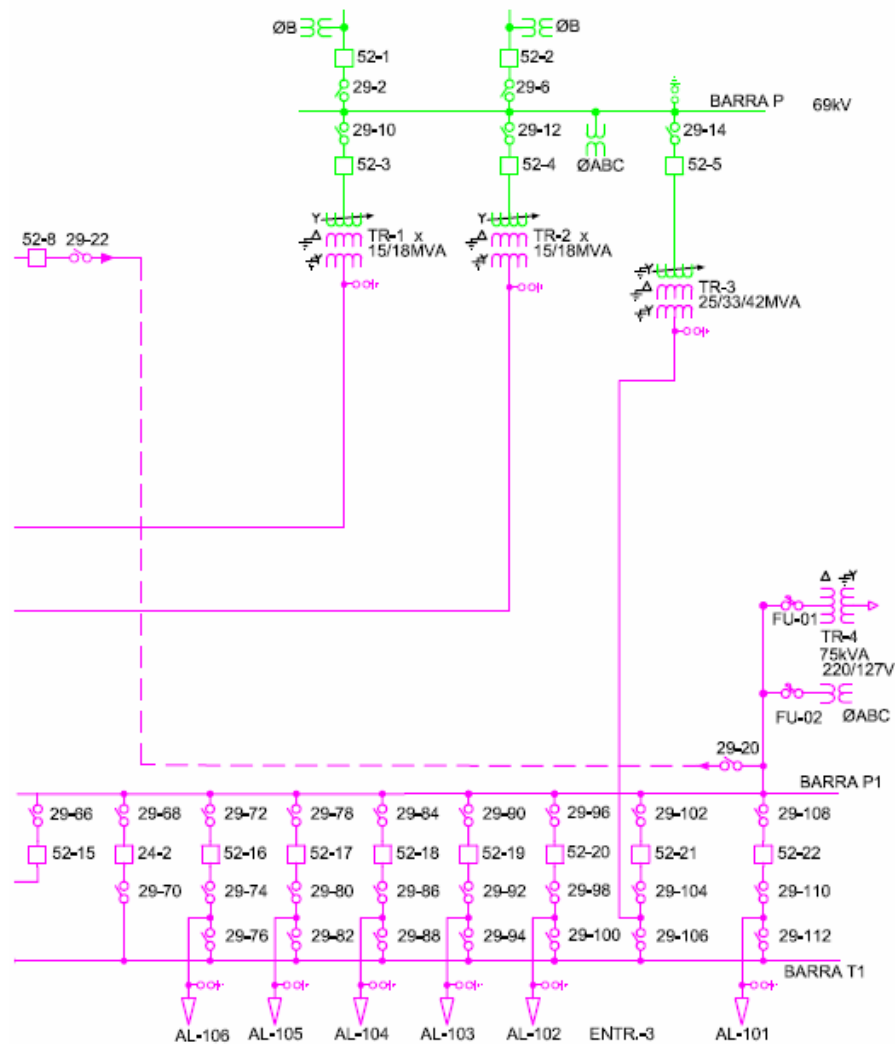


Figura 3.16 – Alimentadores atendidos pelo transformador.

O relé 90 possui ajustes de temporização, para evitar comutações para variações de tensão de curta duração, que ocorrem na ordem de poucos segundos. Esta temporização faz com que o relé monitore os níveis de tensão e quando detectado um valor fora das faixas de tensão ajustadas inicia o contador de tempo. Caso a tensão permaneça fora dos limites durante o tempo ajustado, o relé envia o comando para atuação do comutador, alterando a posição do TAP.

Em alguns relés existe um segundo tempo (T2), menor que o tempo T1, que é utilizado quando há necessidade de comutações sucessivas. Neste caso o equipamento monitora a tensão durante o tempo T1 e após a primeira comutação o tempo de monitoramento passa a ser T2, o que permite adequar os níveis de tensão mais rapidamente.

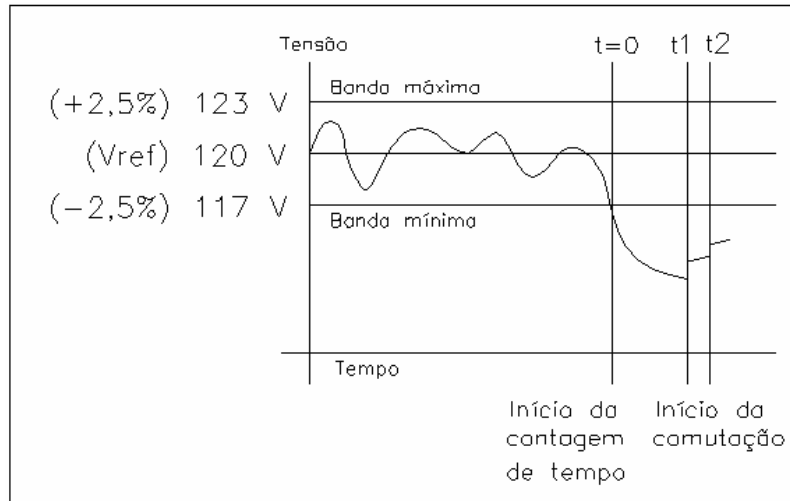


Figura 3.17 – Temporização do relé 90

Havendo a possibilidade de medição de corrente no transformador, pode ser habilitado o bloco de compensação de queda de tensão na linha. Este componente simula a impedância de um trecho de rede primária e estima a queda de tensão neste trecho com base na corrente de carga medida. Utilizando-se dos parâmetros  $U_R$  e  $U_X$  são verificadas as componentes resistiva e reativa da queda de tensão e deste modo o relé mantém a tensão ajustada no final do trecho simulado conforme Figura 3.18.

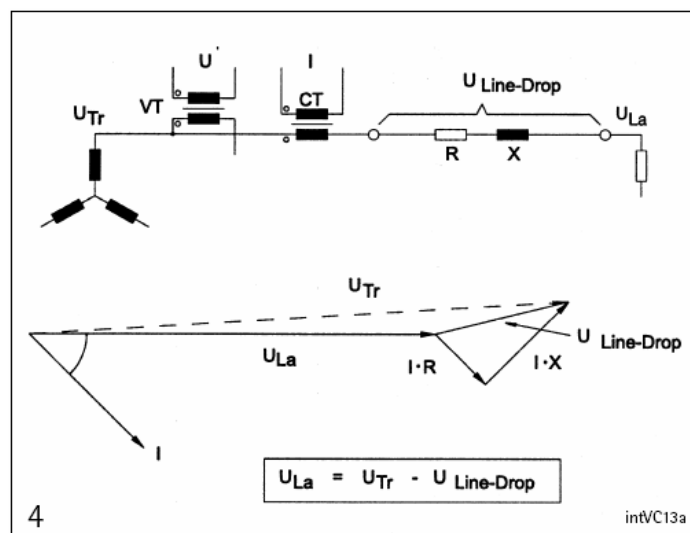


Figura 3.18 – Compensador de queda de tensão na linha

Com base neste trecho “virtual” e no valor da corrente medida é calculada a queda de tensão entre o regulador e o ponto onde a tensão deve ser regulada.

### 3.5. Reguladores de Tensão

Reguladores de tensão são usados freqüentemente em redes de distribuição, seja urbana ou rural, para regular a tensão em cada fase da rede separadamente, visando manter a tensão dentro de uma faixa de valores pré-estabelecidos, respeitando os limites seguros de operação nos pontos de carga.

Um regulador de tensão é fundamentalmente um autotransformador com muitos TAP's, podendo operar tanto na configuração de elevador de tensão como abaixador de tensão, através da inversão das bobinas do secundário. Possui um circuito de controle responsável pela comutação desses TAP's sempre que a tensão na saída do regulador violar os limites predeterminados. De maneira semelhante ao transformador com CDC, a comutação dos TAP's é feita sob carga, ou seja, sem a necessidade de interrupção no fornecimento.

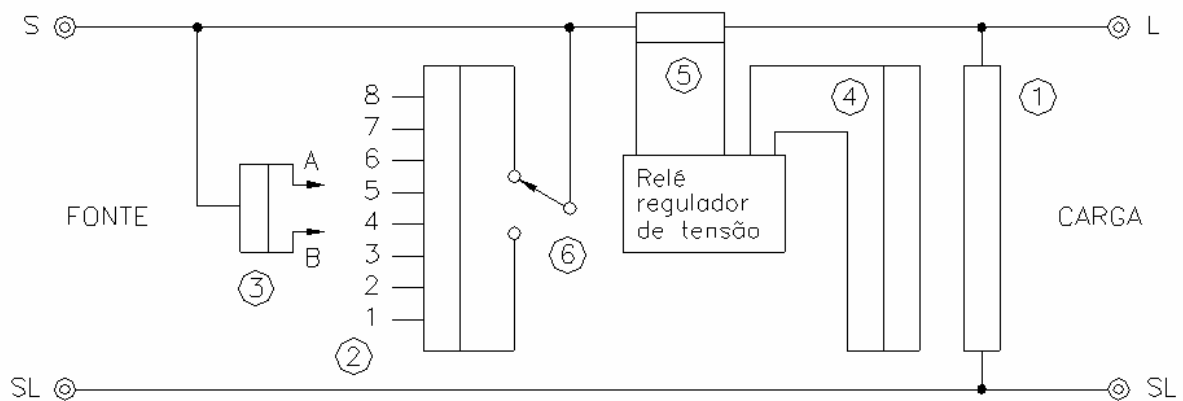


Figura 3.19 – Esquema simplificado do regulador de tensão

Geralmente as distribuidoras de energia utilizam os reguladores agrupados em três unidades monofásicas ligadas em  $\Delta$  ou Y formando um banco trifásico. Este agrupamento é que permite a regulação independente de cada uma das fases.

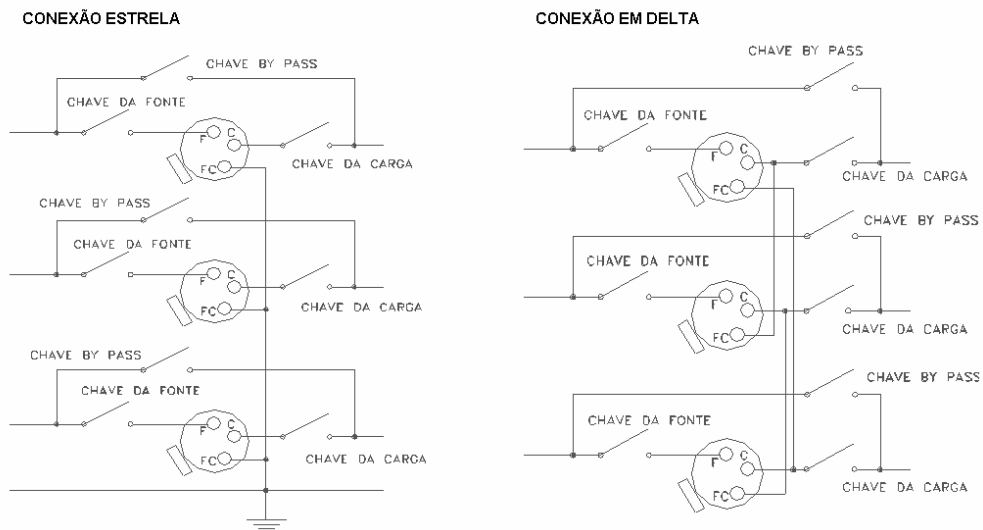


Figura 3.20 – Conexões de bancos de reguladores

A diferença principal entre as duas configurações está no ganho de tensão obtido, o qual para a ligação em Y é de 10% e para a configuração em  $\Delta$  chega a 15%, como mostrado na Figura 3.21. Outro ponto a observar é que para o banco ligado em Y a referência para cada regulador é a terra enquanto que para o  $\Delta$  a referência de cada regulador é a tensão de saída de outro regulador, criando assim uma referência variável.

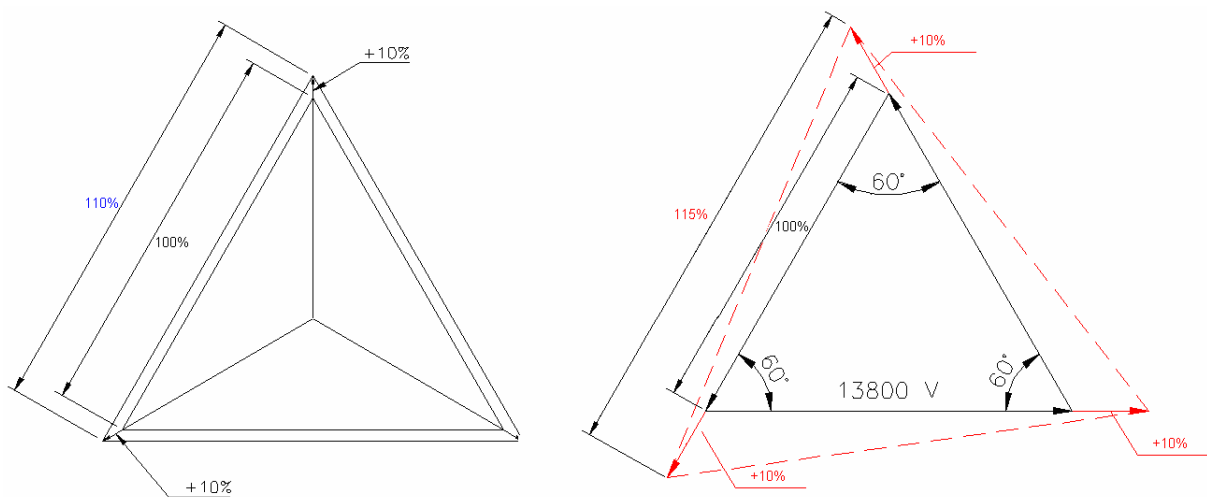


Figura 3.21 – Ganho de Tensão em Delta e Estrela

Os objetivos principais dos reguladores são compensar a queda de tensão, Figura 3.22, e minimizar a variação de tensão causada pela variação das cargas, Figura 3.23.

Para o primeiro, os reguladores são instalados em pontos com níveis de queda de tensão definidos por critérios de planejamento, e são então ajustados de modo a recuperar esta queda elevando a tensão para valores próximos à tensão nominal.

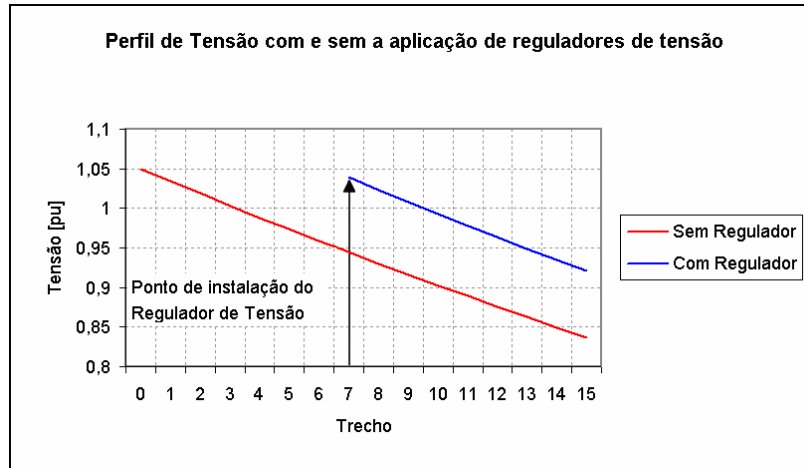


Figura 3.22 – Efeito do regulador de tensão no perfil de tensão do alimentador

No segundo caso, os ajustes são efetuados de tal forma que o regulador reduza os níveis de tensão em determinados instantes e os eleve em outros de modo a estreitar a faixa de variação de tensão.

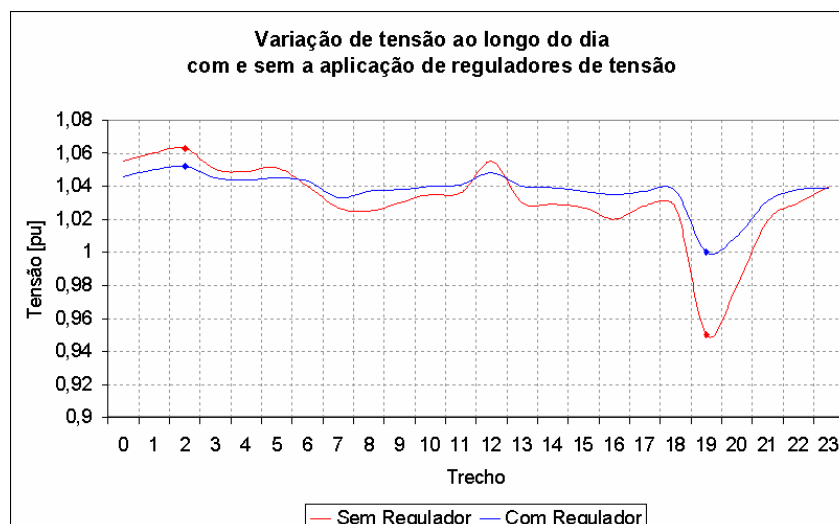


Figura 3.23 – Efeito do regulador de tensão na variação de tensão no ponto

Possuem parâmetros que possibilitam definir o valor de tensão de referência e uma faixa de insensibilidade, destinada a evitar comutações desnecessárias, uma



vez que pequenas variações de tensão são permitidas e não devem apresentar impacto significativo nas cargas.

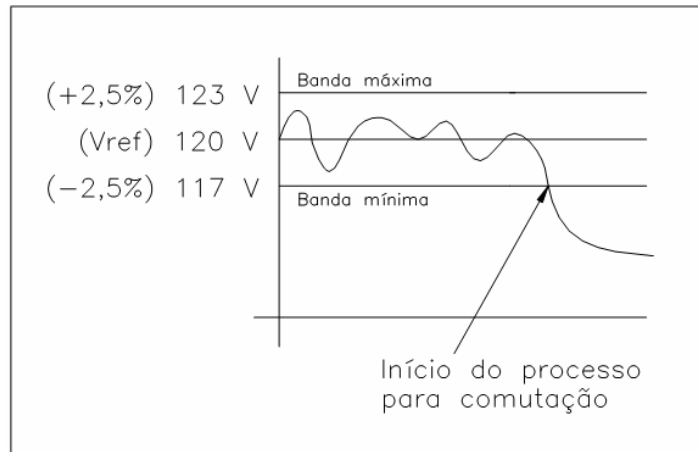


Figura 3.24 – Faixa de insensibilidade do regulador de tensão

Além do ajuste da insensibilidade, os reguladores permitem a parametrização do tipo e do limite de temporização, que preservam o equipamento de comutar para variações de tensão de curta duração, que ocorrem devido a alterações momentâneas nas cargas, ou oscilações que são recuperadas pelo sistema em poucos segundos.

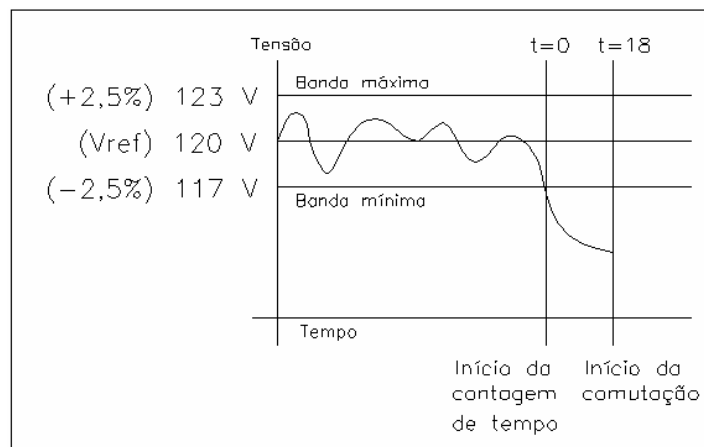


Figura 3.25 – Temporização do regulador de tensão

Quanto a temporização cabe acrescentar a existência de dois modos possíveis de operação: linear e inversa.

Na temporização linear para qualquer que seja a variação da tensão, até a primeira comutação, o tempo de retardo do regulador será o mesmo.

Na compensação com temporização inversa, o tempo até a primeira comutação é inversamente proporcional a variação de tensão, através da relação apresentada em (3.2).

$$t_{\text{Atuação}} = \frac{\text{Ins}[\%]}{\Delta V} \cdot t_{\text{Ajuste}} \quad (3.2)$$

Onde:

- $t_{\text{Atuação}}$  - tempo de atuação do regulador de tensão
- $\text{Ins}[\%]$  - faixa de insensibilidade ajustada
- $\Delta V$  - queda de tensão medida no regulador
- $t_{\text{Ajuste}}$  - temporização de referência ajustada

Ou seja, quanto maior a variação de tensão no ponto, mais rápida será a resposta do regulador.

A Figura 3.26 ilustra um comparativo entre temporização inversa e linear para diversos valores de tempo e uma ampla faixa de valores de queda de tensão, considerando a faixa de insensibilidade definida em 1%.

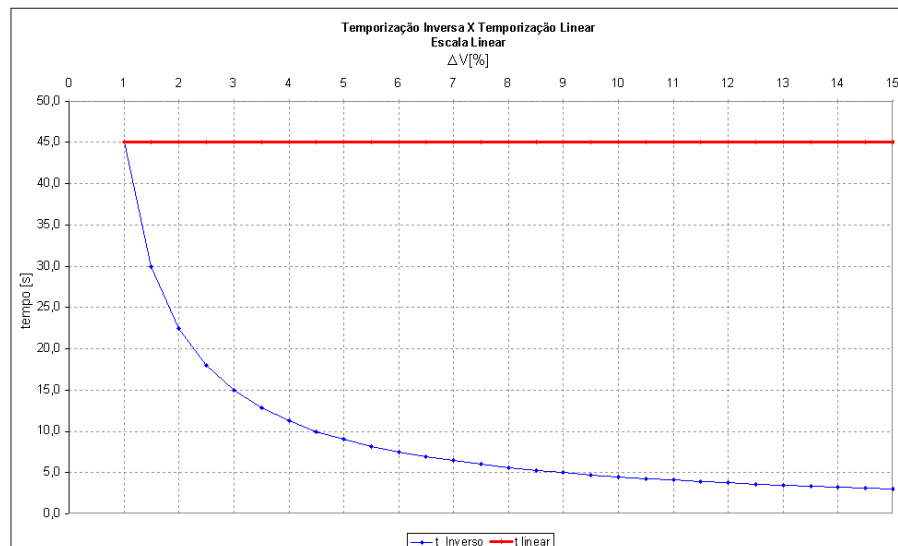


Figura 3.26 - Temporização linear X inversa para ins = 1%

Um cuidado deve ser tomado quanto da utilização da temporização inversa quando existem reguladores em série, visto que a coordenação entre eles pode ficar

prejudicada devido ao tempo de comutação menor, para os casos de elevada variação de carga.

Outra função presente nos reguladores é destinada a compensar a queda de tensão na linha entre o ponto de instalação do regulador e um ponto distante onde se deseja a tensão regulada. O compensador de queda de tensão na linha foi desenvolvido para alimentadores onde a carga encontra-se distante do ponto de instalação do regulador. Nestes alimentadores expressos, os níveis de tensão entre o regulador e a carga não necessitam obedecer aos padrões de qualidade, permitindo a sua operação em níveis de tensão mais elevados visando garantir a tensão regulada no ponto onde a carga está instalada.

O circuito compensador de queda na linha, Figura 2.5, simula as resistências e reatâncias da linha através da definição dos parâmetros  $U_R$  e  $U_X$  de maneira que a queda de tensão seja compensada nas suas componentes resistiva e reativa. O ajuste dos valores de  $U_R$  e  $U_X$  é realizado com base na impedância, vista pelo regulador, entre este e o ponto onde se deseja controlar a tensão (MANZONI, 1999).

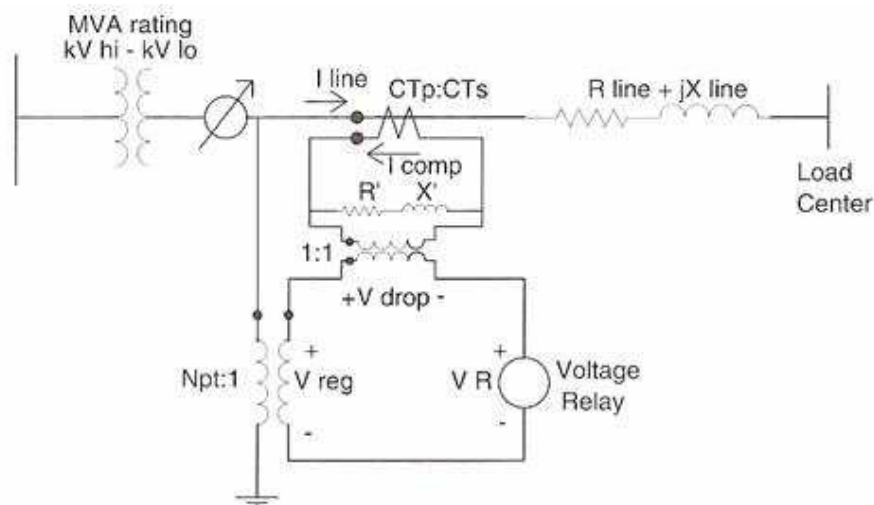


Figura 3.27 – Diagrama do bloco compensador de queda de tensão na linha

O diagrama da Figura 3.28 ilustra a seqüência de operação e funcionamento de um regulador de tensão típico.

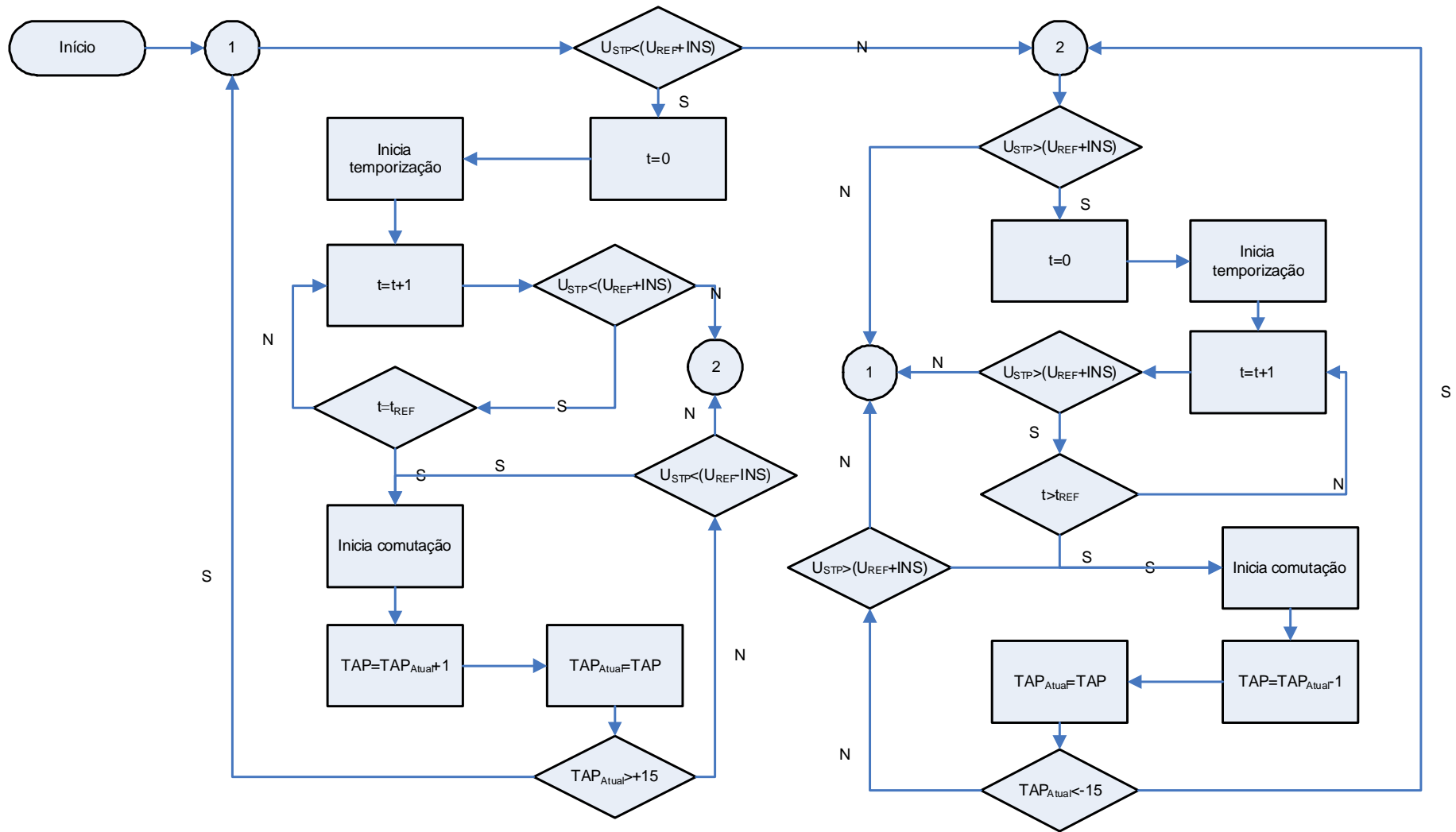


Figura 3.28 – Fluxograma operacional do regulador de tensão

### 3.6. TAP de Transformadores de Distribuição

Os transformadores de distribuição, geralmente possuem três ou mais derivações nas bobinas do primário que possibilitam adequação da relação de transformação de acordo com a tensão no ponto de conexão. Estas derivações são chamadas de TAP's.

As posições de TAP apresentam, tipicamente, diferença de 5% entre elas. Considerando esta variação e a posição de TAP 1 como sendo a tensão nominal, a posição de TAP 3 apresenta tensão 10% abaixo da tensão nominal do transformador. A Figura 3.29 apresenta as possíveis posições de TAP de um transformador de distribuição.

Diferente dos transformadores dotados de CDC, os transformadores de distribuição necessitam ser desligados para que a comutação seja efetuada. Os comutadores para transformadores de distribuição foram originalmente posicionados na parte interna do transformador, imersos no óleo isolante, porém atualmente, os transformadores estão sendo fabricados com seus comutadores na parte externa do mesmo, facilitando o processo de comutação.

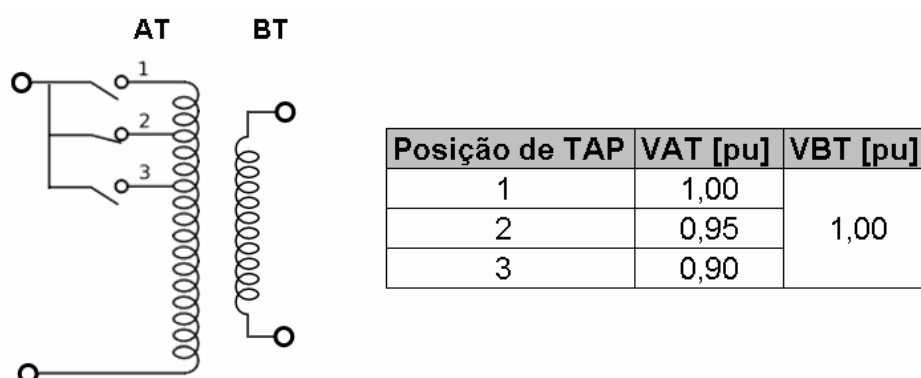


Figura 3.29 – Posições de TAP de um transformador de distribuição.

De acordo com a resolução 505/01, o limite adequado inferior para fornecimento A4 é de no máximo 7% abaixo da tensão nominal contratada. Diante deste fato, considerando os valores nominais de tensão de cada posição de TAP, um alimentador que apresenta transformadores na posição de TAP 3 está automaticamente com os níveis de tensão primária fora da faixa adequada, uma vez

que os valores nominais desta posição são obtidos com tensão 10% abaixo da nominal do sistema.

A fim de regularizar os níveis de tensão primária, qualquer ação que seja tomada neste caso implica na alteração do TAP dos transformadores, gerando uma série de interrupções, envolvimento de equipes e custos adicionais com mão de obra. Em muitos casos as distribuidoras optam por ações que permitem melhorar a regulação de tensão, porém sem dar o devido ganho, mantendo a configuração de zonas de TAP, a fim de minimizar o número de intervenções para troca de TAP. Outro fator que reforça a opção da concessionária de não alterar os TAP's é que além da necessidade de desligamento, em muitos transformadores é necessária a abertura dos mesmos, o que pode causar danos ao transformador e contaminação do óleo isolante, uma vez que o comutador encontra-se na parte interna do transformador imerso no óleo. A padronização de transformadores com comutadores externos é uma alternativa para este problema.

O ponto negativo desta proposta é que, por ser uma solução localizada atingindo apenas a rede secundária, a reclamação ou necessidade de medição em um consumidor A4 apresentará níveis de tensão muito próximos ou até violando a faixa de tensão adequada inferior, que ao aplicar as recomendações da resolução 505/01 deverão ser regularizados no prazo de 15 ou 90 dias dependendo se a transgressão atingiu níveis críticos ou precários.

### **3.7. Resumo do Capítulo**

Neste capítulo foi apresentada uma breve descrição dos aspectos que regem os níveis de tensão em regime permanente no Brasil, enfocando as atuais resoluções e procedimentos que devem ser seguidos pelas concessionárias e demais distribuidoras de energia elétrica.

Foram apresentados também os meios de controle de tensão abordados por esta dissertação, incluindo suas principais funcionalidades, características e aplicações, bem como as contribuições de cada um para a compensação da queda de tensão nos sistemas de distribuição.

## CAPÍTULO IV

### Definição dos TAP's dos Transformadores de Distribuição

Nos sistemas de distribuição, os transformadores são utilizados para rebaixar a tensão proveniente da rede primária (13,8kV ou 23,1kV), para uma tensão compatível com o nível de baixa tensão, utilizado pelos consumidores (380V/220V ou 220V/127V).

Normalmente, para compensar a queda de tensão ao longo das redes de distribuição primárias, mantendo adequados os níveis de fornecimento secundário, os transformadores possuem três ou mais posições de TAP. Nestes transformadores a comutação é realizada sem carga, ou seja, quando há necessidade de alterar a posição de TAP, o transformador deve ser desenergizado. Os valores padronizados para as posições de TAP, apresentados no quadro abaixo, geralmente possuem variações de 5% entre eles.

Quadro 4.1 – Posições de taps dos transformadores de distribuição.

Posições de TAP	Tensão Primária		Tensão Secundária	
	Classe 15kV	Classe 25kV	Classe 127V	Classe 220V
1	13,8kV	23,1kV	220V/127V	380V/220V
2	13,2kV	22,0kV	220V/127V	380V/220V
3	12,6kV	20,9kV	220V/127V	380V/220V

Fonte: (BERNARDON, 2004)

Um transformador ajustado em um TAP inadequado pode resultar em sobre-tensão ou subtensão a grande parte ou a todos os consumidores atendidos por este transformador. Dada à importância da definição do TAP e a quantidade de

transformadores existentes nas redes de distribuição faz-se necessária uma forma de definição em lote dos TAP's dos transformadores.

Neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada para a definição dos TAP's dos transformadores de distribuição, considerando as variações dos níveis de tensão primária com ou sem a existência de reguladores de tensão.

#### **4.1. Fluxo de Carga**

Primeiramente para esta definição é necessário conhecer ou estimar os níveis de tensão no primário de cada transformador de distribuição, e para isto faz-se necessária a utilização de uma ferramenta para a estimação de estados que forneça um relatório contendo a tensão primária entregue aos transformadores de distribuição.

Devido à variação da carga a ferramenta deve possibilitar o cálculo do fluxo de potência em pelo menos dois patamares de carga (leve e pesada), podendo chegar a patamares horários, a partir do uso de curvas típicas de carga, abrangendo assim às 24 horas do dia.

Diversas ferramentas oferecem esta funcionalidade, como Interplan (Daimon), PSL-DMS (PUC-RS), PSS-Adept (Siemens PTI), ASD (UFSM), entre outras. Dada à disponibilidade do software na empresa e número de alimentadores disponibilizados para avaliação neste trabalho foi utilizada a ferramenta Interplan, qua realiza o cálculo de fluxo de carga através da metodologia de curvas típicas de carga de 24h, armazenadas em pu da demanda média, e disponibiliza o relatório contendo as tensões dos transformadores em quatro patamares de carga, chamados Madrugada, Manhã, Tarde e Noite.



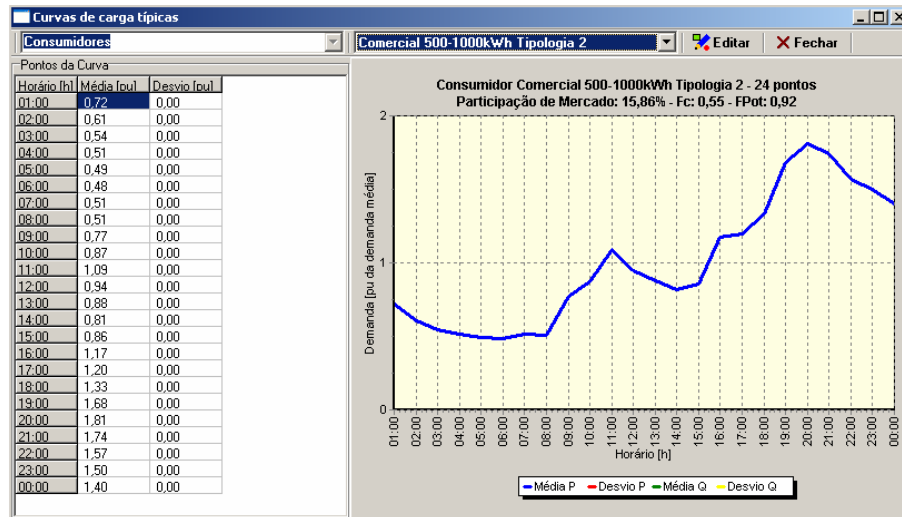


Figura 4.1 – Curva Típica de Carga

A duração de cada patamar é parametrizável, podendo ser alterada de acordo com a necessidade de análise. Para visualização dos resultados é escolhido um horário que melhor representa cada patamar, conforme Figura 4.2.

Período	Hora Inicial	Hora Final	Hora Cálculo	Ponta
Madrugada	1	6	5	Não
Manhã	6	12	11	Não
Tarde	12	17	16	Não
Noite	17	1	20	Sim

Figura 4.2 – Configuração de Parâmetros Interplan – Patamares de Carga

Desse modo a curva de carga de 24h é simplificada para uma representação nesses quatro patamares, como pode ser visto na representação da Figura 4.3

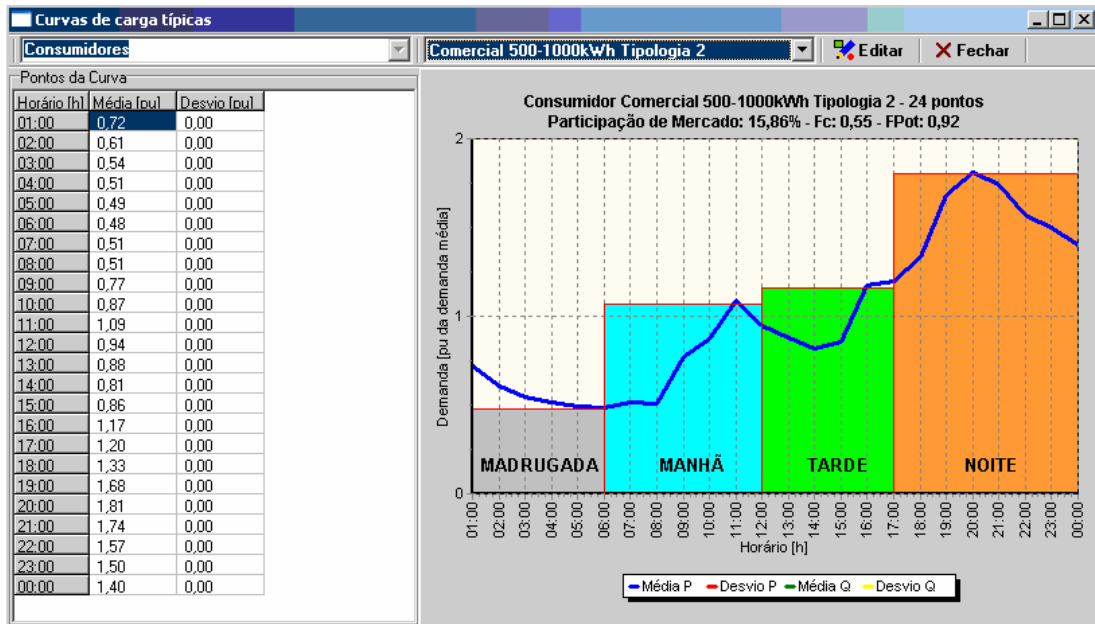


Figura 4.3 – Representação dos patamares de carga em uma curva típica

O interplan também permite a definição de parâmetros dos reguladores de tensão para cada um dos patamares, o que é bastante útil quando se deseja simular o LDC, que será visto no capítulo seguinte. Apresenta, porém, o inconveniente de não são aceitar diretamente os parâmetros do LDC, assim faz-se necessário o cálculo dos níveis de tensão na saída do regulador com o carregamento de cada patamar, entrando com o valor de tensão esperado como sendo apenas tensão de referência.

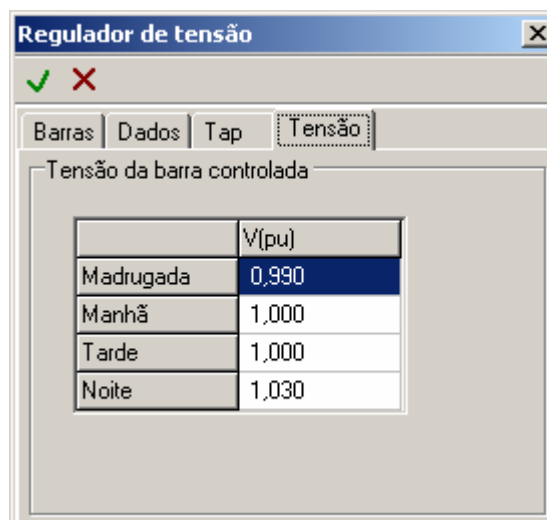


Figura 4.4 – Configuração de parâmetros Interplan – regulador de tensão

A avaliação do fluxo do alimentador deve inicialmente considerar a tensão de saída da SE, Figura 4.5, e os ajustes atuais dos reguladores de tensão. Para as barras com supervisão dos níveis de tensão, os níveis de saída são configurados no Interplan® para cada patamar de carga. Esses valores podem ser os próprios valores medidos na barra da SE ou ainda valores estimados baseados nas simulações para a definição de ajustes do relé 90.

Circuito	Vnom (kV)	Vpat1 (pu)	Vpat2 (pu)	Vpat3 (pu)	Vpat4 (pu)
CAS-201	23,1	1	1	1	1
CAS-202	23,1	1	1	1	1
CAS-203	23,1	1	1	1	1
CAS-204	23,1	1	1	1	1
CNO-201	23,1	1	1	1	1
CNO-202	23,1	1	1	1	1
CNO-203	23,1	1	1	1	1
CNO-204	23,1	1	1	1	1
CNO-205	23,1	1	1	1	1
CRL-201	23,1	1	1	1	1
CRL-202	23,1	1	1	1	1
CRU-201	23,1	1	1	1	1
CRU-202	23,1	1	1	1	1
CRU-203	23,1	1	1	1	1
CRU-204	23,1	1	1	1	1
CRU-205	23,1	1	1	1	1

Figura 4.5 – Níveis de tensão no barramento das SE's

O carregamento dos transformadores se dá por meio da agregação das curvas típicas dos consumidores atendidos em baixa tensão, cujos valores de consumo mensal são transformados em demanda.

Após o cálculo do fluxo de potência são disponibilizados ao usuário os níveis de tensão em cada barra do alimentador em cada um dos patamares de carga, seja na tela ou em forma de relatório.

interPlan: Planejamento Integrado de Redes MT - [CASO BASE 2009 v19-06: Rede 1]

Rede Planejamento Configuração SISPAI Janela Ajuda Licença

Relatórios texto

Chaves Curto-Circuito Fluxo de potência (MT) Manobra de chaves Topologia Variação de tensão

Gravar Imprimir Localizar

Trafos de distribuição

Período : Madrugada

Transformador	Coord. X	Coord. Y	Snom (kVA)	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	VDE (kV)	VEF (kV)	VFD (kV)
1029.4-14	2236690	69351310	300.00	11.00	5.00	12.08	23.08	23.09	23.09
55.8-14	2236220	69350820	45.00	2.17	0.93	2.36	23.08	23.09	23.09
7805.1-14	2237790	69350100	150.00	2.00	1.00	2.24	23.09	23.09	23.10
71.0-14	2238650	69349560	75.00	5.53	2.36	6.01	23.08	23.08	23.08
6092.5-14	2238540	69350220	45.00	0.76	0.32	0.83	23.09	23.10	23.10
1004.9-14	2238900	69351060	600.00	81.00	41.00	90.79	23.09	23.09	23.09
4120.3-14	2231710	69347400	112.50	7.00	3.00	7.61	23.06	23.07	23.07
125.2-14	2230480	69346590	15.00	0.86	0.37	0.94	23.05	23.06	23.06
1014.6-14	2238160	69348340	225.00	79.00	29.00	84.15	23.07	23.08	23.08
102.3-14	2237960	69347750	45.00	2.89	1.23	3.14	23.07	23.08	23.08
46.9-14	2231630	69350730	45.00	3.65	1.55	3.97	23.07	23.07	23.07
15.9-14	2231620	69348520	75.00	4.91	2.09	5.34	23.07	23.07	23.07
1018.9-14	2229260	69347510	150.00	1.96	0.84	2.14	23.05	23.06	23.06
722760-14	2228440	69353870	45.00	3.32	1.42	3.61	23.05	23.06	23.06
62.1-14	2191450	69329990	10.00	0.24	0.10	0.27	22.90	22.94	22.95
59.1-14	2177050	69330210	15.00	0.07	0.03	0.08	22.85	22.90	22.91
73.6-14	2200600	69325810	15.00	0.53	0.22	0.57	22.93	22.96	22.97

Figura 4.6 – Relatório de saída do interplan – Fluxo de carga

A partir deste momento é iniciado o processo de definição e avaliação dos TAP's dos transformadores.

#### 4.2. Heurística para Determinação das Zonas de TAP

Após o cálculo do fluxo de potência torna-se possível a aplicação da heurística desenvolvida neste trabalho para a definição do TAP adequado para cada transformador. De posse do relatório de fluxo de carga e das tensões primárias de cada um dos transformadores de distribuição, são calculados os níveis de tensão secundária de cada transformador, e através de uma função de penalização são avaliadas as transgressões de tensão em cada posição de TAP, calculando-se então uma nota para cada um dos TAP's disponíveis. Esta nota varia entre 0 e 1 e será escolhido como melhor TAP aquele que apresentar a maior nota, ou seja, a menor transgressão.

A definição dos TAP's dos transformadores de distribuição é feita visando manter os níveis de tensão secundária, não somente dentro dos limites estabelecidos pela ANEEL, mas também, dentro de uma faixa otimizada com o objetivo de garantir níveis de tensão adequados em todo o circuito secundário.

Assim sendo, para definir adequadamente o TAP do transformador é necessário definir qual a faixa de tensão deve ser considerada.

A faixa de tensão otimizada, que dá origem aos limites considerados para avaliação dos TAP's, foi estabelecida visando garantir os níveis de tensão adequados para todos os consumidores do circuito. Para que seja possível foi arbitrado para tensão máxima o limite superior de tensão adequada no primeiro consumidor e o limite mínimo de tensão adequada no consumidor mais distante. Para o correto equacionamento do problema foi também arbitrado para cada circuito secundário um limite fixo de queda de tensão igual a 5%, valor este considerado na norma de projetos de redes secundárias da RGE.

Considerando que o consumidor mais distante tenha na situação de carga máxima 201V, é necessário que a tensão na saída do transformador apresente pelo menos 211V, respeitando o limite de 5% de queda de tensão.

$$\frac{V_{\text{Min}}}{1 - \Delta V} = \frac{201}{1 - 0,05} = 211,6 \text{ V} \quad (4.1)$$

Já na situação de carga leve, a máxima tensão fornecida não pode ultrapassar o limite adequado superior, então fica estabelecido o limite de 230V para o primeiro consumidor do circuito, resultando em 218V no ponto mais distante.

$$V_{\text{Max}} \cdot (1 - \Delta V) = 230 \cdot (1 - 0,05) = 218,5 \text{ V} \quad (4.2)$$

Deste modo, mantendo fixa a queda de tensão em 5% o consumidor mais distante terá uma tensão de fornecimento na faixa de 201 a 218V. Considerando estes valores, a faixa de tensão otimizada, que representa a tensão na saída do transformador deverá situar-se entre 211V e 230V, garantindo assim valores adequados de tensão em toda a extensão da rede secundária. A Figura 4.7 ilustra esta definição para um circuito de baixa tensão.

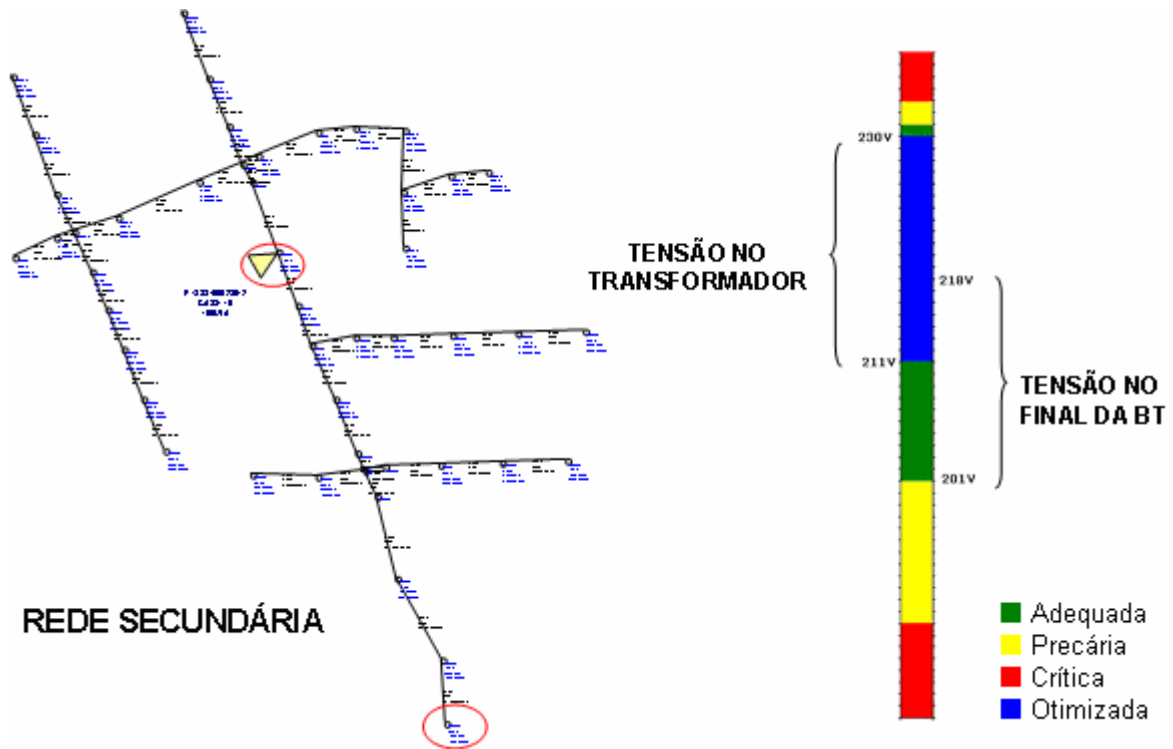


Figura 4.7 – Comparativo - Variação de tensão na rede secundária X Faixas de tensão

A faixa de variação considerada representa uma faixa de regulação bastante ampla, que possibilita em circuitos com melhor regulação, a elevação dos níveis de tensão fornecidos em todos os pontos da rede secundária.

Para o caso de circuitos com queda de tensão superior ao limite de 5% faz-se necessária uma faixa de regulação mais estreita ou a execução de ações de melhoria na rede secundária, como recondutoramento, realocação do transformador para o centro de carga ou divisão da carga com instalação de transformadores adicionais.

Considerando que os níveis de tensão fornecidos no primário de cada transformador são os valores de tensão obtidos no relatório de fluxo de potência. A partir da relação de transformação de cada posição de TAP, são calculados os valores de tensão secundária e propõe-se que a escolha do TAP seja feita através da nota fornecida pela equação (4.3). Esta equação fornece um coeficiente de priorização para o TAP que considera como mais adequado o TAP com maior nível de tensão secundária dentro da faixa otimizada, destacada em cor azul, na Figura 4.8.

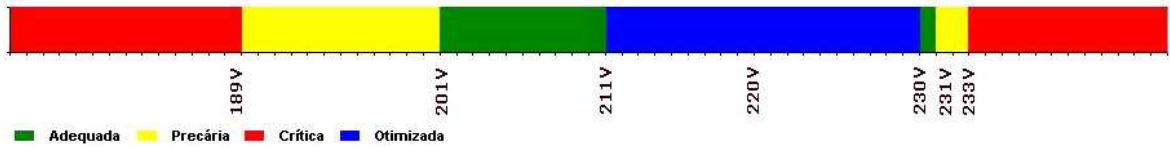


Figura 4.8 – Faixas de tensão secundária

Os valores de entrada considerados para a equação (4.3) são a posição de TAP, representada pela variável  $j$ , que varia de 1 a 3, e os valores de tensão em cada patamar em cada um dos transformadores. O número de patamares varia de 1 a  $n$  e é representado pela variável  $k$ . O índice  $i$  representa o transformador de distribuição considerado, variando de 1 até o número de transformadores avaliados. Através deste índice são localizados os valores de tensão no relatório de estados.

$$\rho_{TAP}(i, j) = 1 - \mu(\lambda_S, \lambda_I) \quad (4.3)$$

$$\mu(\lambda_S, \lambda_I) = \sum_{k=1}^n \frac{h}{24} \left( \delta_S \cdot \frac{\lambda_S}{U_{no\ min\ al}} + \delta_I \cdot \frac{\lambda_I}{U_{no\ min\ al}} \right) \quad (4.4)$$

$$\lambda_S = \left( \frac{\left( \frac{U_{Ptm}(k)}{R_{TAP}(j)} - U_{Max} \right) + \left| \left( \frac{U_{Ptm}(k)}{R_{TAP}(j)} - U_{Max} \right) \right|}{2} \right) \quad (4.5)$$

$$\lambda_I = \left( \frac{\left( U_{Min} - \frac{U_{Ptm}(k)}{R_{TAP}(j)} \right) + \left| \left( U_{Min} - \frac{U_{Ptm}(k)}{R_{TAP}(j)} \right) \right|}{2} \right) \quad (4.6)$$

Onde:

- $\rho_{TAP}(i, j)$ : nota calculada para o TAP  $j$  do transformador  $i$
- $\lambda_l$ : transgressão de tensão inferior
- $\delta_s$ : coeficiente de penalização superior
- $\delta_l$ : coeficiente de penalização inferior
- $n$ : número de patamares de carga
- $h$ : número de horas que compõem cada patamar,  $\left(\frac{24}{n}\right)$

Os termos  $\lambda_s$  e  $\lambda_l$  são as parcelas que apresentam o nível de violação dos níveis de tensão em cada um dos patamares de carga considerados, sendo respectivamente a violação do limite superior e violação do limite inferior. Cada termo é calculado.

Como a função de penalização está diretamente relacionada com o nível de afastamento da tensão calculada com a tensão desejada, esta penalização será proporcional à transgressão de tensão, depreciando mais os TAP's que apresentarem tensões mais distantes da faixa otimizada.

Cada parcela foi definida de modo a considerar somente o nível de tensão que ultrapassar a faixa otimizada, sendo o resultado final de cada uma delas dado por um número positivo. Desta forma valores de tensão dentro desta faixa não exercem nenhuma influência dos níveis na avaliação das transgressões.

O termo  $n$  representa o número de patamares considerados na avaliação, ou seja, o número de pontos avaliados da curva de carga. Este número pode variar entre 2 (considerando apenas os patamares de carga leve e pesada) e 24 (considerando às 24 horas do dia).

A equação apresenta duas parcelas que representam as transgressões dos limites desejados de tensão, onde os coeficientes  $\delta_s$  e  $\delta_l$  representam as penalizações para transgressão superior e inferior, respectivamente. Os valores dos coeficientes  $\delta_s$  e  $\delta_l$  foram fixados em 1,5 e 1,0 respectivamente. Dada a faixa de tensão estabelecida pelo ANEEL, e o estreito limite de tensão precária superior apresentado no PRODIST, uma transgressão do limite superior é considerada mais grave, por isso apresenta uma penalização maior.



A função objetivo que define o TAP mais indicado é dada por (4.7), juntamente com as restrições para a escolha do TAP.

$$F.O. = \text{Min} \sum (\delta_s \cdot \lambda_s + \delta_l \cdot \lambda_l)$$

Sujeito a:

$$211V \leq \frac{U_{Pm}(k)}{R_{TAP}(j)} \leq 230V$$

(4.7)

Tomando como exemplo um transformador cujas tensões de fornecimento são dadas na Quadro 4.2, deseja-se identificar o TAP mais adequado para o mesmo.

Quadro 4.2 – Tensões primária de fornecimento um transformador de distribuição

Patamar	Tensão Primária [kV]
Madrugada	24,2
Manhã	23,3
Tarde	22,9
Noite	22,7

Neste caso são calculadas as transgressões de tensão em cada patamar, obtendo as parcelas dos termos  $\lambda_s$  e  $\lambda_l$  para cada posição de TAP, apresentados no Quadro 4.3.

Utilizando como exemplo o patamar da madrugada e a posição de TAP 2 tem-se:

$$\lambda_s = \left( \frac{\left( \frac{24,2}{0,100} - 230 \right) + \left| \left( \frac{24,2}{0,100} - 230 \right) \right|}{2} \right) = \left( \frac{12 + |12|}{2} \right) = 12$$

$$\lambda_l = \left( \frac{\left( 211 - \frac{24,2}{0,100} \right) + \left| \left( 211 - \frac{24,2}{0,100} \right) \right|}{2} \right) = \left( \frac{-31 + |-31|}{2} \right) = 0$$

Quadro 4.3 – Transgressão de tensão superior e inferior de cada TAP

Patamar	TAP 1		TAP 2		TAP 3	
	$\lambda_s$	$\lambda_I$	$\lambda_s$	$\lambda_I$	$\lambda_s$	$\lambda_I$
Madrugada	0,48	0,00	12,00	0,00	24,73	0,00
Manhã	0,00	0,00	3,00	0,00	15,26	0,00
Tarde	0,00	0,00	0,00	0,00	11,05	0,00
Noite	0,00	0,00	0,00	0,00	8,95	0,00

Dividindo os valores das transgressões pela tensão nominal e multiplicando pelos fatores  $\delta_s$  e  $\delta_I$  tem-se o coeficiente de penalização que descontado da unidade resulta na nota final de cada TAP.

Aplicando os valores de transgressão calculados para o TAP 2 em (4.4) a penalização do TAP 2 fica:

$$\mu(\lambda_s, \lambda_I) = \frac{6}{24} \left[ \left( 1,5 \cdot \frac{12}{220} + 1,0 \cdot \frac{0}{220} \right) + \left( 1,5 \cdot \frac{3}{220} + 1,0 \cdot \frac{0}{220} \right) \right] = 0,026$$

Como resultado a nota do TAP 2 será:

$$\rho_{TAP}(i, j) = 1 - 0,026 = 0,974$$

O resultado da avaliação para as três posições de TAP é apresentada no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Penalização e nota de cada TAP

	TAP 1	TAP 2	TAP 3
Penalização	0,001	0,026	0,102
Nota	0,999	0,974	0,898

Para o exemplo dado o TAP mais indicado é o TAP 1 que apresentou a maior nota entre todos.

Vale lembrar que quanto mais preciso for o resultado do fluxo de potência, mais adequados serão os dados fornecidos para a avaliação dos TAP's dos transformadores assim a metodologia utilizada para avaliação dos carregamentos dos transformadores está diretamente relacionada com a solução proposta.

A rotina para a avaliação dos TAP's é executada para todos os transformadores de distribuição do alimentador em análise e depois de concluída a seleção são indicadas no diagrama as zona de TAP para este sistema. Este processo é apresentado no fluxograma da Figura 4.9.

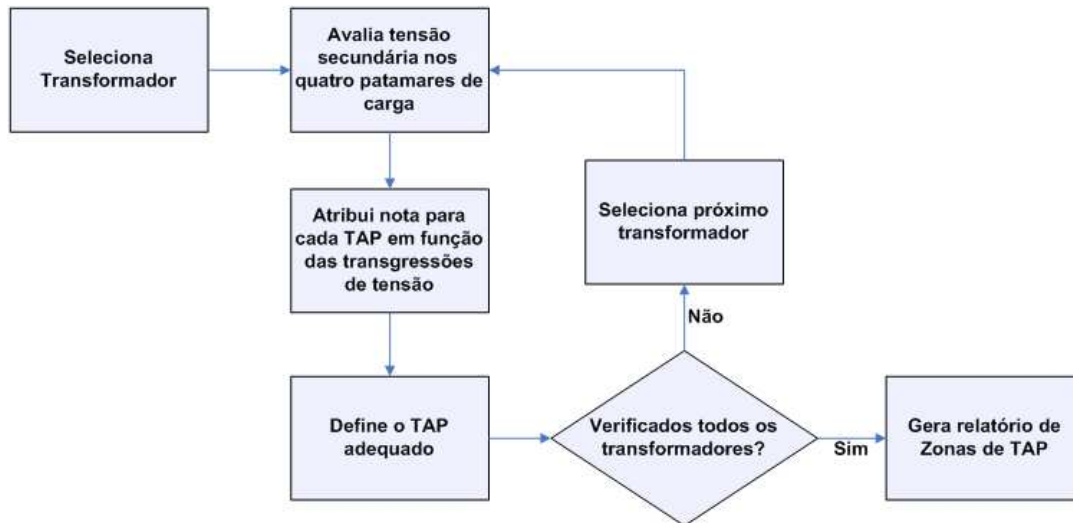


Figura 4.9 – fluxograma de definição de TAP de transformador

Juntamente com o relatório de zonas de TAP, são contabilizadas as transgressões e a amplitude destas transgressões para cada patamar de carga. Este indicador, chamado TET (Transgressão Equivalente de Tensão) é plotado na forma de histograma, Figura 4.10, a fim de visualizar a distribuição das violações de tensão ocorridas no alimentador ou na zona de TAP. O TET é calculado através da equação (4.8) considerando o número de transformadores com transgressão e o valor da transgressão de tensão. Este indicador é obtido com base em um conjunto de transformadores que pode ser o total de transformadores do AL, da zona de regulação ou da própria SE.

$$TET = \frac{\sum_{i=1}^n NTT(i) \cdot VT(i)}{N_{TD}} \quad (4.8)$$

Onde:

- TET: Transgressão Equivalente de Tensão
- NTT(i): Número de transformadores afetados pela transgressão i
- VT(i): Nível de tensão da transgressão i
- $N_{TD}$ : Número de transformadores do conjunto considerado
- n: número de transgressões de tensão

O ideal é que o número destas violações seja zero. Este índice pode ser utilizado como indicador para a priorização de melhorias na rede primária, indicativo

de trechos que devem ser melhor analisados, ou ainda como avaliação dos demais meios de controle.

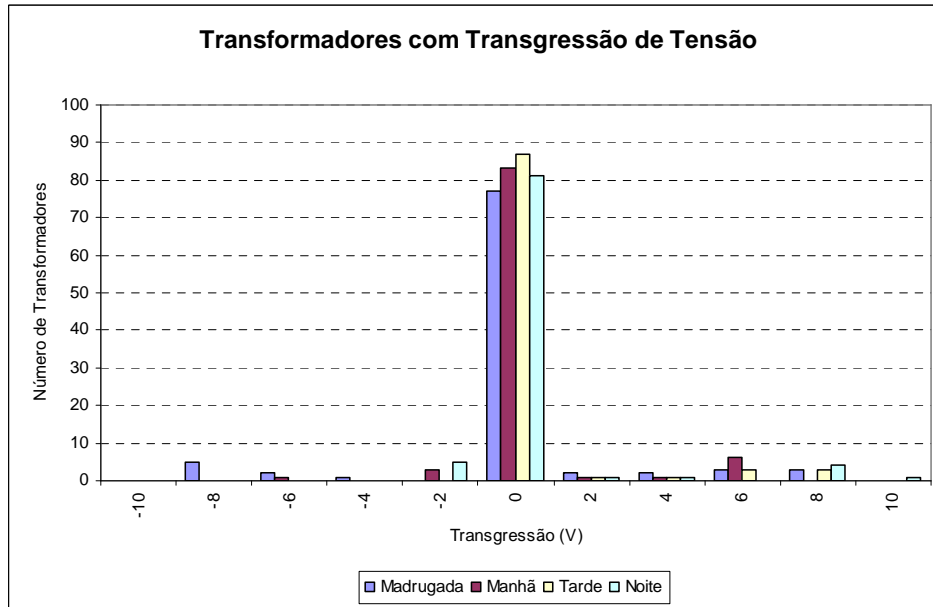


Figura 4.10 – Histograma- transgressão de tensão X Transformadores com transgressão

Ao final da avaliação um diagrama unifilar apresenta a configuração do alimentador destacando para cada transformador o TAP mais adequado indentificado por um código de cores.

- TAP1 – Verde
- TAP2 – Amarelo
- TAP3 – Vermelho

A Figura 4.11 apresenta o diagrama unifilar com o mapeamento das zonas de TAP indicadas.

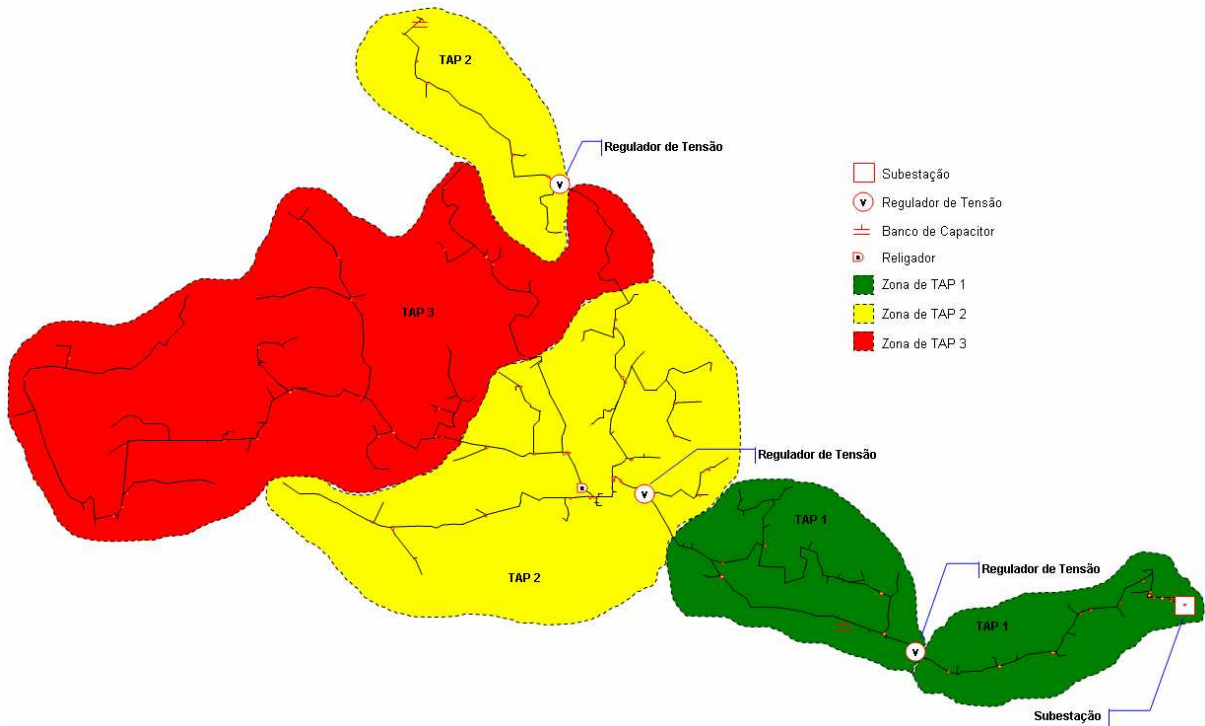


Figura 4.11 – Zonas de TAP em um alimentador de distribuição

Esta avaliação apresenta a configuração de TAP's mais adequada para garantir os níveis de tensão secundária o mais próximo possível dos valores adequados, podendo utilizar qualquer um dos TAP's disponíveis.

Quando se considera apenas a tensão secundária, a existência de zonas de TAP 1, 2 e 3 são perfeitamente aceitáveis, tanto nos aspectos regulatórios como nos aspectos operacionais do sistema. No entanto a existência de consumidores com tensão de fornecimento em média tensão, a zona de TAP 3 é um sinal de alerta, pois pode ocorrer violação do limite precário inferior da resolução 505/01 e PRODIST a nível de rede primária e violação de ambos os limites na rede secundária.

Mesmo que o consumidor tenha um fornecimento adequado, Figura 4.12, e um bom funcionamento de seus equipamentos, a realização de uma medição amostral ou de reclamação pode detectar problemas no fornecimento, uma vez que a tensão primária apresenta violações do limite inferior conforme Figura 4.13, e neste caso a distribuidora deverá realizar ações para a regularização da situação, garantindo um fornecimento dentro dos limites adequados, considerando como tensão de fornecimento a tensão nominal do sistema ou a tensão contratada para este consumidor.

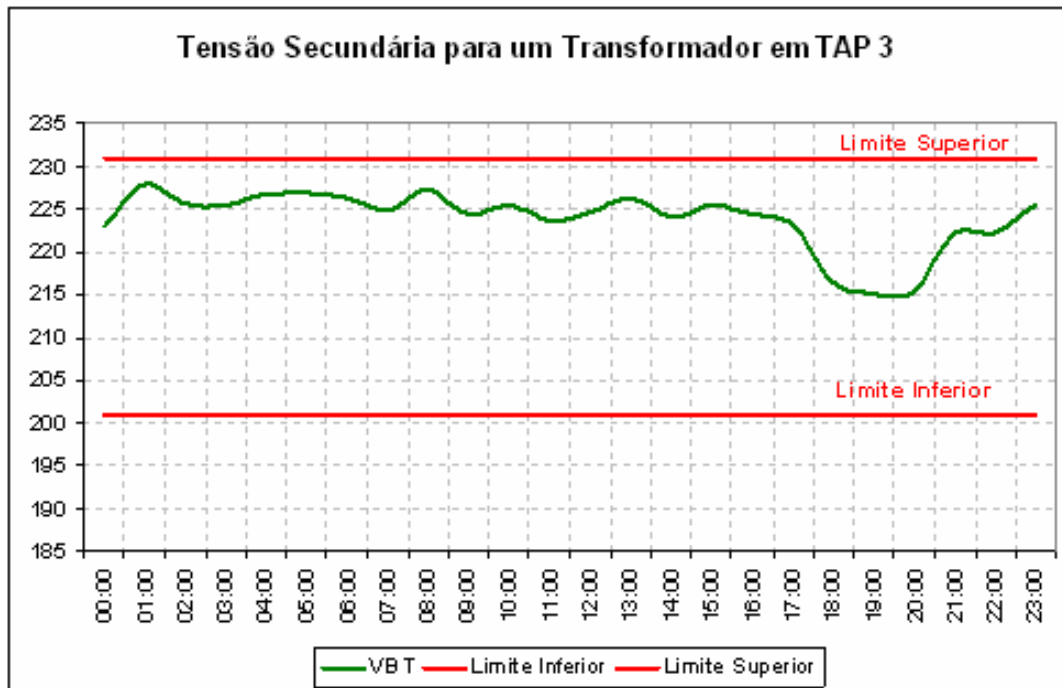


Figura 4.12 – Tensão secundária medida no transformador com TAP 3

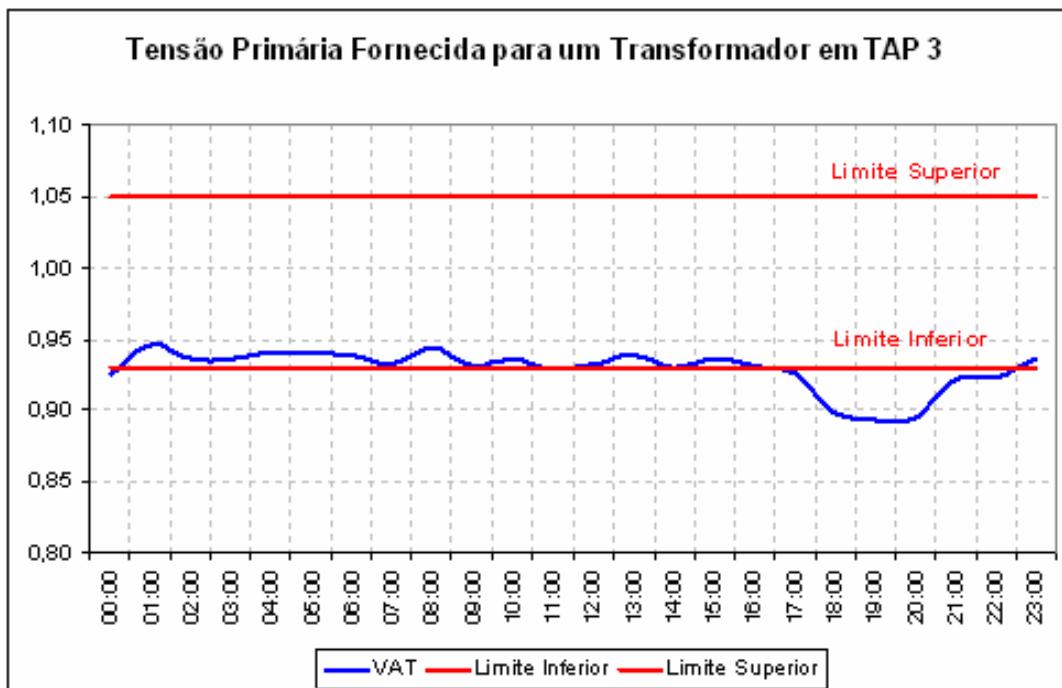


Figura 4.13 – Tensão primária estimada para o transformador em TAP 3

A existência de uma zona de TAP 3 dificulta inclusive ações de melhorias, uma vez que pode “forçar”, por um determinado período que um novo regulador de tensão ou nova subestação operem em tensão mais baixa do que a faixa estudada.

O problema encontrado quando se deseja alterar a configuração atual de zonas de TAP está na implementação em campo destas alterações, visto que, principalmente nos alimentadores que atendem áreas rurais, o número de transformadores com necessidade de adequação é significativo. Por este motivo, os reguladores de tensão são geralmente ajustados de modo a manterem a configuração de zonas de TAP's existente conforme será visto no capítulo seguinte.

A fim de minimizar os problemas com um número excessivo de zonas de TAP, conforme recomendações da ELETROBRÁS e CODI, é indicada a utilização dos TAP's 1 e 2 que operam com tensão primária dentro da faixa adequada estabelecida pela resolução 505/01 e PRODIST.

Esta recomendação é válida uma vez que os níveis de tensão nominais das posições de TAP 1 e 2 permitem uma operação, mesmo fora da faixa otimizada, níveis de tensão adequados até que as ações operacionais de adequação dos TAP's sejam realizadas.

#### **4.3. Relação entre tensão primária, TAP e transgressão de tensão secundária**

Através expressão (4.9), que relaciona os níveis de transgressão com os componentes superior e inferior calculados pela expressão (4.4) é possível visualizar graficamente qual o TAP que apresenta menor nível de transgressão e, portanto o mais adequado.

$$\mu = \begin{cases} 1 & \text{se } \mu(\lambda_S, \lambda_I) > 0 \\ 0 & \text{se } \mu(\lambda_S, \lambda_I) = 0 \end{cases} \quad (4.9)$$

Considerando a utilização de quatro patamares para avaliação dos níveis de tensão, verificam-se quais as possibilidades de transgressão para tensão superior e para tensão inferior, através da tabela abaixo, onde 0 significa tensão adequada e 1 indica violação dos limites.

Como são considerados 4 patamares de carga com igual distribuição, cada um deles representa 25% das transgressões possíveis durante o período, assim são também indicados os percentuais de transgressão de cada combinação possível.

Quadro 4.5 – Possibilidades de Transgressão de Tensão em 4 patamares de carga

Madrugada	Manhã	Tarde	Noite	Violação [%]
0	0	0	0	0
0	0	0	1	25
0	0	1	0	25
0	0	1	1	50
0	1	0	0	25
0	1	0	1	50
0	1	1	0	50
0	1	1	1	75
1	0	0	0	25
1	0	0	1	50
1	0	1	0	50
1	0	1	1	75
1	1	0	0	50
1	1	0	1	75
1	1	1	0	75
1	1	1	1	100

Generalizando a avaliação para  $n$  patamares de carga, a violação apresentada na coluna 5 do Quadro 4.5 será dada pela expressão (4.10).

$$Violação(\%) = \sum_{i=1}^n \frac{V_{patamar(i)}}{n} \cdot 100 \quad (4.10)$$

Relacionando as possibilidades de transgressão causadas por sobretensão e com as violações causadas por subtensão, obtém-se a matriz da Figura 4.14 que representa as possibilidades de violação de tensão durante o período de um dia.

		Transgressão Superior															
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Transgressão Inferior	0000	0	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	0,5	0,75	0,25	0,5	0,5	0,75	0,5	0,75	0,75	1
	0001	0,25	0	0,5	0	0,5	0	0,75	0	0,5	0	0,75	0	0,75	0	1	0
	0010	0,25	0,5	0	0	0,5	0,75	0	0	0,5	0,75	0	0	0,75	1	0	0
	0011	0,5	0	0	0	0,75	0	0	0	0,75	0	0	0	1	0	0	0
	0100	0,25	0,5	0,5	0,75	0	0	0	0	0,5	0,75	0,75	1	0	0	0	0
	0101	0,5	0	0,75	0	0	0	0	0	0,75	0	1	0	0	0	0	0
	0110	0,5	0,75	0	0	0	0	0	0	0,75	1	0	0	0	0	0	0
	0111	0,75	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	1000	0,25	0,5	0,5	0,75	0,5	0,75	0,75	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	1001	0,5	0	0,75	0	0,75	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1010	0,5	0,75	0	0	0,75	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1011	0,75	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1100	0,5	0,75	0,75	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1101	0,75	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1110	0,75	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1111	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.14 – Possibilidades de transgressão de tensão



Os componentes desta matriz podem ser obtidos pela expressão lógica de (4.11) que relaciona as transgressões de tensão inferior com as de tensão superior excluindo estados não permitidos como transgressão inferior e superior no mesmo patamar.

$$\sum_{k=1}^n (S_k \oplus I_k) \quad (4.11)$$

Onde:

- $S_k$ = Transgressão de tensão superior no patamar k
- $I_k$ = Transgressão de tensão inferior no patamar k

Esta expressão pode ser representada pelo circuito da Figura 4.15.

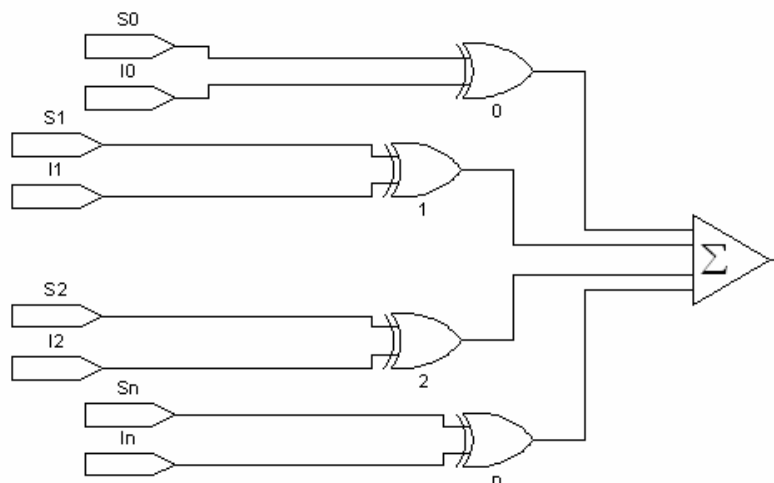


Figura 4.15 – Possibilidades de transgressão de tensão

Esta expressão pode ser utilizada para  $n$  patamares de carga, necessitando apenas da inclusão de  $n$  comparadores do tipo xor na entrada do somador.

Dada à distribuição de patamares, os estados que representam, simultaneamente violação de tensão superior e inferior não são possíveis, logo são considerados como 0, resultando em um elevado grau de esparsidade na matriz de transgressão.

Quando cada termo da matriz é multiplicado pelo nível de “afastamento da faixa de tensão desejada em seu respectivo patamar, ocorre o incremento em seu valor indicando o impacto que esta violação teve no patamar e ao longo do dia”.

Desta forma uma violação na tensão inferior no patamar da madrugada representa um impacto em todas as combinações de possuem violação na madrugada, criando assim padrões para avaliação das transgressões conforme as figuras abaixo.

		Transgressão Superior															
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Transgressão Inferior	0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0
	1001	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1010	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1011	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1100	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1101	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1110	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1111	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.16 - Transgressão inferior - Madrugada

		Transgressão Superior															
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Transgressão Inferior	0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0100	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0
	0101	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0
	0110	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0
	0111	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0
	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1100	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1101	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1110	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1111	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.17 - Transgressão inferior - Madrugada

		Transgressão Superior															
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Transgressão Inferior	0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0010	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25	0	0
	0011	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0
	0100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0110	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0
	0111	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0
	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1010	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1011	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1110	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1111	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.18 - Transgressão inferior – Tarde

		Transgressão Superior															
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Transgressão Inferior	0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0001	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	
	0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0011	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	
	0100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0101	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	
	0110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0111	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	
	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1001	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1011	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1101	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1111	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 4.19 - Transgressão inferior – Noite

		Transgressão Superior															
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Transgressão Inferior	0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0
	0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25	0	0
	0011	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0
	0100	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0
	0101	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0
	0110	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0
	0111	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0
	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.20 - Transgressão Superior – Madrugada

		Transgressão Superior															
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Transgressão Inferior	0000	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
	0001	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0
	0010	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
	0011	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0
	0100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0
	1001	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1010	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1011	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.21 - Transgressão Superior – Manhã

		Transgressão Superior															
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Transgressão Inferior	0000	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25
	0001	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0
	0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0100	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0
	0101	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0
	0110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0
	1001	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1100	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1101	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.22 - Transgressão Superior – Tarde

		Transgressão Superior															
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Transgressão Inferior	0000	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25
	0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0010	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0
	0011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0100	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0
	0101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0110	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0
	0111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0
	1001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1010	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1100	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1110	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.23 - Transgressão Superior – Noite

Quanto maior a amplitude das transgressões de tensão, maior será o coeficiente de transgressão apresentado na matriz, assim, quando é visualizada graficamente a matriz de transgressões é possível identificar claramente quais os horários em que a tensão de fornecimento é mais prejudicada.

O exemplo abaixo apresenta a combinação da transgressão de tensão inferior no patamar da noite e de tensão superior no patamar da madrugada.

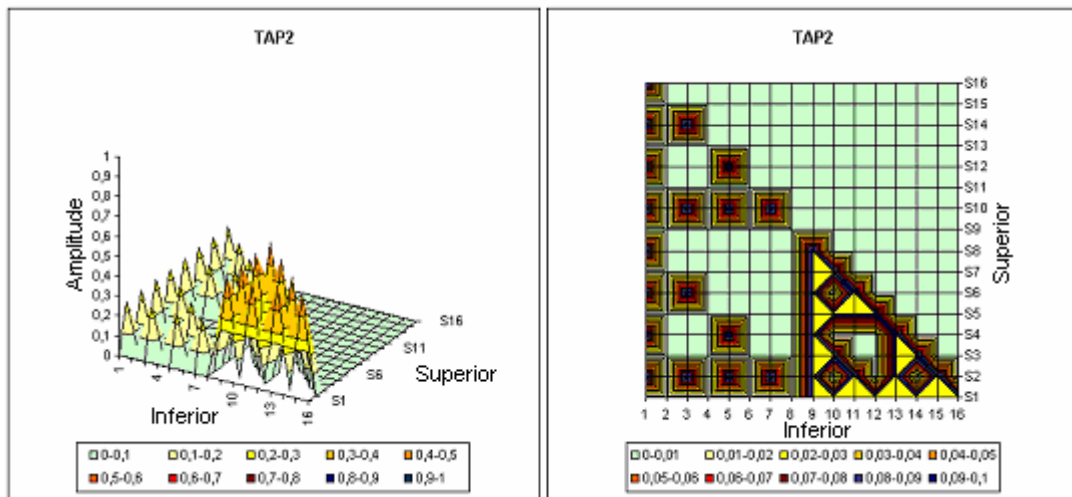


Figura 4.24 – Gráfico da matriz de transgressão

Dada a faixa de tensão precária inferior ser mais ampla do que a superior e os efeitos causados pela sobretensão serem mais prejudiciais aos equipamentos, torna-se interessante atribuir pesos diferentes para cada uma das transgressões. Deste modo foram considerados os fatores  $\delta_s$  e  $\delta_i$  que são multiplicadores das transgressões superiores e inferiores respectivamente. Por ser a transgressão superior considerada mais grave, inicialmente foram atribuídos  $\delta_s = 1,5$  e  $\delta_i = 1$ .

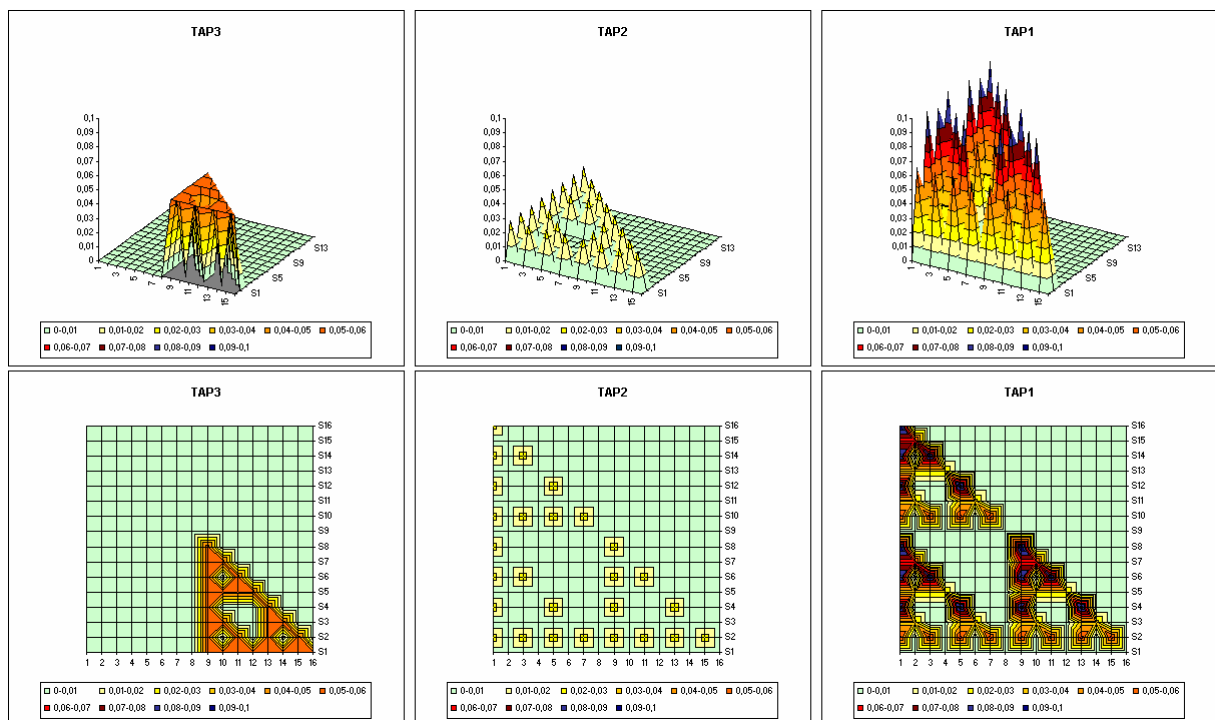


Figura 4.25 – Avaliação do gráfico da matriz de transgressão para cada TAP

De outro modo, atribuindo valores negativos para  $\delta_t$  e positivos para  $\delta_s$  pode ser estratificado se o nível de transgressão é superior ou inferior, e definindo adequadamente um código de cores, no qual as cores frias indicam transgressão inferior e as cores quentes transgressão superior conforme gráfico.

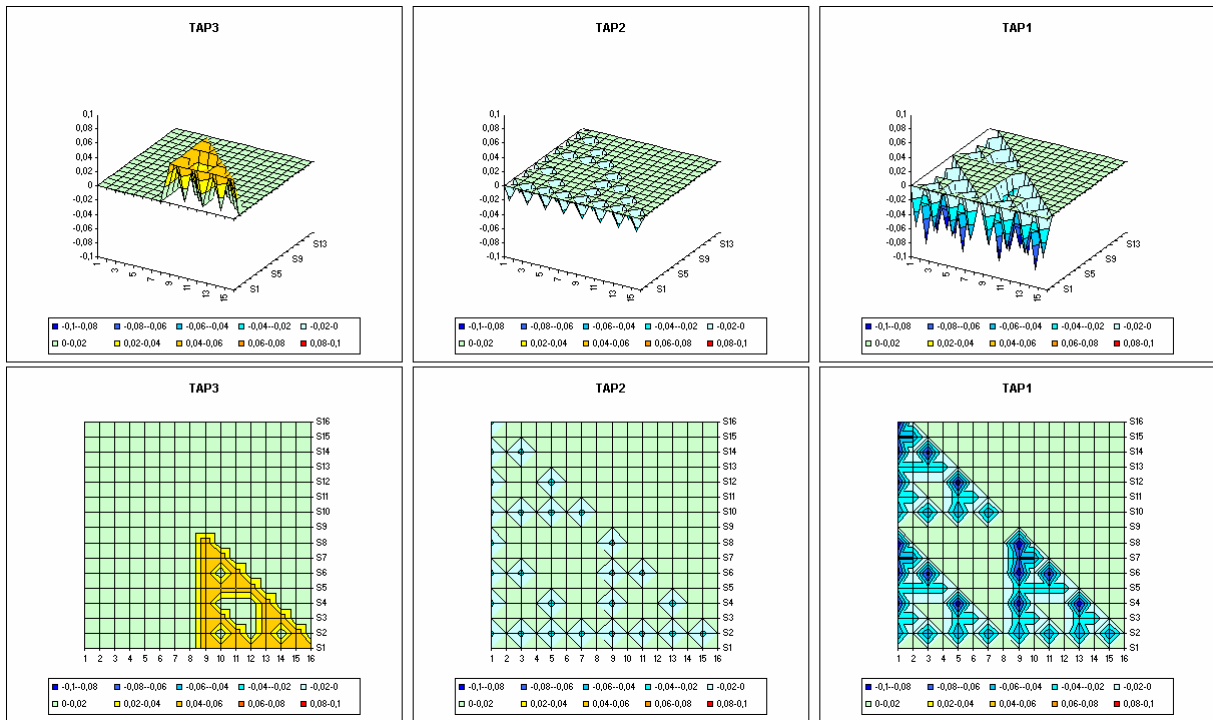


Figura 4.26 – Extratificação de transgressão inferior e superior

No modelo considerado a participação de cada patamar também pode ser alterada, de acordo com o número de horas de duração de cada patamar utilizado.

Por exemplo, se cada patamar possui 6 horas, então cada um terá uma participação de 25% na definição do TAP. Para uma configuração diferente, a influência será proporcional à duração do patamar.

Utilizando esta abordagem é possível indentificar quais níveis de transgressão estão sujeitos os transformadores de distribuição ao longo do alimentador, dentro de cada zona de TAP, e também verificar se ocorre problema de subtensão ou sobretensão e se os problemas ocorrem em patamares de carga distintos ou em todo o período do dia.

#### 4.4. Resumo do Capítulo

Neste capítulo foi apresentada a metodologia para definição do melhor TAP para cada transformador de distribuição, considerando a variação de tensão na rede primária e relação de transformação de cada TAP. Demonstrou-se a aplicação da metodologia e uma forma gráfica de avaliação das transgressões de tensão, obtidas através do cruzamento entre as possibilidades de transgressão superior e inferior em cada patamar de carga.

Além disso, foi utilizado o nível de transgressão de cada TD como indicador coletivo de violação de tensão no alimentador de modo a possibilitar a priorização de melhoria de circuito.



## **CAPÍTULO V**

### **Ajustes dos Reguladores de Tensão e Relé 90**

---

Neste capítulo serão apresentados os fatores considerados para a definição dos ajustes dos reguladores de tensão e relés 90 bem como a metodologia utilizada para especificá-los.

Será também apresentado um comparativo entre a parametrização dos reguladores e relés com compensação de queda na linha e apenas com tensão de referência.

#### **5.1. Parâmetros Reguladores (Temporização e Tensão de Referência)**

Os parâmetros dos reguladores de tensão são definidos pela com base na experiência dos especialistas responsáveis pelos estudos de níveis de tensão que muitas vezes utiliza-se de métodos empíricos e intuitivos para definição do valor das variáveis de controle. Os principais parâmetros que são considerados são a tensão de referência ( $U_{REF}$ ), a temporização ( $t$ ), tipo de temporização (linear ou inversa), os parâmetros de compensação resistiva e reativa  $U_R$  e  $U_X$ , a insensibilidade e sentido de fluxo de carga. Também devem ser considerados os valores nominais de tensão e corrente, relação de TP e TC e o tipo de ligação do banco de reguladores e variação de tensão em cada TAP.

De maneira simplificada pode-se simplesmente definir os valores de tensão de referência, temporização e insensibilidade, mas em diversas situações, de acordo com as características dos alimentadores e das cargas supridas é bastante conveniente e interessante trabalhar com o bloco de compensação de queda e ainda avaliar a possibilidade de utilização da temporização inversa. Nesta abordagem mais

completa, porém, faz-se necessário o conhecimento mais aprofundado do sistema em análise a fim de obter o máximo aproveitamento do equipamento.

## 5.2. Modelagem do Regulador de Tensão

Neste trabalho, os reguladores de tensão serão considerados operando apenas em fluxo direto, avaliando os parâmetros de tensão de referência, compensação resistiva, compensação reativa e insensibilidade. No entanto para avaliação em fluxo inverso, a modelagem apresentada continua válida, sendo necessário para sua aplicação que o regulador possua um conjunto de ajustes independente que permita este tipo de operação.

A definição dos parâmetros inicia-se a partir determinação da chamada lei de controle de tensão, ou do ganho de tensão desejado entre os patamares de carga mínima e máxima.

Com base neste valor serão calculadas as componentes de compensação  $U_R$  e  $U_X$  e após será definida a tensão de referência.

No entanto antes de definir os valores, faz-se necessário modelar adequadamente o regulador de tensão para que se possa conhecer a influência de cada fator na tensão de saída.

Considerando apenas o valor de tensão de referência e insensibilidade o regulador de tensão pode ser representado conforme a Figura 5.1 abaixo:

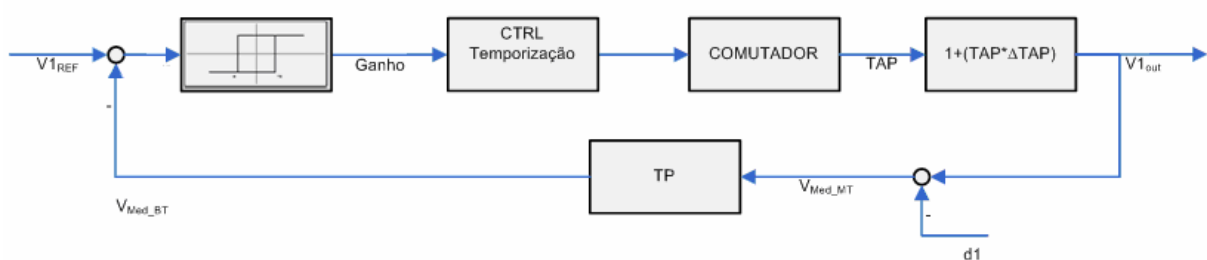


Figura 5.1 – Modelo simplificado do regulador de tensão

No entanto, dada a necessidade de utilização do LDC, este modelo torna-se incompleto e deve ser melhorado de forma a contemplar também os parâmetros de compensação. Assim foram incluídos no diagrama os fatores  $U_R$  e  $U_X$  e o valor de

corrente de carga, incluindo uma variável intermediária chamada  $V_{Comp}$  que consiste na soma da tensão de referência com o valor de queda de tensão a ser compensada.

Desse modo, com a função do LDC habilitada, além de utilizar-se a medida de tensão, é considerada também a corrente de carga, tornando a tensão de saída uma função que depende diretamente da tensão e corrente medidas, conforme diagrama da Figura 5.2.

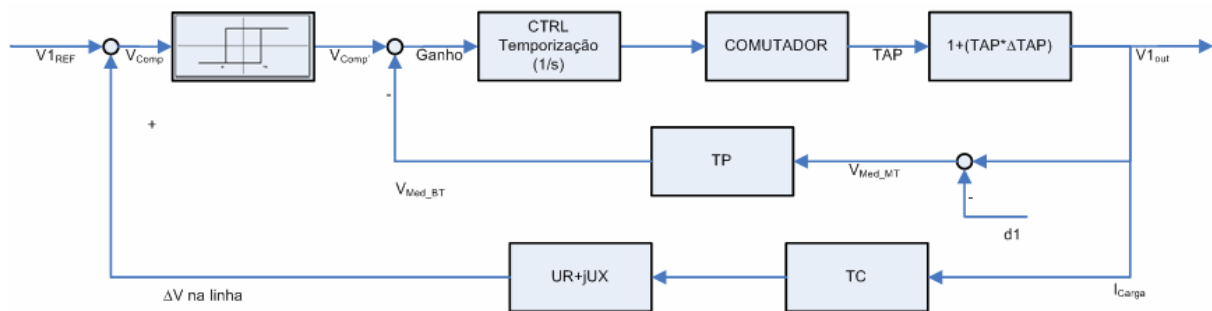


Figura 5.2 – Modelo do regulador de tensão

Assim, a utilização do LDC pode ser definida como um ajuste variável da tensão de referência, uma vez que o valor de queda estimada na linha obtido é somado com a tensão de referência a cada instante considerado. Esta queda é obtida através da medição de corrente e dos componentes  $U_R$  e  $U_X$ , em destaque na Figura 5.3.

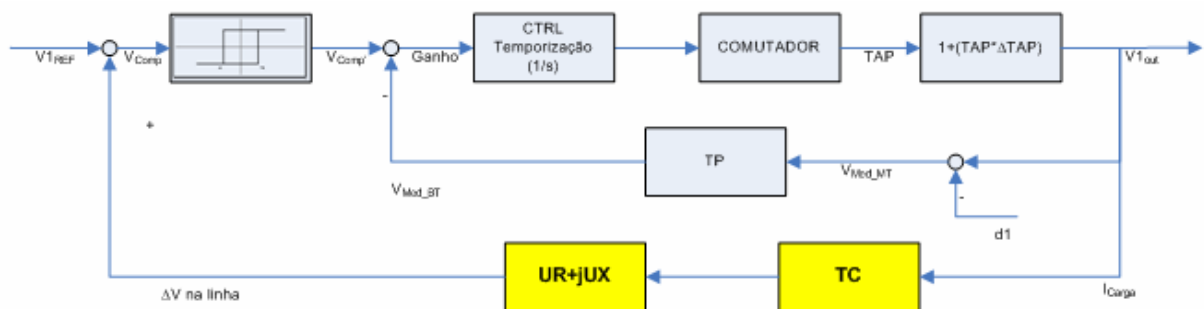


Figura 5.3 – Bloco do compensador de queda na linha

Deste modo, conhecendo a variação da corrente de carga e o fator de potência, a nova referência do regulador ( $V_{Comp}$ ) poderá ser estimada utilizando (5.1).

$$V_{Comp} = V_{Ref} + \frac{I_L(U_R) \cdot \cos \theta}{I_C} + \frac{I_L(U_X) \cdot \sin \theta}{I_C} \quad (5.1)$$

A Figura 5.4 ilustra o comportamento de  $V_{Comp}$  com o aumento da corrente

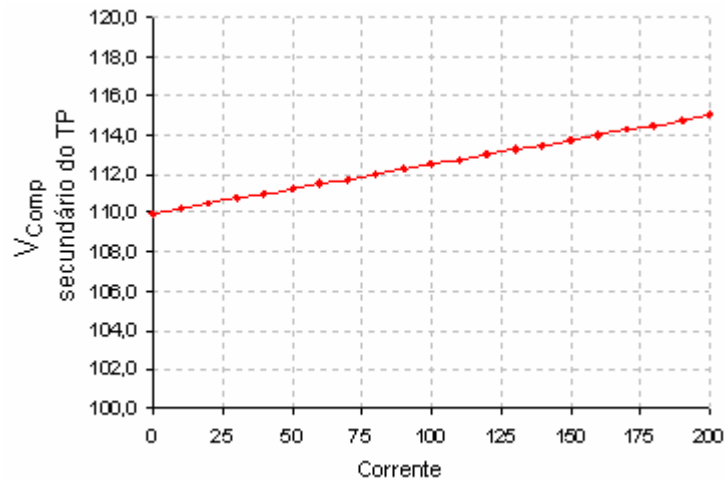


Figura 5.4 – Variação da tensão  $V_{Comp}$  com o aumento da corrente

Considera-se o valor de  $V_{Comp}$  e a faixa de insensibilidade, a fim de obter a faixa de tensão de ajuste para o regulador.

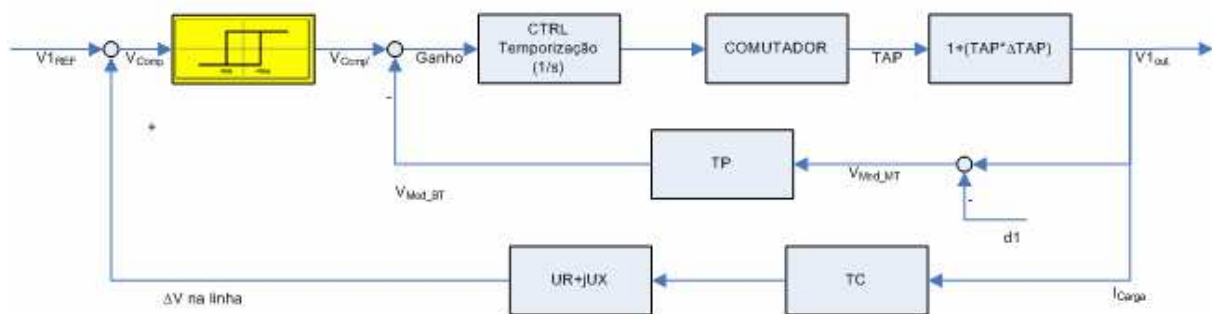


Figura 5.5 – Bloco de insensibilidade

O valor de  $V_{comp}'$ , é representado pela faixa de valores compreendidos entre  $V_{comp}-Ins[\%]$  e  $V_{comp}+Ins[\%]$ , que é função da tensão de referência e da corrente de carga de cada regulador como pode ser visualizado na Figura 5.6.

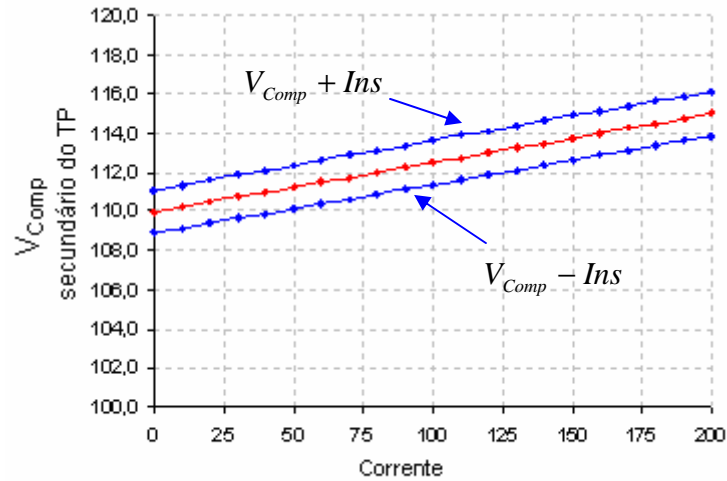


Figura 5.6 – Faixa de  $V_{Comp}$  considerando a insensibilidade

O TAP é definido a partir da relação entre o ganho necessário para que a tensão atinja o valor definido e o percentual de variação de cada TAP, conforme equação (5.2).

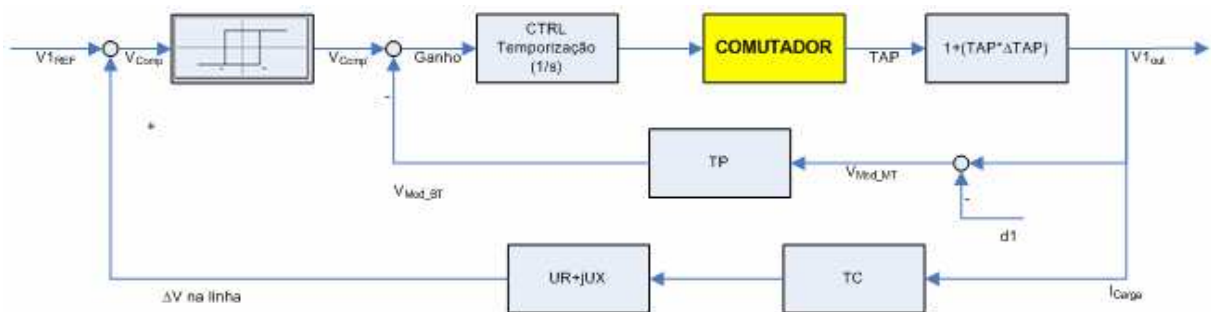


Figura 5.7 – Bloco do comutador – definição do TAP do regulador

$$TAP = \text{Int} \left( \frac{\left( \frac{Ganho}{V_{comp}} \right)}{\Delta TAP} \right) \quad (5.2)$$

Onde o ganho é dado pela diferença entre a tensão medida no bloco do TP e o valor de  $V_{Comp}$  calculado considerando a compensação de queda na linha e a faixa de insensibilidade.

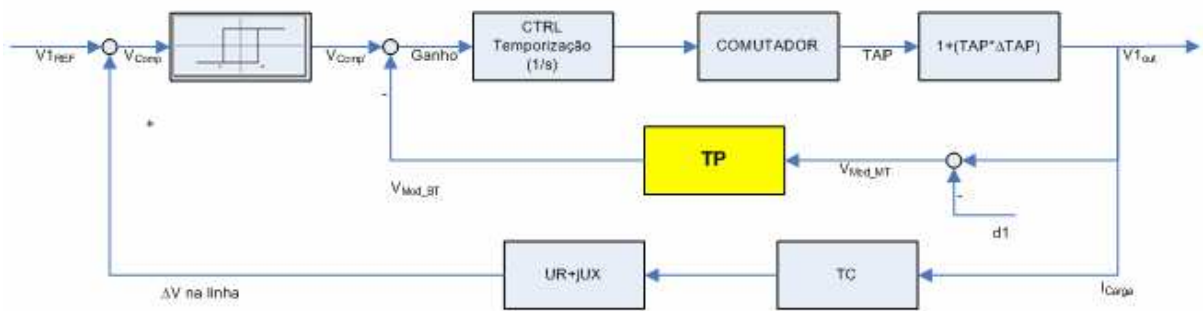


Figura 5.8 – Bloco de medição de tensão - TP

Considerando este modelo é possível definir uma expressão, dada por (5.3), para a tensão de saída do regulador que considere como parâmetros variáveis os coeficientes  $U_R$ ,  $U_X$ ,  $RTP$ ,  $RTC$ , Percentual de variação de cada TAP, número de TAP's, tensão de referência e faixa de insensibilidade.

$$V_{Saída} = V_{Entrada} \cdot [1 + (TAP \cdot \Delta TAP)] \quad (5.3)$$

Onde:

- $V_{Saída}$  : tensão esperada na saída do regulador
- $V_{Entrada}$  : tensão na entrada do regulador
- $TAP$  : posição do TAP
- $\Delta TAP$  : variação de tensão de cada TAP

A partir deste mesmo modelo será possível estimar o número de comutações necessárias para adequar os níveis de tensão com base em um arquivo de medição, considerando a diferença entre o TAP atual e o TAP do instante anterior, conforme (5.4) abaixo.

$$Cont_{(Intervalo)} = \sum_{n=1}^k TAP(n) - TAP(n-1) \quad (5.4)$$

Onde:

- $Cont_{(intervalo)}$ : número de comutações no intervalo de tempo considerado, seja ele 1 hora, 1 dia ou 1 mês.
- $K$ : instante limite do tempo e varia de acordo com o intervalo de registro considerado.

- $TAP(n)$ : posição de TAP no instante  $n$
- $TAP(n-1)$ : posição de tap no instante anterior ( $n-1$ )

Utilizando como exemplo um período de 1 dia com intervalo de registros de 1 hora a função fica:

$$Cont_{(Intervalo)} = \sum_{n=1}^{23} TAP(n) - TAP(n-1) \quad (5.5)$$

Se neste mesmo período for utilizado um intervalo de registros de 1min,  $k$  passa de 23 para 1440 que é o total de registros obtidos em 1 dia de medição.

$$Cont_{(Intervalo)} = \sum_{n=1}^{1440} TAP(n) - TAP(n-1) \quad (5.6)$$

De posse da função pode-se então, definir as restrições e implementar uma função objetivo que permita otimizar os ajustes do regulador de tensão de modo a maximizar os níveis de tensão, dentro da faixa adequada, e minimizar o número de comutações do mesmo.

### 5.3. Definição dos ajustes do regulador de tensão de distribuição

A definição dos parâmetros do LDC da maneira tradicional é realizada através das equações (5.7) e (5.8), que representam a impedância do trecho de rede de distribuição cuja queda deverá ser compensada.

$$U_R = \frac{I_C \cdot R_L}{RTP} \quad (5.7)$$

$$U_X = \frac{I_C \cdot X_L}{RTP} \quad (5.8)$$

Onde:

- $U_R$ : Compensação resistiva;

- $U_X$ : Compensação reativa;
- $I_C$ : Corrente nominal primária do regulador;
- RTP: Relação de transformação do TP;
- $R_L$ : Resistência da linha
- $X_L$ : Reatância da linha

O objetivo do compensador é garantir o nível de tensão adequado em um ponto distante da instalação do regulador de tensão, partindo do princípio que não existem consumidores entre o regulador e o ponto de tensão regulada.

No entanto dadas as atuais configurações das redes de distribuição, a premissa de que não existem consumidores próximos ao regulador de tensão não é válida em muitos alimentadores, de modo que devem ser impostos limites para a elevação de tensão obtida pelo compensador.

Assim os valores dos parâmetros  $U_R$  e  $U_X$  não são definidos em função da impedância do trecho e sim de valores de tensão desejados em situações de carga máxima e mínima.

Faz-se necessário obter mais informações a respeito da carga que será atendida por este regulador e qual seu comportamento durante todo o dia, seja por meio de medições ou de simulações.

Através de uma avaliação do carregamento no ponto de conexão do regulador de tensão e dos níveis de tensão de entrada em cada um dos patamares de carga é possível estabelecer uma relação entre os valores de tensão e carregamento com os parâmetros de ajuste  $U_{ref}$ ,  $U_R$  e  $U_X$ .

Inicialmente foram considerados para a definição dos parâmetros  $U_R$  e  $U_X$  a diferença da tensão desejada entre os patamares de carga leve e pesada e a diferença entre as correntes nestes mesmos instantes.

O parâmetro  $U_R$  é calculado considerando estes valores de tensão e corrente a partir da equação (5.9).

$$U_R = \frac{(U_{PM_{max}} - U_{PM_{min}})}{\frac{RTP}{(I_{PM_{max}} - I_{PM_{min}})} \cdot \cos(\varphi_{PM_{max}} - \varphi_{PM_{min}})} \cdot RTC \quad (5.9)$$

Onde:

- $U_{PM_{max}}$ : tensão desejada no patamar de demanda máxima



- $U_{PMin}$  : tensão desejada no patamar de demanda mínima
- $\varphi_{PMax}$  : ângulo máximo do fator de potência
- $\varphi_{PMin}$  : ângulo mínimo do fator de potência
- $I_{PMax}$  : corrente no patamar de demanda máxima
- $I_{PMin}$  : corrente no patamar de demanda mínima
- RTC: relação de TC

Da mesma forma, através da equação (5.10), calcula-se o valor de  $U_X$

$$U_X = \frac{\frac{(U_{PMax} - U_{PMin})}{I_{PMax} - I_{PMin}} \cdot \frac{RTP}{RTC}}{\frac{RTP}{RTC}} \cdot \text{sen}(\varphi_{PMax} - \varphi_{PMin}) \quad (5.10)$$

No entanto esta abordagem apresentou valores de compensação elevados, que resultam em violação dos limites adequados de fornecimento.

A causa para problema destes níveis de tensão elevados é que quanto menor for a diferença de carregamento maior será a parcela de compensação necessária para alcançar os valores de tensão definidos, ocasionando em transgressões dos limites de fornecimento quando a corrente atinge valores mais elevados.

Como alternativa para contornar este problema as componentes de corrente e ângulo foram substituídos por seus valores máximos, caso contrário seria necessária a utilização de um método alternativo para a escolha de  $U_{ref}$ . Assim, após a adequação dos valores o cálculo dos parâmetros  $U_R$  e  $U_X$  utiliza as equações (5.11) e (5.12).

$$U_R = \frac{\frac{(U_{PMax} - U_{PMin})}{I_{PMax}} \cdot \frac{RTP}{RTC}}{\frac{RTP}{RTC}} \cdot \cos(\varphi_{PMax}) \quad (5.11)$$

$$U_X = \frac{\frac{(U_{PMax} - U_{PMin})}{I_{PMax}} \cdot \frac{RTP}{RTC}}{\frac{RTP}{RTC}} \cdot \text{sen}(\varphi_{PMax}) \quad (5.12)$$

A componente da tensão sofreu alterações porque esta diferença representa o ganho de tensão que deverá ser dado para a parcela de compensação de queda na linha.

Traçando um gráfico comparativo para o ganho de tensão dentro da faixa de operação situada entre os valores de carga máxima e mínima verifica-se que a abordagem que utiliza os valores médios de corrente e fator de potência apresenta um maior ganho de tensão, no entanto a formulação que utiliza a corrente máxima apresenta valores mais conservadores que permitem minimizar as variações de tensão, limitando o ganho para que os transformadores próximos ao regulador não apresentem violações por sobretensão.

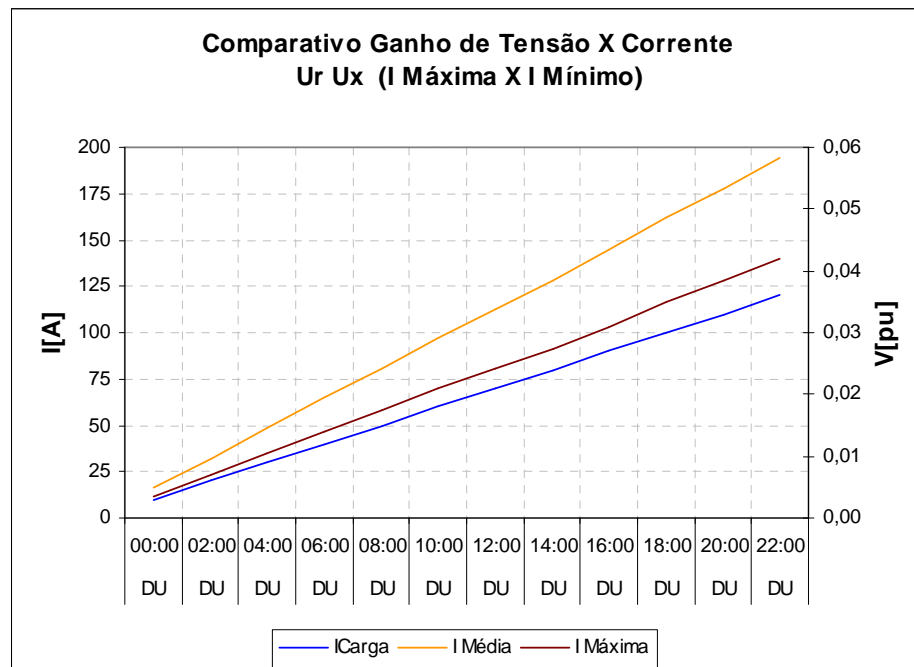


Figura 5.9 – Comparativo  $U_R$   $U_X$  com Corrente Máxima X Corrente Média

A definição do ganho de tensão, ou a diferença entre os patamares de carga leve e pesada, depende diretamente da definição da alteração ou não da zona de TAP, pois o limite de tensão imposto tem como objetivo garantir a conformidade da tensão para os consumidores situados no primeiro transformador à jusante do regulador de tensão. Este ganho poderá ser alterado mediante a verificação da impedância do trecho entre o regulador e o primeiro transformador.

Os limites de tensão para as zonas de TAP são apresentados no Quadro 5.1, juntamente com os valores esperados para o lado de baixa tensão em cada posição de TAP.

Quadro 5.1 – Limites de tensão por zona de TAP.

Classe de Tensão	Zona de TAP	Tensão Nominal	MT		BT	
			Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
15kV	1	13,8	14,5	13,8	231	211
	2	13,2	13,9	13,2	231	211
	3	12,6	13,2	12,6	231	211
25kV	1	23,1	24,3	23,1	231	211
	2	22,0	23,1	22,0	231	211
	3	20,9	21,9	20,9	231	211

Uma vez definido o ganho de tensão, calcula-se o valor da tensão de referência, considerando o valor de tensão máxima e o ganho obtido com o LDC, utilizando a equação (5.13).

$$U_{REF} = \frac{\left( U_{PMax} - \left( \frac{I_L(U_R) \cdot \cos \varphi}{I_C} + \frac{I_L(U_X) \cdot \sin \varphi}{I_C} \right) \right)}{RTP} \quad (5.13)$$

Esta definição ocorre a partir de um processo iterativo, que leva em consideração não somente o carregamento e valores desejados de tensão. Neste processo são considerados também os limites de tensão estabelecidos para que a tensão fornecida não viole os limites adequados, juntamente com a tensão no ponto de conexão do regulador de tensão.

Caso a tensão de entrada não permita que o regulador alcance os valores mínimos definidos na etapa anterior, o mesmo ganho para o LDC é estabelecido, porém deslocado para a zona de TAP seguinte.

Desta forma os parâmetros iniciais calculados em (5.11), (5.12) e (5.13) são testados e caso haja alguma violação, ou ainda, exista possibilidade de elevar os valores para que a tensão fornecida apresente um melhor perfil os mesmos são alterados e novamente é realizada a avaliação dos resultados.

Após um dado numero de iterações os valores de  $U_{Ref}$ ,  $U_R$  e  $U_X$  são considerados adequados e então é realizado o cálculo do fluxo de carga para todo o alimentador.

Neste momento é novamente avaliada a configuração das zonas de TAP do alimentador, verificando se os limites propostos foram atendidos.

A variação do fator de potência exerce influência no ganho de tensão, principalmente nos momentos em que o sistema se torna capacitivo. Nesta situação ocorre uma redução do ganho de tensão, que se torna desejável uma vez que os capacitores contribuem para a elevação da tensão. O gráfico da figura apresenta a variação de tensão para uma faixa de valores de fator de potência que varia de 0,8 indutivo até 0,8 capacitivo.

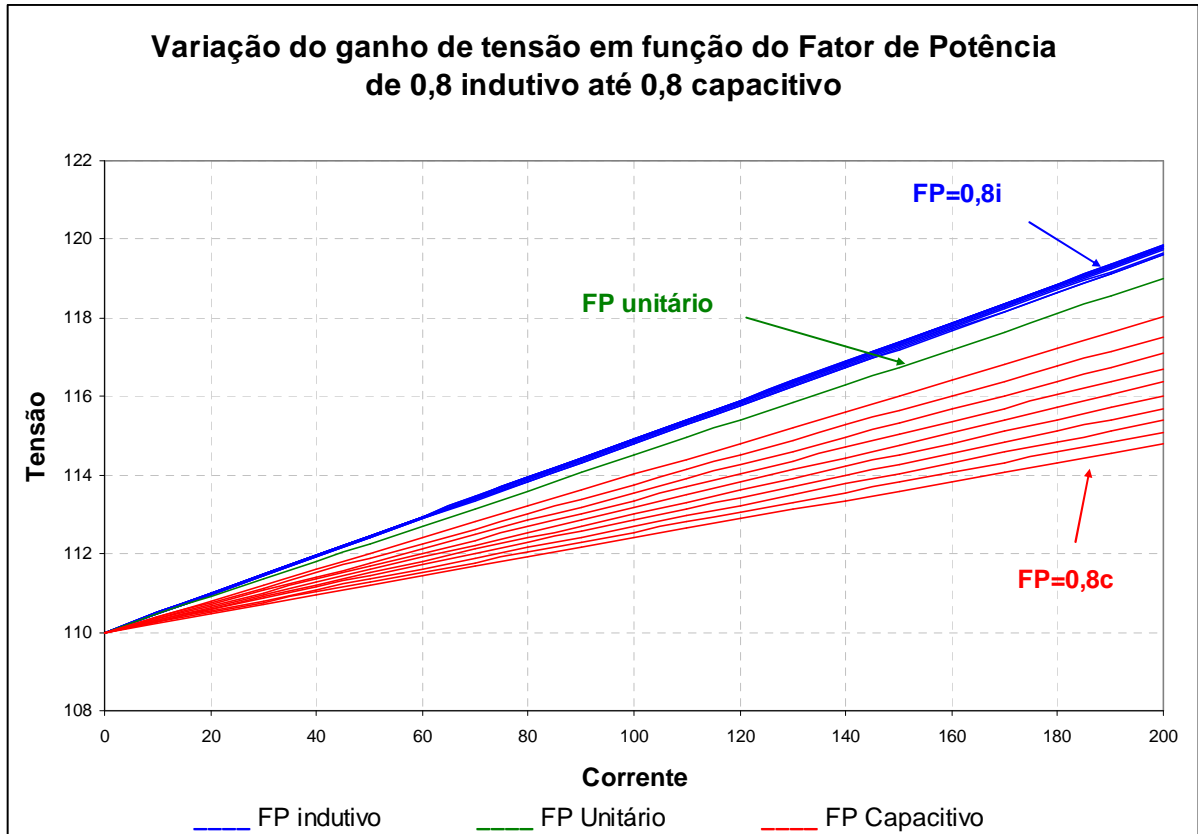


Figura 5.10 – Variação do ganho de tensão em função do fator de potência

A estimativa do número de comutações é um indicativo que pode ser utilizado para a definição dos ajustes, porém como os intervalos de medição considerados são relativamente grandes, da ordem de 5 min a 15 min, esta estimativa pode ser bastante inferior às ocorrências reais dos reguladores. Além do mais ainda não é considerado no modelo o efeito da temporização, devendo, portanto, acrescentar este parâmetro no modelo, completando a função do bloco de controle de temporização, destacado na Figura 5.11.

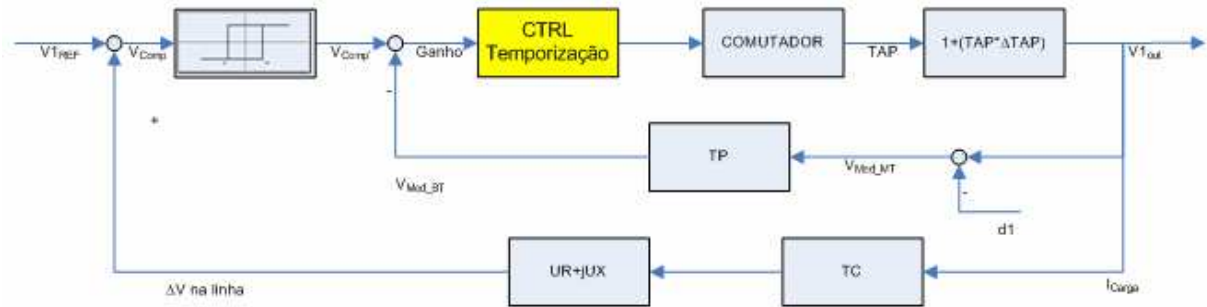


Figura 5.11 – Bloco de controle de temporização

Todas as considerações apresentadas para os reguladores de tensão, também são válidas para o relé 90 permitindo a utilização do mesmo modelo mediante a adequação do percentual de variação de tensão por TAP e do número de TAP's disponíveis no CDC.

#### 5.4. Definição dos parâmetros de ajuste do relé 90

O relé 90 é o responsável por manter os níveis de tensão na barra da SE dentro de uma faixa de valores estabelecidos pela distribuidora. Pelo fato de atender a diversos alimentadores o relé 90 deve ser ajustado dentro de uma faixa intermediária, ou seja, deverá ser ajustado de forma a atender adequadamente o maior número de consumidores possível.

Considera-se então a existência de  $n$  alimentadores conectados a mesma barra cuja tensão será controlada. Desse modo a corrente utilizada para ajuste do ganho de tensão será a soma das correntes de todos os alimentadores. Avaliando-se a zona de TAP da saída de cada alimentador têm-se os limites de tensão estabelecidos e a partir daí pode-se utilizar o mesmo algoritmo para a definição dos parâmetros de controle.

#### 5.5. Rotina para Otimização dos Ajustes

Os parâmetros de ajuste dos reguladores de tensão e relé 90 são feitos de forma independente, cada um operando na sua “zona de regulação”, havendo apenas a coordenação entre os tempos de comutação a fim de evitar operações

desnecessárias, uma vez que variações de tensão com origem próxima da SE são geralmente corrigidas pelos equipamentos mais próximos.

Partindo desta idéia, a definição dos parâmetros é realizada a partir da SE e definindo o conjunto de parâmetros adequados para cada um dos equipamentos, até o final do alimentador. Após o ajuste do relé 90, que geralmente é determinado pelo setor de operação e fixa a faixa de tensão próximo do limite superior adequado, é necessário parametrizar os reguladores de tensão, de maneira integrada com a definição de zonas de TAP.

O processo de otimização de ajustes utiliza uma heurística de melhoramento, ou seja, parte de uma solução factível e, a partir de um processo iterativo busca uma solução ótima local.

Como função objetivo para a definição dos ajustes dos reguladores de tensão foi definida (5.14), através da qual são considerados os limites de TAP máximo e mínimo, variação da tensão e parâmetros de compensação.

$$F.O = \text{Min}(V_{\max} - V_{\min})$$

Sujeito a:

$$\begin{aligned} |TAP_{Max}| &< 16 \\ 0,90 pu &< V_{Min} \leq 1,02 pu \\ 0,93 pu &< V_{Max} \leq 1,05 pu \\ UR &\geq 0 \\ UX &\geq 0 \\ U_{REF} &> 0,90 pu \end{aligned} \quad (5.14)$$

Para o caso dos reguladores de tensão a solução inicial é obtida a partir da definição da zona de TAP desejada para o transformador imediatamente posterior ao regulador e da variação de carga ao longo do dia no ponto de instalação do regulador. Estes valores permitem calcular o ganho de tensão e a tensão de regerência iniciais.

A partir destes valores, o algoritmo inicia o processo de busca por uma nova solução, avaliando as restrições de TAP máximo, limites de tensão, zonas de TAP, conforme fluxograma da Figura 5.12.

Os ajustes obtidos são ainda testados considerando a variação do fator de potência entre os limites máximo e mínimo obtidos através da ferramenta de fluxo de

carga ou da medição utilizada para definição dos ajustes. Com base nesta avaliação, podem ser verificadas possíveis transgressões causadas pelos parâmetros do LDC.

Em diversas ferramentas os modelos de reguladores de tensão apresentam apenas parâmetros de tensão de referência, seja em V, pu ou em ganho percentual. Na ferramenta utilizada nos estudos, o Interplan, é possível definir diferentes ajustes nos para cada um dos patamares de carga, assim foi possível simular o ganho obtido com a metodologia através do cálculo de  $V_{Comp}$  definido anteriormente. Sabe-se, porém que o fluxo de carga irá apresentar variações, de acordo com os modelos de carga utilizados, e que as correntes consideradas não serão as mesmas, assim sendo, quando o modelo de regulador implementado no software considerar os parâmetros de compensação durante o cálculo do fluxo de carga será possível obter valores de tensão de saída mais próximos da realidade.

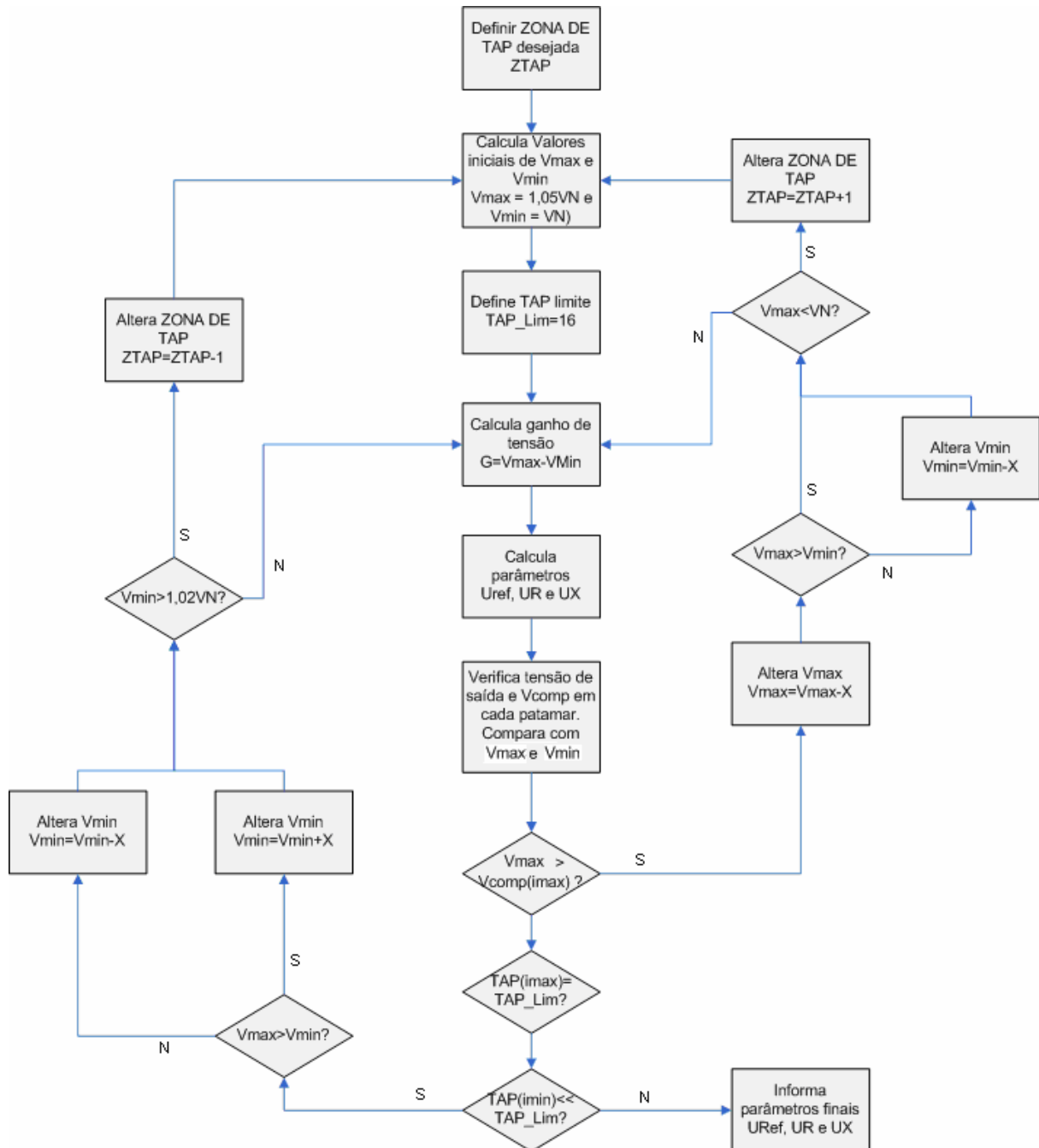


Figura 5.12 – Fluxograma do algoritmo para a definição dos ajustes do regulador de tensão

## 5.6. Adequações necessárias no processo de de fluxo de carga

Para a implantação desta metodologia em sistemas que realizam os cálculos de fluxo de carga, faz-se necessário adequar o modelo do regulador de tensão, explicitando os parâmetros  $U_R$  e  $U_X$ .



A partir deste modelo o algoritmo deverá considerar como tensão de saída o valor definido como tensão de referência mais a parcela referente a compensação de queda na linha.

A fim de tornar o modelo mais preciso deve-se também implementar no algoritmo a insensibilidade de modo a agilizar o processo de convergência e considerar o que realmente ocorre, ou seja, o ganho estabelecido não é totalmente obtido.

Outra alteração necessária refere-se a aplicação das zonas de TAP. A equação para a avaliação dos TAP's por patamar de carga deve ser incluída, juntamente com o relatório transformadores com zonas de TAP. Este relatório pode ser gerado para todo o alimentador ou somente um trecho definido a partir de um equipamento de referência como regulador de tensão ou chave seccionadora. É interessante que seja possível, ao selecionar um determinado transformador, visualizar os níveis de tensão esperados no lado secundário do transformador e o TAP definido para este equipamento.

A implementação de um módulo de avaliação de medições possibilita simular a operação do regulador de tensão considerando os valores de tensão, corrente e fator de potência, disponíveis em um arquivo de medição.

A partir deste arquivo e dos modelos de regulador de tensão apresentados anteriormente torna-se possível avaliar como será o comportamento do regulador de tensão no ponto sugerido para a instalação do mesmo. A partir daí serão sugeridos os ajustes ótimos para o regulador considerando o comportamento da carga e da tensão disponibilizados, estimando a tensão de saída e o número de comutações em cada regulador.

## **5.7. Resumo do Capítulo**

Neste capítulo foram apresentados os blocos que compõem o regulador de tensão, os parâmetros de ajuste e os critérios para a definição dos mesmos. Foi também desenvolvido o modelo matemático do regulador de tensão que possibilita a utilização explícita dos componentes  $U_R$  e  $U_X$  para o cálculo da tensão de saída do equipamento permitindo verificar o ganho obtido em cada patamar de carga.

## **CAPÍTULO VI**

### **Avaliação Integrada dos Meios de Controle de Tensão**

---

Apresentados os critérios e métodos utilizados para o estudo de zonas de TAP e definição dos ajustes de regulador de tensão e relé 90, parte-se para o problema prático de avaliação de um alimentador de distribuição.

Para este estudo deve haver uma integração entre os meios de controle de modo que o regulador de tensão apresente os melhores resultados para uma dada zona de TAP ou para que sejam considerados os TAP's dos transformadores durante a definição de instalação de um regulador de tensão.

Assim sendo, nesta seção será apresentada a metodologia para avaliação integrada dos meios de controle de tensão aplicada em um alimentador de distribuição.

O processo é composto por várias etapas e pode ser descrito através do fluxograma da Figura 6.1. Inicia por uma avaliação inicial do sistema e verificação da possibilidade de melhorias passando pelo reajuste dos reguladores de tensão e uma nova definição de zonas de TAP. Após a definição dos TAP's será novamente executada a avaliação dos reguladores de tensão, a fim de identificar necessidade de reajuste. Se após todas as ações de otimização de TAP's e reguladores de tensão, persistir as transgressões de tensão em determinados patamares, haverá a necessidade de obras de melhoria, a fim de eliminar problemas de sobrecarga nos transformadores, ou reduzir os níveis de queda de tensão, seja na primária como na secundária.

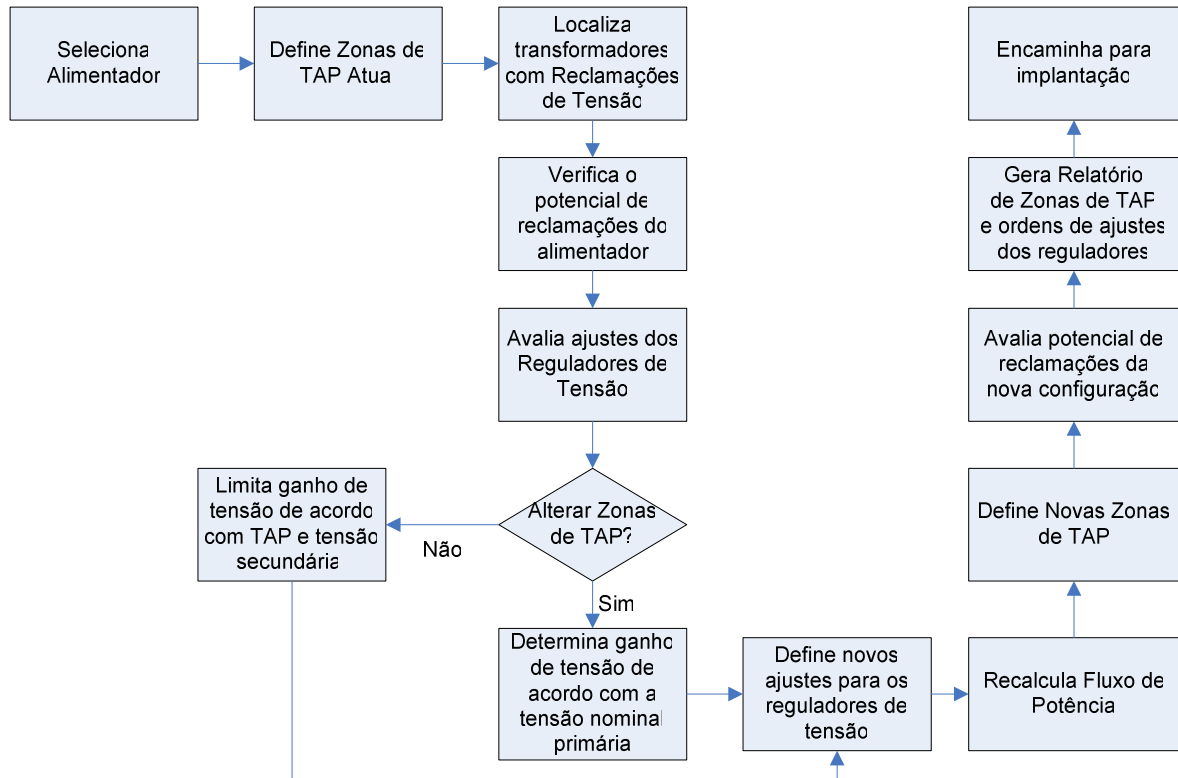


Figura 6.1 – Fluxograma de avaliação do controle de tensão

## 6.1. Avaliação Inicial do Sistema

Uma vez definido qual o alimentador será estudado, inicia-se a etapa de estudo, a qual começa com um diagnóstico da configuração atual do alimentador.

Devem ser considerados fatores como existência de reguladores de tensão no circuito e seus parâmetros atuais, carregamento destes equipamentos e localização dos transformadores com reclamações de níveis de tensão.

Com os ajustes atuais dos reguladores e tensão de saída da SE devidamente configurados, roda-se o fluxo de potência, gerando em seguida o relatório para a avaliação das zonas de TAP.

Simultaneamente são identificados e destacados no diagrama unifilar os transformadores com reclamações de tensão, a fim de verificar a localização e concentração dos mesmos.

O estudo de zonas de TAP, juntamente com a localização dos transformadores com reclamações serve de parâmetros para uma avaliação inicial das possíveis causas dos problemas de tensão e das possibilidades de melhoria.

Neste trabalho foi realizado estudo para um alimentador situado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

Este circuito apresenta 695 transformadores de distribuição, dos quais 32 apresentavam reclamações de níveis de tensão, e três reguladores de tensão em série distribuídos ao longo da rede de distribuição de acordo com a Figura 6.2.

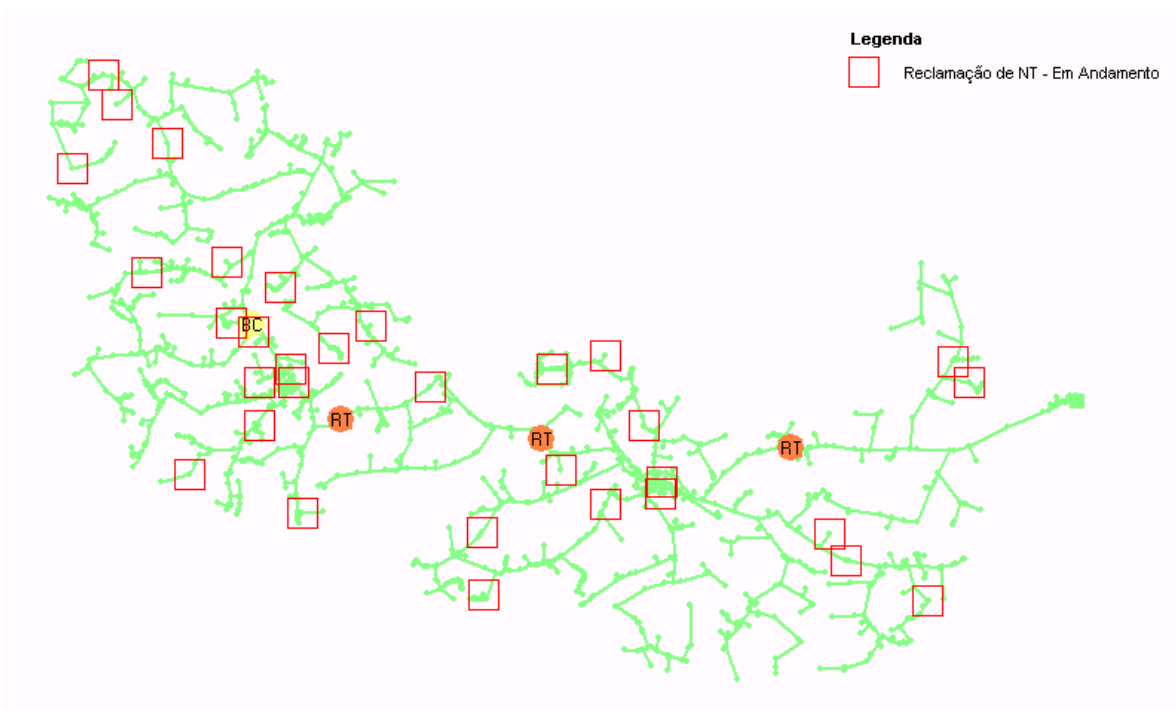


Figura 6.2 – Alimentador de distribuição e transformadores com RNT

Os reguladores de tensão foram ajustados considerando apenas a tensão de referência e a insensibilidade, todos utilizando a temporização linear.

O Quadro 6.1 apresenta os ajustes dos reguladores de tensão antes da aplicação da proposta de melhoria.

Quadro 6.1 – Ajustes iniciais dos reguladores de tensão.

Parâmetros	RT1	RT2	RT3
Equipamento	10161.3-62	10162.1-62	26.4-9
$U_{Ref}$	110	105	108
Ins[%]	1,5	1,5	1,5
$U_R$	0	0	0
$U_X$	0	0	0

T	45	60	90
Tipo Temporização	Linear	Linear	Linear

O resultado do estudo de zonas de TAP, apresentado no ANEXO B, e no diagrama unifilar da Figura 6.3, apresentou para este alimentador três zonas de TAP, tendo a predominância da zona de TAP 3.

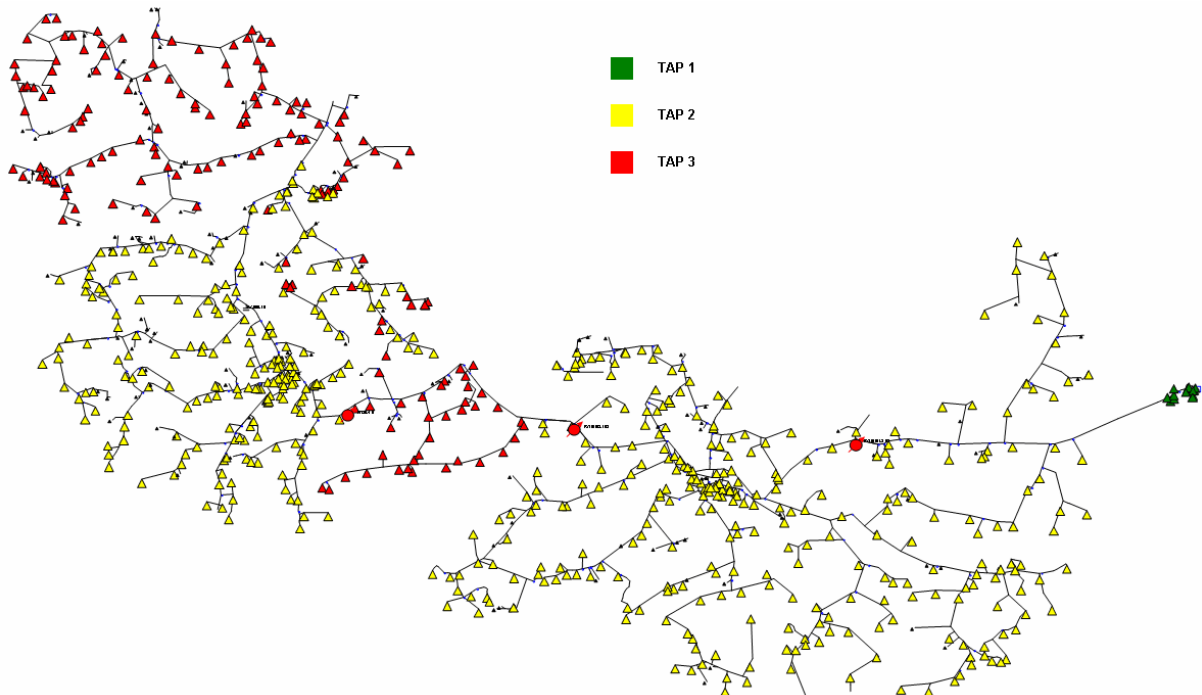


Figura 6.3 – Zonas de TAP do alimentador

De posse dos níveis de tensão ao longo do alimentador, considerando pontos de interesse como SE, final do alimentador, entrada e saída dos reguladores de tensão para cada patamar de carga foram registrados e plotados no diagrama da Figura 6.4. No perfil de tensão apresentado pode-se ver claramente a má utilização dos reguladores de tensão, estando o regulador RT2 praticamente sem efeito, mostrando o quanto a tensão de fornecimento pode ser melhorada neste alimentador. Esta baixa atuação do RT2 se deve ao fato da tensão de referência ajustada estar muito próxima dos níveis de tensão na fonte deste equipamento, havendo assim pouco ou nenhum ganho de tensão evidenciando assim o baixo aproveitamento deste regulador.

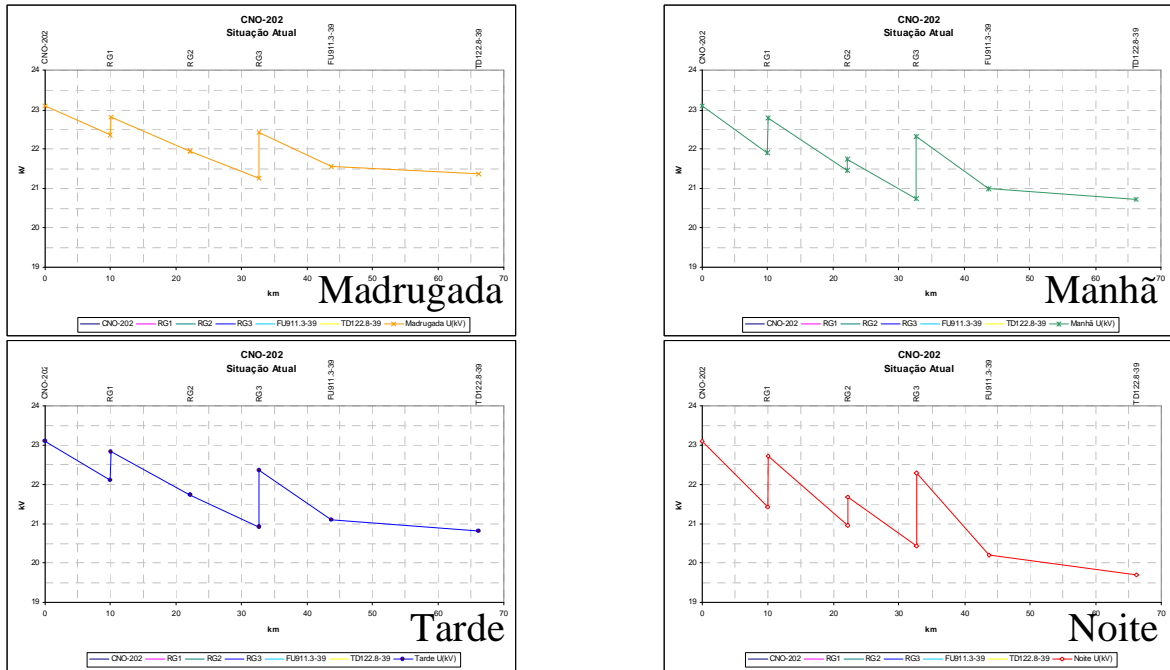


Figura 6.4 – Perfil de Tensão do alimentador na configuração inicial.

Avaliando a transgressão da faixa otimizada de tensão secundária após a definição das zonas de TAP, 35 transformadores violaram os limites, distribuídos de acordo com a Quadro 6.2. Estes transformadores apresentam possibilidade de reclamação de níveis de tensão que não poderá ser regularizada através de ações locais na rede secundária.

Quadro 6.2 - Transformadores com transgressão de tensão.

Parâmetros	RT1	RT2	RT3	Total do AL
Número de transformadores	245	40	358	695
Número de zonas de TAP	1	2	2	3
Zonas de TAP	2	2 e 3	2 e 3	1, 2 e 3
Transformadores com transgressão	6	0	29	35

Com estes resultados disponibilizados é possível então realizar as simulações dos novos ajustes para os reguladores de tensão e reconfiguração das zonas de TAP do circuito.

## 6.2. Otimização dos Ajustes

Para a otimização dos ajustes dos reguladores de tensão, são consideradas inicialmente duas situações:

- Manter zona de TAP atual na saída dos reguladores
- Otimizar todo o circuito.

Esta abordagem permite ao analista avaliar simultaneamente o resultado de cada ação.

Para a avaliação dos novos ajustes os valores de corrente de carga e fator de potência de cada patamar, apresentados na Quadro 6.3, são cadastrados na ferramenta de análise, juntamente com os limites de tensão e zona de TAP considerados para cada um dos reguladores.

Quadro 6.3 – Corrente e fator de potência em cada regulador de tensão.

Regulador	Grandeza	Madrugada	Manhã	Tarde	Noite
10161.3-62	Corrente	45	111	111	167
	Fator de Potência	0,9431	0,9080	0,9081	0,9512
	Tensão de Entrada	0,982	0,952	0,952	0,930
10162.1-62	Corrente	33	75	74	107
	Fator de Potência	0,9815	0,9367	0,9372	0,9694
	Tensão de Entrada	0,978	0,963	0,960	0,936
26.4-9	Corrente	31	67	67	93
	Fator de Potência	0,9872	0,9456	0,9462	0,9773
	Tensão de Entrada	0,978	0,961	0,961	0,948

O resultado desta simulação são os novos parâmetros dos reguladores, que são mostrados na Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Valores de ajuste dos reguladores de tensão e tensão esperada.

Equipamento	$U_{Ref}$	$U_R$	$U_X$	Insensibilidade	Tensão de Entrada	Tensão de Saída
10161.3-62	111	6	5	1,0	21,48	23,63
10162.1-62	110	5	3	1,0	21,46	23,47
26.4-9	110	6	3	1,0	21,90	23,54

Os valores de tensão esperada por patamar são novamente cadastrados no Interplan e um novo fluxo de potência é simulado.

Definidos os novos ajustes o relatório de fluxo de potência é novamente enviado para o bloco de zonas de TAP e avaliação de transgressões de tensão, cujos resultados são apresentados na Quadro 6.5.

Avaliando o resultado do estudo de zonas de TAP considerando os novos ajustes verificou-se que todos os transformadores apresentaram níveis de tensão dentro da faixa otimizada e que a zona de TAP 3 foi completamente eliminada, conforme pode ser visto no relatório disponível no ANEXO B.

Quadro 6.5– Transformadores com transgressão de tensão.

Parâmetros	RT1	RT2	RT3	Total do AL
Número de transformadores	245	40	358	695
Número de zonas de TAP	2	2	2	2
Zonas de TAP	1 e 2	1 e 2	1 e 2	1 e 2
Transformadores com transgressão	0	0	0	0

A Figura 6.5 apresenta a distribuição das zonas de TAP no alimentador considerando os novos ajustes.

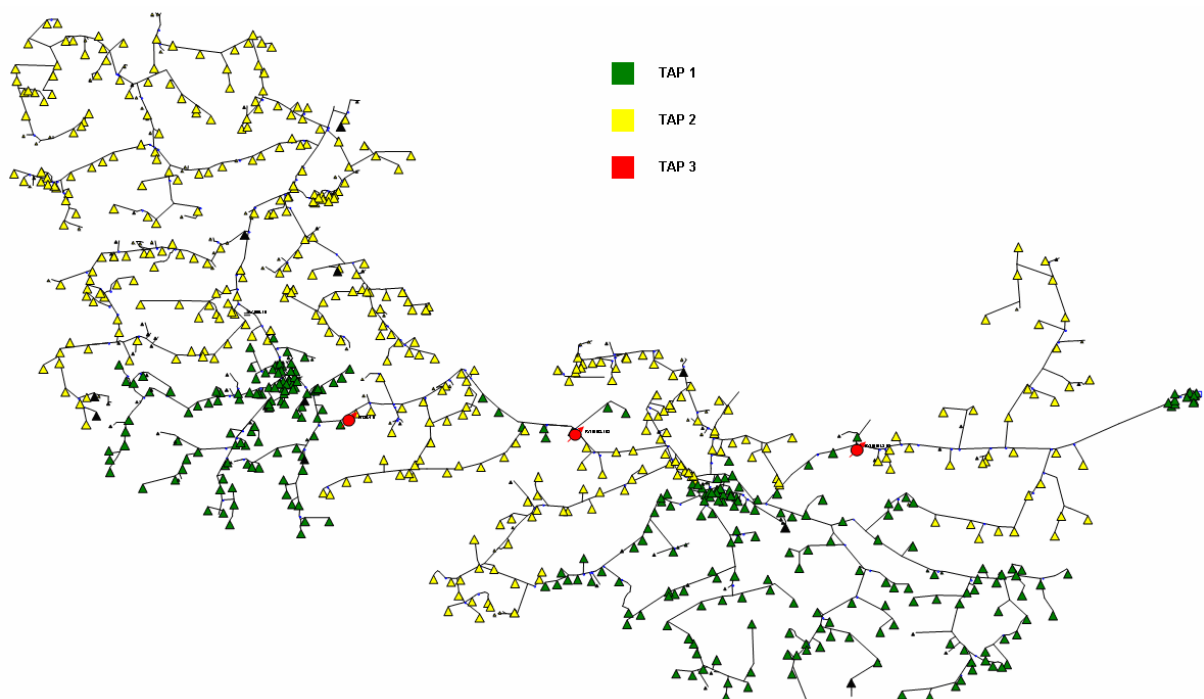


Figura 6.5 – Zonas de TAP do alimentador com alteração dos reguladores de tensão.

Considerando a implantação dos ajustes propostos, o sistema fica otimizado mediante a alteração das zonas de TAP e o perfil de tensão do alimentador apresenta alterações significativas, como visto na Figura 6.6. No entanto, conforme Quadro 6.6, é necessária intervenção em um elevado número de transformadores necessitando uma adequação gradativa dos níveis de tensão.

Após a alteração dos parâmetros todos os reguladores apresentaram, nas simulações, um ganho de tensão mais elevado e mantiveram a variação de tensão dentro de limites considerados aceitáveis.



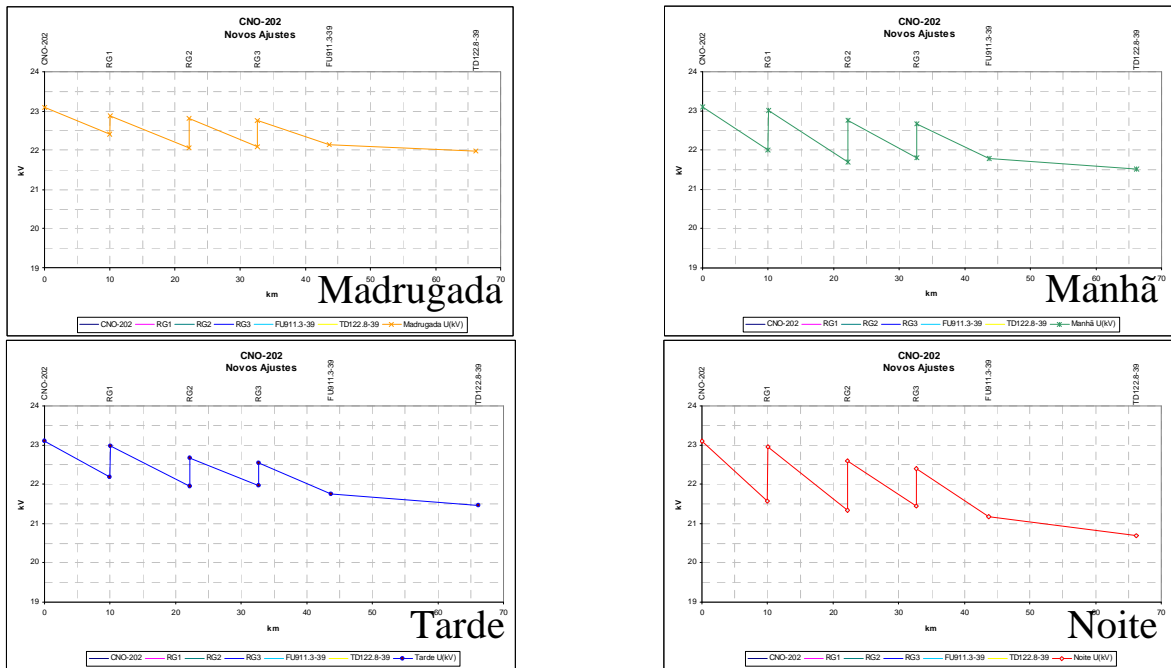


Figura 6.6 – Perfil de Tensão do alimentador após alteração dos ajustes dos reguladores

#### Quadro 6.6– Comparativo dos Resultados

Avaliação	Situação Atual	Situação Proposta
Transformadores em TAP 1	13	297
Transformadores em TAP 2	468	398
Transformadores em TAP 3	214	0
Transformadores com Transgressão BT	35	0
Pontos com Transgressão MT	249	0
Necessidade de Alteração de TAP	498	

No alimentador estudado optou-se por adequar os níveis de tensão gradativamente devido a grande quantidade de transformadores envolvidos, de modo que a alteração para TAP 1 foi realizada apenas no primeiro regulador de tensão. Os demais reguladores foram reajustados para otimizar os níveis de tensão na atual zona de TAP de cada um deles.

Os parâmetros finais de ajuste dos reguladores e os valores esperados de tensão encontram-se na Quadro 6.7.

Quadro 6.7 - Valores de ajuste dos reguladores de tensão e tensão esperada.

Equipamento	Uref	UR	UX	Tensão de Entrada	Tensão de Saída
10161.3-62	110	5	4	21,53	23,41
10162.1-62	106	8	5	21,40	22,81
26.4-9	108	8	5	21,49	22,94

### 6.3. Planejamento das ações de adequação

Uma vez definido quais as alterações necessárias no alimentador, faz-se necessário o planejamento das ações de adequação. Para o alimentador analisado a opção foi dividir as alterações em lotes de 20 transformadores utilizando 2 equipes específicas para a modificação dos TAP's dos transformadores. Os ajustes dos reguladores foram realizados gradativamente à medida que os TAP's foram substituídos. O dimensionamento das alterações e o cronograma de execução foram feitos baseados na estimativa diária de alterações de TAP realizada por uma única equipe e na quantidade de transformadores com necessidade de alteração de TAP para implantação dos estudos nos transformadores. Em operações deste porte são também necessários transformadores sobressalentes para o caso de defeito no comutador e impossibilidade de alteração do TAP.

A implantação em campo do estudo realizado necessita de um planejamento adequado, uma vez que serão necessárias alterações de posição de TAP em um grande número de transformadores. Recomenda-se que a elevação dos níveis de tensão obedeça a uma ordem de execução que inicia no regulador mais próximo da SE. Este regulador deverá apresentar uma elevação gradativa dos níveis de tensão, enquanto que os demais reguladores serão responsáveis por manter os níveis de tensão dentro da faixa atual, até que seja possível alterar os TAP's dos transformadores a jusante dos mesmos.

O relatório de zonas de TAP auxilia na definição destas etapas por, pois, a partir das simulações de fluxo de carga com ajustes intermediários podem ser definidos quais os transformadores terão seus TAP's alterados e quais serão os ajustes necessários para que os reguladores de tensão mais distantes mantenham a tensão dentro dos valores iniciais.

Durante a implantação dos ajustes também podem ocorrer reclamações de subtensão nos transformadores que foram comutados em primeiro lugar. Isto se deve ao fato de que estes transformadores já estão em seu TAP definitivo enquanto que a tensão fornecida pelo regulador de tensão ainda encontra-se abaixo do necessário.

Após a implantação dos ajustes e alteração dos TAP's dos transformadores foram realizadas medições em pontos chave da zona de regulação a fim de avaliar os resultados obtidos.

Para os transformadores medidos a tensão se apresentou dentro da faixa adequada, atendendo as expectativas do estudo.

#### **6.4. Resumo do Capítulo**

Neste capítulo foram apresentados resultados práticos obtidos a partir da aplicação da metodologia proposta nesta dissertação, como avaliação quantitativa de transformadores por zona de TAP, número de transformadores com transgressão e número de transformadores com necessidade de alteração da posição do TAP.

Foram também citados fatores que devem ser considerados para a completa adequação dos níveis de tensão a partir da modificação dos ajustes dos reguladores de tensão.

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSÃO**

---

A busca de um fornecimento de energia com maior qualidade e redução dos custos com indenizações são metas das empresas distribuidoras de energia, e também deste trabalho. Seu objetivo principal foi o desenvolvimento de uma metodologia que permita definir os ajustes adequados, tanto para os reguladores de tensão de distribuição como para os relés 90 existentes nas subestações. Aliado a isso foi também desenvolvida uma ferramenta computacional que fornece uma indicação do TAP mais indicado para cada transformador de distribuição baseada nos valores de tensão obtidos a partir dos cálculos de fluxo de potência.

Através da avaliação dos reguladores de tensão e das zonas de TAP das redes primárias de distribuição foi possível identificar pontos com possibilidade de melhoria e divergências em relação à visão de planejamento e o ponto de vista de operação das distribuidoras de energia elétrica. Em termos de planejamento os equipamentos são dimensionados de modo a compensar a queda de tensão, devendo por isso, ser ajustados para proporcionar no mínimo a tensão nominal do sistema. Por questões operacionais de minimização de intervenções na rede e minimização de custos os reguladores de tensão são aplicados de forma simplificada apresentando resultados aquém dos que foram estudados. Com a aplicação da metodologia desenvolvida neste trabalho foi possível elevar o ganho destes equipamentos e apresentar uma forma de identificar o impacto desta elevação nos transformadores de distribuição.

A utilização de indicadores de transgressões de tensão, a avaliação dos níveis de tensão em vários patamares de carga, a estratificação das transgressões em violações de limite inferior e superior permite classificar e priorizar ações de adequação nos alimentadores a fim de fornecer a energia elétrica dentro da faixa otimizada, e conseqüentemente de acordo com os padrões vigentes.

Estudos de planejamento de curto prazo devem ser realizados de modo a estruturar as etapas para a implantação de reguladores de tensão e outros dispositivos, considerando alterações de TAP necessárias para que no final do período sejam obtidos os melhores resultados com sua utilização. Este tipo de análise deve também ser realizada nos alimentadores sujeitos a geração distribuída (GD), uma vez que os níveis de tensão podem variar significativamente entre os períodos com e sem estas fontes geradoras.

A correta avaliação dos níveis de tensão aliada ao método apresentado permite elevar gradativamente a tensão ao longo da distribuição com um número controlado de intervenções na rede mediante alterações sequenciais dos ajustes dos reguladores permitindo a minimização dos custos e número de equipes envolvidas.

Para a avaliação prática desta metodologia realizaram-se estudos com dados reais de concessionárias de energia elétrica, avaliando os níveis de tensão antes e após a aplicação dos ajustes, definindo e comparando níveis de transgressão e zonas de TAP dos transformadores. Com base nos resultados obtidos, tanto da definição dos ajustes dos reguladores de tensão, utilização do compensador de queda de tensão na linha e zonas de TAP dos transformadores de distribuição, os objetivos deste trabalho foram alcançados.

Enfim este trabalho mostrou que há margem para a otimização dos níveis de tensão e do serviço prestado pelas distribuidoras através de uma mudança na forma de avaliação dos reguladores de tensão sem a necessidade imediata de investimentos em novos equipamentos.

### **7.1. Contribuições do trabalho**

Considera-se que o trabalho desenvolvido apresentou as seguintes contribuições:

- Proposta de uma faixa de tensão otimizada;
- Metodologia para definição de zonas de TAP para os alimentadores de distribuição;
- Desenvolvimento de metodologia para a otimização dos ajustes de reguladores de tensão e relés 90 considerando os parâmetros de compensação de queda de tensão na linha e zona de TAP.

- Apresentação de um modelo matemático de regulador de tensão para aplicação nas ferramentas de fluxo de potência que considera os parâmetros de LDC de forma explícita.
- Metodologia para avaliação integrada dos reguladores de tensão, relés 90 e zonas de TAP
- Aplicação do sistema e análises experimentais

## 7.2. Artigos Publicados

- PEREIRA, P.R.S.; CANHA, L. N., **Otimização dos Ajustes de Reguladores de Tensão em Redes com Acentuada Variação de Carga**, VIII INDUSCON, Poços de Caldas, MG, Agosto de 2008.
- PEREIRA, P.R.S.; LIMA, D. O.; BOHN, T.; SILVEIRA, L. C.; ABAIDE, A. R.; CANHA, L. N. **Otimização dos ajustes de reguladores de tensão aplicados em redes de distribuição com acentuada variação de carga, visando atender a legislação e a satisfação dos clientes**, XVIII SENDI, Recife, PE, Outubro de 2008.

## 7.3. Perspectivas para Trabalhos Futuros

- Análise e otimização dos parâmetros de temporização e insensibilidade dos reguladores de tensão;
- Avaliação do número de comutações dos reguladores de tensão utilizando temporização linear ou inversa;
- Estudos de planejamento considerando a alocação de novos reguladores e bancos de capacitores;
- Análise do sistema com a presença de capacitores;
- Alocação ideal de reguladores de tensão e bancos de capacitores;
- Avaliação integrada dos meios de controle de tensão considerando os atuais dispositivos de controle e as novas tecnologias aplicadas na distribuição.

## Referências Bibliográficas

---

- ABAIDE, A. da R., **Desenvolvimento de Métodos e Algoritmos para Avaliação e Otimização da Confiabilidade em Redes de Distribuição** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nota Técnica nº 0035/2007 de 22 de Junho de 2007**, Brasília, DF, 2007.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos da Distribuição - Prodist**, Brasília, DF, 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Nº 505 de 26 de novembro de 2001**, Brasília, DF, 2001.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Nº 676 de 19 de dezembro de 2003**, Brasília, DF, 2003.
- ALMEIDA, A. M. F. de; BRAZ, H. D. M.; PAMPLONA, F. M. P.; SOUZA, B. A. de **Planejamento Integrado de Bancos de Capacitores e Reguladores de Tensão em Redes de Distribuição**, XVII SENDI, Salvador, BA, Outubro de 2006.
- AREDES, M.; ENCARNAÇÃO, L. F.; REIS, M. S.; MOOR, J.; GAVAZZI, M.; SANCHES, C. C.; **Desenvolvimento e Implementação de um Modelo Digital do Regulador de Tensão com Computador Eletrônico de TAPs Operando num Ramal de Distribuição de Média Tensão**, XVIII SENDI, Recife, PE, Outubro de 2008.
- BACKLUND, Y.; BUBENKO, J. A. **Computer-Aided Distribution System Planning. Electrical Power & Energy Systems, Vol. 1.**
- BARAN, E.; HSU, M. **Volt/Var control at distribution substations, IEEE Transaction on Power Systems**, V. 14, N 1, 1999, pp. 312-318.
- BARAN, M.; KELLY, A. **IEEE Transaction on Power Systems**, V. 10, N 1, 1995, pp. 483-491.
- BERNARDON, D. P., **Desenvolvimento de Algoritmos e Sistema Computacional Para Estimação de Estados em redes de Distribuição** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.
- BERNARDON, D.P.; KÖNIG, A.L.; COMASSETTO, L.; BATISTA, P.C. POPOV, V.A.; CANHA, L.N.; ABAIDE, A.R.; FARRET, F.A.. **Emprego de novas Metodologias e Algoritmos mais eficientes para Modelagem das Cargas Elétricas e Estimação de Estados em Sistemas de Distribuição**, XVI SENDI – Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Brasília / DF, novembro/2004.

CARNEIRO, J. R. V. **Gestão de Reclamações de Nível de Tensão em Regime Permanente**, XVII SENDI, Belo Horizonte, MG, Agosto de 2006.

CARRARO, E. & MARQUES R. F. & BENEDIK C. R. & ALVES M. E. G., **Experiência com Relé Regulador de Tensão com Ajustes Múltiplos Programáveis**, XVII SENDI, Belo Horizonte, MG, Agosto de 2006.

CHUNG, Y.H.; KIM, H.J.; KWON, G.H.; PARK, T.B.; KIM, S.H.; KIM, K.S.; CHOE, J.W., **Neural Network Controlled Voltage Disturbance Detector and Output Voltage Regulator for Dynamic Voltage Restorer**, European Conference on Power Electronics and Applications, 2007. DOI 10.1109/EPE.2007.4417587.

COMASSETO, L., **Algoritmos Heurísticos de Otimização da Proteção e Manobra em Redes de Distribuição de Energia** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

COOPER POWER SYSTEMS, **How Step-Voltage Regulator Operate**, USA, February 1993.

COOPER POWER SYSTEMS, **Voltage Regulating Aparatus – Determination of Regulator Compensator Settings**, USA, October 2003.

DORIGO, M.; STÜTZLE, T., **Ant Colony Optimization**, The MIT Press, London, 2004.

EHRGOTT, M.; GANDIBLEUX, X., **Multiple Criteria Optimization: State Of The Art Annotated Bibliographic Surveys**, Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 2002.

ELETRÓBRÁS, CODI. **Controle de Tensão de Sistemas de Distribuição**, Ed Campus, Vol. 5, 1985.

FEIJÓ Jr, W. L. **Um Estudo Sobre Coordenação e Ajuste de Transformadores com Mudança de Tap sob Carga e de Bancos de Capacitores para Suporte das Ações de Controle Coordenado de Tensão e Potência Reativa** Dissertação (Mestrado) – PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA, Porto Alegre, 2002.

GUIMARÃES, R. O.; OLIVEIRA, C. C.; MÉFFE, A.; ALVES, M. A. D. **Avaliação dos Riscos de Violações de Conformidade de Tensão em Sistemas de Distribuição, Utilizando Métodos Probabilísticos e Técnicas de Inteligência Artificial**, XVII CBQEE, Rio de Janeiro, RJ, Agosto de 2007.

HASHIMOTO, K., **Técnicas de Otimização Combinatória Multiobjetivo Aplicadas na Estimação do Desempenho Elétrico de Redes de Distribuição** Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ITB, **Regulador de Tensão Monofásico – Manual de Instruções MI-001**, Agosto 2006.

KERSTING, W. H., **Distribution System Modeling and Analysis**, CRC PRESS, 2002.

LEE, K. Y.; El-Sharkawi, M. A. **Modern Heuristic Optimization Techniques**, IEEE Press, Piscataway, NJ, 2008.



MICHALEWICZ, Z.; SCHMIDT, M. **Evolutionary Algorithms and Constrained Optimization**, IEEE Press, Piscataway, NJ, 2008.

MILBRADT, R.G., **Métodos e Algoritmos para Ajustes dos Meios Básicos para Controle de Tensão em Sistemas de Distribuição** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MONTEIRO, T. C.; GALASSI, M.; GIARETTA, A. R.; OLIVEIRA, M. A.; MARTINZ, F. O.; BORGES, W. M.; MASUDA, M.; AHN, S.U.; JARDINI, J. A.; MATAKAS JR, L.; KOMATSU, W.; CAMARGO, J., **Desenvolvimento e Implementação de Soluções FACDS no Sistema da CPFL FACDS Flexible Alternating Current Distribution Systems**, IV CITENEL, Araxá, MG, Novembro de 2007.

PEREIRA, P.R.S.; CANHA, L. N., **Otimização dos Ajustes de Reguladores de Tensão em Redes com Acentuada Variação de Carga**, VIII INDUSCON, Poços de Caldas, MG, Agosto de 2008.

PEREIRA, P.R.S.; LIMA, D. O.; BOHN, T.; SILVEIRA, L. C.; ABAIDE, A. R.; CANHA, L. N. **Otimização dos ajustes de reguladores de tensão aplicados em redes de distribuição com acentuada variação de carga, visando atender a legislação e a satisfação dos clientes**, XVIII SENDI, Recife, PE, Outubro de 2008.

RAO, S. S., **Engineering Optimization Theory and Practice**, Idiana, 1996.

REINHAUSEN, **Voltage Regulator TAPCON 230V**, Germany.

RODRIGUES, M. G., **Otimização de Operação dos Meios Básicos de Controle de Tensão em Sistemas de Distribuição** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SIEMENS, **Painel de Controle do Regulador de Tensão MJ-XL™**, Maio 2003.

SOARES, R. G.; SOARES, S. S. **Aplicativo Para Gestão das Medições de Nível de Tensão de Fornecimento de Elétrica, Amostras e/ou Solicitadas Estabelecidas pela Resolução ANEEL 505 de 26 de Novembro de 2001**, XVII SENDI, Belo Horizonte, MG, Agosto de 2006.

SPATTI, D. H., SILVA, I. N. da, USIDA, W. F. e BENICHIO, V., **Sistema Inteligente Para Controle Automático de Relés Reguladores de Tensão**, XVII SENDI, Salvador, BA, Outubro de 2006.

TOSHIBA **Instruções Para Operação dos Relés Reguladores TB-R800A**, 2002.

TOSHIBA **O que Interessa Saber Sobre os Reguladores de Tensão Monofásicos de 32 Degraus**, [S.L.], [S.D].

VIANA, V. **Meta-Heurísticas e Programação Paralela em Otimização Combinatória**, EFC Edições, Fortaleza, 1998.

## ANEXO A

### Relatório de Zonas de TAP – Situação Atual

Na tabela abaixo, estão apresentados os resultados da avaliação de zonas de TAP para a configuração inicial do alimentador.

Transformador	TAP Indicado	Nota do TAP	Tensão nos Patamares Analisados				Notas		
			Madrugada	Manhã	Tarde	Noite	TAP1	TAP2	TAP3
1029.4-14	1	1,000	23,07	23,06	23,06	23,04	1,000	0,983	0,619
55.8-14	1	1,000	23,07	23,06	23,06	23,04	1,000	0,983	0,619
7805.1-14	1	1,000	23,09	23,09	23,09	23,08	1,000	0,974	0,609
71.0-14	1	1,000	23,06	23,04	23,05	23,02	1,000	0,987	0,623
6092.5-14	1	1,000	23,09	23,09	23,09	23,08	1,000	0,974	0,609
1004.9-14	1	1,000	23,09	23,09	23,09	23,08	1,000	0,974	0,609
4120.3-14	1	1,000	23,03	22,99	23,02	22,96	1,000	0,996	0,636
125.2-14	1	1,000	23,03	22,98	23,01	22,94	1,000	0,998	0,640
62.1-14	2	1,000	22,77	22,58	22,68	22,43	1,000	1,000	0,759
59.1-14	2	1,000	22,69	22,45	22,57	22,25	1,000	1,000	0,798
1018.9-14	1	1,000	23,02	22,97	23,00	22,94	1,000	0,998	0,642
46.9-14	1	1,000	23,04	23,02	23,03	22,99	1,000	0,993	0,631
15.9-14	1	1,000	23,04	23,02	23,03	22,99	1,000	0,993	0,631
1014.6-14	1	1,000	23,06	23,03	23,04	23,02	1,000	0,989	0,625
102.3-14	1	1,000	23,06	23,03	23,04	23,02	1,000	0,989	0,625
3541.6-14	2	1,000	22,60	22,30	22,42	21,98	0,994	1,000	0,850
3542.4-14	2	1,000	22,72	22,53	22,66	22,45	1,000	1,000	0,766
17966.3-14	2	1,000	22,60	22,30	22,42	21,98	0,994	1,000	0,850
7054.8-14	2	1,000	22,57	22,26	22,42	22,02	0,995	1,000	0,852
6.0-14	2	1,000	22,54	22,21	22,38	21,95	0,993	1,000	0,868
180.5-62	2	1,000	22,68	22,57	22,54	22,36	1,000	1,000	0,783
24.8-14	2	1,000	22,65	22,39	22,53	22,18	1,000	1,000	0,815
47.7-14	2	1,000	22,60	22,29	22,42	21,97	0,993	1,000	0,852
23.0-14	2	1,000	22,66	22,42	22,54	22,22	1,000	1,000	0,808
40.0-14	2	1,000	22,66	22,42	22,54	22,22	1,000	1,000	0,808
39.6-14	2	1,000	22,66	22,42	22,54	22,22	1,000	1,000	0,808
21.3-14	2	1,000	22,66	22,42	22,54	22,22	1,000	1,000	0,808
22.1-14	2	1,000	22,60	22,30	22,42	21,97	0,993	1,000	0,851
81.7-14	2	1,000	22,59	22,28	22,40	21,95	0,993	1,000	0,856
18776.3-14	2	1,000	22,60	22,30	22,42	21,98	0,994	1,000	0,850
82.5-14	2	1,000	22,66	22,40	22,53	22,19	1,000	1,000	0,813
83.3-14	2	1,000	22,65	22,39	22,52	22,17	1,000	1,000	0,816
84.1-14	2	1,000	22,65	22,39	22,52	22,17	1,000	1,000	0,816
89.2-14	2	1,000	22,65	22,39	22,52	22,16	1,000	1,000	0,817

75.2-14	2	1,000	22,59	22,27	22,39	21,93	0,992	1,000	0,859
9.4-14	2	1,000	22,76	22,57	22,66	22,40	1,000	1,000	0,764
8608.8-14	2	1,000	22,71	22,47	22,56	22,21	1,000	1,000	0,799
10.8-14	2	1,000	22,76	22,57	22,66	22,40	1,000	1,000	0,765
8611.8-14	2	1,000	22,76	22,57	22,66	22,40	1,000	1,000	0,765
13.2-14	2	1,000	22,76	22,57	22,66	22,40	1,000	1,000	0,765
118.0-14	2	1,000	22,76	22,56	22,66	22,40	1,000	1,000	0,766
73.6-14	2	1,000	22,81	22,64	22,73	22,50	1,000	1,000	0,741
7640.6-14	2	1,000	22,43	22,01	22,18	21,58	0,974	1,000	0,916
94.9-62	2	1,000	22,66	22,56	22,56	22,43	1,000	1,000	0,779
17763.6-62	2	1,000	22,52	22,31	22,32	22,00	0,994	1,000	0,862
8682.7-14	2	1,000	22,44	22,04	22,20	21,61	0,976	1,000	0,911
92.2-14	2	1,000	22,44	22,04	22,20	21,61	0,976	1,000	0,911
6031.3-62	2	1,000	22,76	22,71	22,69	22,63	1,000	1,000	0,733
106.6-66	2	1,000	22,73	22,65	22,61	22,47	1,000	1,000	0,758
72.8-14	2	1,000	22,56	22,25	22,40	21,98	0,994	1,000	0,858
8468.9-14	2	1,000	22,60	22,29	22,41	21,96	0,993	1,000	0,853
43.4-14	2	1,000	22,60	22,30	22,42	21,98	0,994	1,000	0,850
114.7-14	2	1,000	22,60	22,30	22,42	21,98	0,994	1,000	0,850
6893.4-62	2	1,000	22,71	22,47	22,56	22,21	1,000	1,000	0,799
19.1-14	2	1,000	22,71	22,47	22,56	22,21	1,000	1,000	0,799
55.8-62	2	1,000	22,71	22,47	22,56	22,21	1,000	1,000	0,799
136.8-14	2	1,000	22,76	22,56	22,65	22,39	1,000	1,000	0,767
8881.1-62	2	1,000	22,47	22,26	22,36	22,10	0,998	1,000	0,859
4750.3-62	2	1,000	22,50	22,32	22,39	22,16	1,000	1,000	0,844
1004.9-62	2	1,000	22,50	22,32	22,40	22,16	1,000	1,000	0,843
7669.4-62	2	1,000	22,50	22,32	22,40	22,16	1,000	1,000	0,843
6034.8-62	2	1,000	22,53	22,36	22,39	22,18	1,000	1,000	0,838
17762.8-62	2	1,000	22,47	22,24	22,26	21,90	0,991	1,000	0,884
6051.8-62	2	1,000	22,53	22,35	22,39	22,17	1,000	1,000	0,841
6589.7-62	2	1,000	22,52	22,35	22,42	22,18	1,000	1,000	0,836
6036.4-62	2	1,000	22,52	22,35	22,42	22,18	1,000	1,000	0,836
17285.5-62	2	1,000	22,47	22,23	22,25	21,88	0,990	1,000	0,887
6070.4-62	2	1,000	22,51	22,33	22,37	22,13	0,999	1,000	0,848
6077.1-62	2	1,000	22,51	22,33	22,37	22,13	0,999	1,000	0,848
6078.0-62	2	1,000	22,52	22,34	22,40	22,17	1,000	1,000	0,839
6076.3-62	2	1,000	22,51	22,32	22,36	22,12	0,999	1,000	0,850
5432.1-62	2	1,000	22,45	22,19	22,21	21,82	0,988	1,000	0,897
131.7-62	2	1,000	22,45	22,19	22,21	21,82	0,988	1,000	0,897
6098.4-62	2	1,000	22,45	22,19	22,21	21,82	0,988	1,000	0,897
6089.5-62	2	1,000	22,51	22,32	22,36	22,12	0,999	1,000	0,850
6097.6-62	2	1,000	22,51	22,32	22,36	22,12	0,999	1,000	0,850
106.6-62	2	1,000	22,44	22,23	22,33	22,05	0,996	1,000	0,870
4760.1-62	2	1,000	22,43	22,22	22,32	22,03	0,996	1,000	0,874
6792.0-62	2	1,000	22,40	22,16	22,28	21,97	0,993	1,000	0,888
6891.8-62	2	1,000	22,39	22,15	22,27	21,96	0,993	1,000	0,891
6890.0-62	2	1,000	22,39	22,15	22,27	21,95	0,993	1,000	0,893
158.9-62	2	1,000	22,38	22,14	22,26	21,93	0,991	1,000	0,897
117.1-62	2	1,000	22,28	22,00	22,15	21,77	0,980	1,000	0,931
134.1-62	2	1,000	22,39	22,15	22,27	21,95	0,993	1,000	0,893
17027.5-62	2	1,000	22,18	21,79	21,89	21,31	0,947	1,000	0,971
4765.1-62	2	1,000	22,50	22,32	22,39	22,16	1,000	1,000	0,844
17730.0-62	2	1,000	22,45	22,19	22,21	21,82	0,988	1,000	0,897
17050.0-62	2	1,000	22,45	22,19	22,21	21,82	0,988	1,000	0,897

9752.7-62	2	1,000	22,45	22,20	22,21	21,83	0,988	1,000	0,897
6048.8-62	2	1,000	22,52	22,35	22,41	22,17	1,000	1,000	0,838
8556.1-62	2	1,000	22,52	22,35	22,41	22,17	1,000	1,000	0,838
174.1-62	2	1,000	22,52	22,35	22,41	22,17	1,000	1,000	0,838
5578.6-62	2	1,000	22,45	22,19	22,21	21,82	0,988	1,000	0,897
6099.2-62	2	1,000	22,51	22,32	22,36	22,12	0,999	1,000	0,850
6046.1-62	2	1,000	22,51	22,32	22,36	22,12	0,999	1,000	0,850
123.6-62	2	1,000	22,51	22,32	22,36	22,12	0,999	1,000	0,850
6049.6-62	2	1,000	22,51	22,33	22,37	22,13	0,999	1,000	0,848
49.3-62	2	1,000	22,45	22,20	22,21	21,83	0,988	1,000	0,897
6050.0-62	2	1,000	22,51	22,33	22,37	22,13	0,999	1,000	0,848
6066.6-62	2	1,000	22,51	22,33	22,37	22,13	0,999	1,000	0,848
6071.2-62	2	1,000	22,51	22,33	22,36	22,13	0,999	1,000	0,848
6067.4-62	2	1,000	22,51	22,33	22,36	22,12	0,999	1,000	0,849
6042.9-62	2	1,000	22,51	22,33	22,37	22,13	0,999	1,000	0,848
6044.5-62	2	1,000	22,51	22,33	22,37	22,13	0,999	1,000	0,848
6047.0-62	2	1,000	22,51	22,32	22,36	22,11	0,998	1,000	0,851
6045.3-62	2	1,000	22,51	22,32	22,36	22,12	0,999	1,000	0,850
3522.0-62	2	1,000	22,51	22,33	22,37	22,13	0,999	1,000	0,848
8673.8-14	2	1,000	22,45	22,20	22,22	21,83	0,988	1,000	0,896
8891.9-14	2	1,000	22,45	22,20	22,22	21,83	0,988	1,000	0,896
5441.1-62	2	1,000	22,24	21,92	22,09	21,67	0,972	1,000	0,945
6023.2-62	2	1,000	22,23	21,90	22,04	21,62	0,968	1,000	0,952
6022.4-62	2	1,000	22,15	21,79	21,95	21,49	0,955	1,000	0,969
6083.6-62	2	1,000	22,03	21,63	21,86	21,32	0,936	1,000	0,985
6094.1-62	2	1,000	22,33	22,23	22,23	22,14	1,000	1,000	0,879
1009.0-62	2	1,000	22,34	22,04	22,10	21,64	0,976	1,000	0,927
7825.5-62	2	1,000	22,42	22,20	22,30	22,01	0,995	1,000	0,879
163.5-62	2	1,000	22,42	22,20	22,30	22,01	0,995	1,000	0,879
1005.7-62	2	1,000	22,41	22,19	22,30	22,01	0,995	1,000	0,880
139.2-62	2	1,000	22,45	22,24	22,34	22,07	0,997	1,000	0,867
6793.8-62	2	1,000	22,50	22,30	22,38	22,15	1,000	1,000	0,847
133.3-62	2	1,000	22,50	22,32	22,39	22,15	1,000	1,000	0,845
4761.9-62	2	1,000	22,49	22,30	22,38	22,14	0,999	1,000	0,849
51.5-62	2	1,000	22,49	22,30	22,38	22,15	1,000	1,000	0,848
1003.1-62	2	1,000	22,49	22,30	22,38	22,14	0,999	1,000	0,849
1.9-62	2	1,000	22,49	22,30	22,38	22,14	0,999	1,000	0,849
17341.0-62	2	1,000	22,49	22,30	22,38	22,13	0,999	1,000	0,850
125.2-62	2	1,000	22,49	22,30	22,38	22,13	0,999	1,000	0,850
170.8-62	2	1,000	22,49	22,30	22,38	22,13	0,999	1,000	0,850
17237.5-62	2	1,000	22,45	22,20	22,22	21,83	0,988	1,000	0,896
3521.1-62	2	1,000	22,44	22,17	22,19	21,78	0,987	1,000	0,901
6053.4-62	2	1,000	22,51	22,31	22,35	22,10	0,998	1,000	0,853
6052.6-62	2	1,000	22,51	22,31	22,34	22,10	0,998	1,000	0,854
182.1-62	2	1,000	22,44	22,17	22,18	21,78	0,987	1,000	0,902
5506.9-62	2	1,000	22,51	22,31	22,34	22,10	0,998	1,000	0,854
5414.3-62	2	1,000	22,50	22,31	22,34	22,10	0,998	1,000	0,854
17337.1-62	2	1,000	22,44	22,17	22,18	21,78	0,987	1,000	0,902
5479.8-62	2	1,000	22,18	22,01	22,05	21,84	0,980	1,000	0,946
151.1-9	2	1,000	22,12	21,92	21,98	21,73	0,969	1,000	0,963
6095.0-62	2	1,000	22,24	22,08	22,10	21,93	0,987	1,000	0,925
150.3-9	2	1,000	22,08	21,85	21,93	21,65	0,960	1,000	0,976
2.7-9	2	1,000	21,91	21,56	21,62	21,16	0,915	1,000	0,995
9273.8-62	2	1,000	22,14	21,72	21,84	21,23	0,940	1,000	0,977

5464.0-62	2	1,000	22,07	21,67	21,89	21,37	0,942	1,000	0,980
6084.4-62	2	1,000	22,33	22,23	22,24	22,15	1,000	1,000	0,877
6019.4-62	2	1,000	22,31	22,18	22,18	22,04	0,996	1,000	0,897
6086.1-62	2	1,000	22,06	21,66	21,85	21,33	0,938	1,000	0,984
6017.8-62	2	1,000	22,11	21,73	21,90	21,42	0,948	1,000	0,976
8892.7-62	2	1,000	22,23	21,90	22,04	21,62	0,968	1,000	0,952
6018.6-62	2	1,000	22,23	21,92	22,09	21,67	0,972	1,000	0,945
161.9-62	2	1,000	22,13	21,72	21,84	21,23	0,939	1,000	0,978
132.5-62	2	1,000	22,14	21,72	21,84	21,23	0,940	1,000	0,977
5442.9-62	2	1,000	22,22	21,89	22,03	21,61	0,966	1,000	0,954
162.7-62	2	1,000	22,13	21,71	21,82	21,20	0,937	1,000	0,978
6220.1-62	2	1,000	22,13	21,71	21,82	21,21	0,938	1,000	0,978
159.7-62	2	1,000	22,23	21,91	22,07	21,65	0,970	1,000	0,948
5462.3-62	2	1,000	22,22	21,89	22,02	21,60	0,966	1,000	0,955
5443.7-62	2	1,000	22,23	21,91	22,07	21,65	0,970	1,000	0,949
157.1-62	2	1,000	22,23	21,91	22,07	21,65	0,970	1,000	0,949
5440.2-62	2	1,000	22,22	21,91	22,07	21,64	0,970	1,000	0,949
6892.6-62	2	1,000	22,22	21,91	22,07	21,64	0,970	1,000	0,949
72.8-66	2	1,000	22,41	22,19	22,30	22,01	0,995	1,000	0,880
6027.5-62	2	1,000	22,41	22,17	22,25	21,96	0,993	1,000	0,891
4772.4-62	2	1,000	22,41	22,17	22,25	21,95	0,993	1,000	0,892
144.9-62	2	1,000	22,33	22,03	22,09	21,62	0,974	1,000	0,929
68.0-62	2	1,000	22,40	22,17	22,24	21,95	0,993	1,000	0,893
6129.8-62	2	1,000	22,40	22,17	22,24	21,95	0,993	1,000	0,893
156.2-62	2	1,000	22,33	22,02	22,08	21,61	0,973	1,000	0,931
17154.9-62	2	1,000	22,34	22,03	22,09	21,62	0,974	1,000	0,928
6806.3-62	2	1,000	22,34	22,03	22,09	21,62	0,974	1,000	0,928
8639.8-62	2	1,000	22,40	22,16	22,24	21,94	0,992	1,000	0,894
18537.0-62	2	1,000	22,40	22,16	22,24	21,94	0,992	1,000	0,895
18136.6-66	2	1,000	22,33	22,02	22,08	21,60	0,973	1,000	0,931
5507.7-62	2	1,000	22,40	22,16	22,24	21,94	0,992	1,000	0,895
18538.8-62	2	1,000	22,40	22,16	22,24	21,94	0,992	1,000	0,895
6088.7-62	2	1,000	22,40	22,16	22,24	21,94	0,992	1,000	0,895
3526.2-62	2	1,000	22,40	22,16	22,24	21,93	0,992	1,000	0,896
73.6-66	2	1,000	22,40	22,16	22,24	21,93	0,992	1,000	0,896
17410.6-62	2	1,000	22,40	22,16	22,24	21,93	0,992	1,000	0,896
6087.9-62	2	1,000	22,40	22,16	22,24	21,93	0,992	1,000	0,896
6021.6-62	2	1,000	22,41	22,17	22,26	21,96	0,993	1,000	0,890
6028.3-62	2	1,000	22,41	22,18	22,26	21,96	0,993	1,000	0,890
6030.5-62	2	1,000	22,40	22,17	22,25	21,96	0,993	1,000	0,892
6038.1-62	2	1,000	22,40	22,19	22,30	22,00	0,994	1,000	0,883
1006.5-62	2	1,000	22,40	22,19	22,30	22,00	0,994	1,000	0,883
6025.9-62	2	1,000	22,40	22,17	22,25	21,95	0,993	1,000	0,893
6024.1-62	2	1,000	22,40	22,17	22,25	21,95	0,993	1,000	0,893
6026.7-62	2	1,000	22,40	22,19	22,30	22,00	0,994	1,000	0,883
1001.4-62	2	1,000	22,40	22,19	22,30	22,00	0,994	1,000	0,883
6032.1-62	2	1,000	22,41	22,18	22,26	21,97	0,993	1,000	0,889
124.4-62	2	1,000	22,49	22,30	22,38	22,13	0,999	1,000	0,850
1000.6-62	2	1,000	22,49	22,30	22,37	22,13	0,999	1,000	0,851
9299.1-62	2	1,000	22,49	22,30	22,37	22,13	0,999	1,000	0,851
4762.7-62	2	1,000	22,49	22,30	22,38	22,13	0,999	1,000	0,849
6984.1-62	2	1,000	22,49	22,30	22,38	22,13	0,999	1,000	0,849
18032.7-62	2	1,000	22,44	22,17	22,18	21,78	0,987	1,000	0,902
17692.3-62	2	1,000	22,44	22,17	22,18	21,78	0,987	1,000	0,902

17335.5-62	2	1,000	22,44	22,17	22,19	21,78	0,987	1,000	0,901
8593.6-62	2	1,000	22,44	22,17	22,19	21,78	0,987	1,000	0,901
54.0-62	2	1,000	22,43	22,17	22,18	21,77	0,986	1,000	0,903
53.1-62	2	1,000	22,43	22,17	22,18	21,77	0,986	1,000	0,903
6068.2-62	2	1,000	22,43	22,17	22,18	21,76	0,986	1,000	0,903
9658.0-62	2	1,000	22,43	22,16	22,18	21,76	0,986	1,000	0,904
6056.9-62	2	1,000	22,50	22,31	22,34	22,09	0,998	1,000	0,855
6057.7-62	2	1,000	22,50	22,31	22,34	22,09	0,998	1,000	0,855
73.6-62	2	1,000	22,50	22,31	22,34	22,09	0,998	1,000	0,855
3538.6-62	2	1,000	22,43	22,17	22,18	21,77	0,986	1,000	0,903
74.4-62	2	1,000	22,50	22,31	22,34	22,09	0,998	1,000	0,855
155.4-62	2	1,000	22,43	22,16	22,18	21,76	0,986	1,000	0,904
6058.5-62	2	1,000	22,51	22,31	22,34	22,10	0,998	1,000	0,854
7732.1-62	2	1,000	22,44	22,17	22,19	21,78	0,987	1,000	0,901
17340.1-62	2	1,000	22,44	22,17	22,19	21,78	0,987	1,000	0,901
17299.5-9	2	1,000	22,06	21,83	21,93	21,69	0,960	1,000	0,977
144.9-9	2	1,000	21,99	21,72	21,83	21,50	0,943	1,000	0,989
143.1-9	2	1,000	21,98	21,73	21,85	21,57	0,947	1,000	0,989
17283.9-9	2	1,000	21,90	21,59	21,72	21,34	0,926	1,000	0,996
142.2-9	2	1,000	21,90	21,61	21,76	21,43	0,932	1,000	0,996
141.4-9	2	1,000	21,86	21,55	21,71	21,36	0,923	1,000	0,999
136.8-9	3	1,000	21,75	21,39	21,60	21,18	0,904	1,000	1,000
135.0-9	2	1,000	22,24	22,20	22,22	22,06	0,997	1,000	0,896
140.6-9	2	1,000	22,18	22,11	22,15	21,96	0,991	1,000	0,921
9597.4-9	2	1,000	22,02	21,80	21,85	21,36	0,943	1,000	0,987
110.4-9	2	1,000	22,12	22,02	22,10	21,87	0,982	1,000	0,944
17200.6-9	2	1,000	22,12	22,04	22,10	21,88	0,983	1,000	0,942
1002.2-9	2	1,000	22,12	22,04	22,10	21,88	0,983	1,000	0,942
183.0-9	2	1,000	22,12	22,04	22,10	21,88	0,983	1,000	0,942
196.1-9	2	1,000	22,12	22,04	22,10	21,88	0,983	1,000	0,942
5466.6-62	2	1,000	22,27	22,14	22,17	22,04	0,995	1,000	0,903
9378.5-62	2	1,000	22,14	21,72	21,84	21,23	0,940	1,000	0,977
8659.2-62	2	1,000	22,14	21,73	21,84	21,23	0,940	1,000	0,977
141.4-62	2	1,000	22,14	21,73	21,84	21,23	0,940	1,000	0,977
5367.8-62	2	1,000	22,13	21,71	21,82	21,21	0,938	1,000	0,978
5435.6-62	2	1,000	22,19	21,84	21,96	21,50	0,958	1,000	0,965
5438.1-62	2	1,000	22,19	21,84	21,96	21,50	0,958	1,000	0,965
5437.2-62	2	1,000	22,19	21,84	21,96	21,50	0,958	1,000	0,965
5434.8-62	2	1,000	22,19	21,85	21,97	21,52	0,959	1,000	0,964
5410.1-62	2	1,000	22,20	21,85	21,98	21,52	0,960	1,000	0,963
5439.9-62	2	1,000	22,19	21,84	21,97	21,51	0,959	1,000	0,964
5460.7-62	2	1,000	22,22	21,90	22,06	21,63	0,969	1,000	0,950
5458.5-62	2	1,000	22,22	21,91	22,07	21,64	0,970	1,000	0,949
17465.3-62	2	1,000	22,22	21,91	22,06	21,64	0,969	1,000	0,949
150.3-62	2	1,000	22,22	21,89	22,02	21,59	0,965	1,000	0,955
18541.8-62	2	1,000	22,33	22,02	22,07	21,60	0,972	1,000	0,931
18118.8-62	2	1,000	22,33	22,02	22,07	21,60	0,972	1,000	0,931
9729.2-62	2	1,000	22,33	22,01	22,07	21,60	0,972	1,000	0,932
5413.5-62	2	1,000	22,33	22,01	22,07	21,59	0,972	1,000	0,932
113.9-66	2	1,000	22,33	22,02	22,08	21,61	0,973	1,000	0,931
4769.4-62	2	1,000	22,49	22,30	22,37	22,13	0,999	1,000	0,851
8239.2-62	2	1,000	22,49	22,30	22,37	22,13	0,999	1,000	0,851
4755.4-62	2	1,000	22,49	22,30	22,37	22,12	0,999	1,000	0,852
114.7-62	2	1,000	22,48	22,29	22,37	22,11	0,999	1,000	0,853

4766.0-62	2	1,000	22,48	22,29	22,37	22,11	0,999	1,000	0,853
4763.5-62	2	1,000	22,48	22,29	22,37	22,11	0,999	1,000	0,853
4756.2-62	2	1,000	22,48	22,29	22,37	22,11	0,999	1,000	0,853
17303.7-62	2	1,000	22,43	22,16	22,18	21,76	0,986	1,000	0,904
17302.9-62	2	1,000	22,43	22,16	22,18	21,76	0,986	1,000	0,904
17238.3-62	2	1,000	22,43	22,17	22,18	21,77	0,986	1,000	0,903
17013.5-62	2	1,000	22,43	22,17	22,18	21,77	0,986	1,000	0,903
17014.3-62	2	1,000	22,43	22,17	22,18	21,77	0,986	1,000	0,903
17015.1-62	2	1,000	22,43	22,17	22,18	21,77	0,986	1,000	0,903
9704.7-62	2	1,000	22,43	22,17	22,18	21,77	0,986	1,000	0,903
6059.3-62	2	1,000	22,43	22,17	22,18	21,78	0,987	1,000	0,903
135.0-62	2	1,000	22,43	22,17	22,18	21,78	0,987	1,000	0,903
17209.0-9	2	1,000	22,14	22,04	22,10	21,89	0,984	1,000	0,940
1013.8-9	2	1,000	22,14	22,04	22,10	21,89	0,984	1,000	0,940
8500.6-9	2	1,000	22,14	22,04	22,10	21,89	0,984	1,000	0,940
44.2-9	2	1,000	22,10	21,99	22,06	21,83	0,977	1,000	0,952
128.7-9	2	1,000	22,09	21,98	22,05	21,81	0,975	1,000	0,955
112.1-9	2	1,000	22,09	21,98	22,05	21,81	0,975	1,000	0,955
89.2-9	2	1,000	22,09	21,98	22,05	21,81	0,975	1,000	0,955
43.4-9	2	1,000	22,06	21,93	22,03	21,77	0,970	1,000	0,963
193.7-9	2	1,000	22,06	21,94	22,03	21,77	0,971	1,000	0,962
17421.1-9	2	1,000	22,06	21,93	22,03	21,77	0,970	1,000	0,963
181.3-9	2	1,000	22,05	21,91	22,00	21,74	0,967	1,000	0,967
185.6-9	2	1,000	22,05	21,92	22,01	21,74	0,968	1,000	0,966
1001.4-9	2	1,000	22,06	21,93	22,03	21,77	0,970	1,000	0,963
17716.4-9	2	1,000	22,04	21,91	22,00	21,73	0,966	1,000	0,969
189.9-9	2	1,000	22,03	21,90	21,98	21,71	0,965	1,000	0,971
6559.5-9	2	1,000	22,06	21,93	22,02	21,77	0,970	1,000	0,963
1004.9-9	2	1,000	22,06	21,93	22,02	21,77	0,970	1,000	0,963
42.6-9	2	1,000	22,03	21,90	21,99	21,73	0,966	1,000	0,970
8804.8-9	2	1,000	22,04	21,91	22,00	21,73	0,966	1,000	0,969
1003.1-9	2	1,000	22,03	21,90	21,99	21,73	0,965	1,000	0,971
9385.8-9	2	1,000	22,03	21,90	21,99	21,73	0,965	1,000	0,971
133.3-9	2	1,000	22,14	22,05	22,11	21,89	0,985	1,000	0,938
17214.6-9	2	1,000	22,14	22,04	22,11	21,89	0,984	1,000	0,938
134.1-9	2	1,000	22,14	22,04	22,11	21,89	0,984	1,000	0,938
18225.7-9	2	1,000	22,14	22,04	22,11	21,89	0,984	1,000	0,938
129.5-9	2	1,000	22,20	22,13	22,17	21,99	0,993	1,000	0,914
164.3-9	2	1,000	22,17	22,06	22,11	21,85	0,984	1,000	0,938
130.9-9	2	1,000	22,19	22,13	22,17	21,99	0,993	1,000	0,915
165.1-9	2	1,000	22,17	22,06	22,11	21,85	0,984	1,000	0,938
195.3-9	2	1,000	22,17	22,06	22,11	21,85	0,984	1,000	0,938
168.6-9	2	1,000	22,17	22,06	22,11	21,85	0,984	1,000	0,938
167.8-9	2	1,000	22,17	22,06	22,11	21,85	0,984	1,000	0,938
137.6-9	3	1,000	21,76	21,38	21,56	21,10	0,899	1,000	1,000
138.4-9	3	1,000	21,81	21,46	21,62	21,19	0,909	1,000	1,000
139.2-9	3	1,000	21,84	21,52	21,69	21,32	0,920	1,000	1,000
145.7-9	2	1,000	21,88	21,55	21,69	21,30	0,921	1,000	0,998
152.0-9	2	1,000	21,90	21,61	21,75	21,43	0,931	1,000	0,996
153.8-9	2	1,000	21,88	21,55	21,69	21,29	0,921	1,000	0,998
17953.1-9	2	1,000	21,90	21,61	21,75	21,42	0,931	1,000	0,996
154.6-9	2	1,000	21,90	21,61	21,75	21,42	0,931	1,000	0,996
155.4-9	2	1,000	21,90	21,60	21,75	21,41	0,930	1,000	0,996
17377.1-9	2	1,000	21,90	21,61	21,75	21,42	0,931	1,000	0,996

160.1-9	2	1,000	21,90	21,60	21,75	21,41	0,930	1,000	0,996
157.1-9	2	1,000	21,90	21,60	21,75	21,41	0,930	1,000	0,996
156.2-9	2	1,000	21,90	21,60	21,75	21,41	0,930	1,000	0,996
146.5-9	2	1,000	21,87	21,54	21,68	21,28	0,920	1,000	0,998
161.9-9	2	1,000	21,90	21,60	21,75	21,41	0,930	1,000	0,996
158.9-9	2	1,000	21,90	21,60	21,75	21,41	0,930	1,000	0,996
162.7-9	2	1,000	21,87	21,54	21,68	21,28	0,920	1,000	0,998
17399.1-9	2	1,000	21,87	21,54	21,68	21,28	0,920	1,000	0,998
163.5-9	2	1,000	21,87	21,54	21,68	21,28	0,920	1,000	0,998
159.7-9	2	1,000	21,87	21,54	21,68	21,28	0,920	1,000	0,998
151.1-62	2	1,000	22,12	21,70	21,81	21,18	0,935	1,000	0,979
17255.3-62	2	0,997	22,07	21,62	21,72	21,03	0,922	0,997	0,983
153.8-62	2	1,000	22,12	21,70	21,81	21,18	0,935	1,000	0,979
1315.3-3	2	1,000	22,19	21,84	21,96	21,50	0,958	1,000	0,965
1314.5-3	2	1,000	22,19	21,84	21,96	21,50	0,958	1,000	0,965
638.6-3	2	1,000	22,19	21,84	21,96	21,50	0,958	1,000	0,965
136.8-62	2	0,997	22,07	21,62	21,72	21,03	0,922	0,997	0,983
138.4-62	2	0,997	22,07	21,62	21,72	21,02	0,922	0,997	0,983
50.7-62	2	1,000	22,42	22,14	22,17	21,77	0,986	1,000	0,907
118.0-62	2	1,000	22,48	22,29	22,36	22,11	0,998	1,000	0,854
5416.0-62	2	1,000	22,48	22,27	22,32	22,06	0,997	1,000	0,864
146.5-62	2	1,000	22,48	22,29	22,36	22,11	0,998	1,000	0,854
5417.8-62	2	1,000	22,48	22,28	22,36	22,10	0,998	1,000	0,856
5436.4-62	2	1,000	22,48	22,27	22,32	22,06	0,996	1,000	0,865
18705.4-62	2	1,000	22,48	22,27	22,32	22,06	0,996	1,000	0,865
6896.9-62	2	1,000	22,48	22,27	22,32	22,06	0,996	1,000	0,865
5407.1-62	2	1,000	22,48	22,27	22,32	22,06	0,996	1,000	0,865
30.2-62	2	1,000	22,48	22,28	22,36	22,09	0,998	1,000	0,857
164.3-62	2	1,000	22,47	22,27	22,31	22,05	0,996	1,000	0,866
31.1-62	2	1,000	22,47	22,27	22,31	22,05	0,996	1,000	0,866
122.8-62	2	1,000	22,41	22,13	22,16	21,75	0,985	1,000	0,909
166.0-62	2	1,000	22,41	22,14	22,16	21,75	0,985	1,000	0,908
171.6-62	2	1,000	22,41	22,14	22,16	21,75	0,985	1,000	0,908
6035.6-62	2	1,000	22,48	22,27	22,32	22,06	0,997	1,000	0,864
6055.1-62	2	1,000	22,47	22,27	22,31	22,05	0,996	1,000	0,866
6054.2-62	2	1,000	22,48	22,29	22,36	22,10	0,998	1,000	0,856
9509.5-62	2	1,000	22,41	22,13	22,15	21,74	0,984	1,000	0,910
6063.1-62	2	1,000	22,47	22,27	22,31	22,05	0,996	1,000	0,867
9358.1-62	2	1,000	22,47	22,26	22,30	22,04	0,996	1,000	0,869
6072.1-62	2	1,000	22,47	22,26	22,30	22,04	0,996	1,000	0,869
145.7-62	2	1,000	22,41	22,13	22,15	21,74	0,984	1,000	0,910
59.1-62	2	1,000	22,47	22,26	22,30	22,03	0,996	1,000	0,870
6069.1-62	2	1,000	22,47	22,26	22,30	22,04	0,996	1,000	0,869
9359.9-62	2	1,000	22,47	22,26	22,30	22,03	0,995	1,000	0,871
6064.0-62	2	1,000	22,47	22,27	22,31	22,04	0,996	1,000	0,867
18918.9-62	2	1,000	22,41	22,12	22,15	21,73	0,983	1,000	0,911
6065.8-62	2	1,000	22,41	22,13	22,15	21,73	0,984	1,000	0,910
6060.7-62	2	1,000	22,47	22,25	22,30	22,03	0,995	1,000	0,871
6113.1-62	2	1,000	22,41	22,12	22,15	21,73	0,983	1,000	0,911
6061.5-62	2	1,000	22,47	22,27	22,31	22,04	0,996	1,000	0,867
127.9-62	2	1,000	22,41	22,13	22,15	21,73	0,984	1,000	0,910
9357.2-62	2	1,000	22,40	22,11	22,13	21,71	0,982	1,000	0,914
6062.3-62	2	1,000	22,47	22,27	22,31	22,04	0,996	1,000	0,868
69.8-62	2	1,000	22,40	22,11	22,13	21,71	0,982	1,000	0,914



6074.7-62	2	1,000	22,47	22,25	22,29	22,02	0,995	1,000	0,872
160.1-62	2	1,000	22,40	22,11	22,13	21,70	0,981	1,000	0,914
1013.8-62	2	1,000	22,47	22,25	22,29	22,02	0,995	1,000	0,872
6073.9-62	2	1,000	22,47	22,25	22,29	22,02	0,995	1,000	0,872
142.2-62	2	1,000	22,40	22,11	22,13	21,70	0,981	1,000	0,914
143.1-62	2	1,000	22,40	22,11	22,13	21,70	0,981	1,000	0,914
6075.5-62	2	1,000	22,47	22,25	22,29	22,02	0,995	1,000	0,872
6096.8-62	2	1,000	22,47	22,25	22,29	22,02	0,995	1,000	0,872
6079.8-62	2	1,000	22,46	22,25	22,29	22,01	0,995	1,000	0,874
182.1-9	2	1,000	22,06	21,93	22,02	21,77	0,970	1,000	0,963
88.4-9	2	1,000	22,06	21,93	22,02	21,77	0,970	1,000	0,963
175.9-9	2	1,000	22,06	21,93	22,02	21,77	0,970	1,000	0,964
9312.2-9	2	1,000	22,06	21,93	22,02	21,77	0,970	1,000	0,964
9311.4-9	2	1,000	22,06	21,93	22,02	21,77	0,970	1,000	0,964
1006.5-9	2	1,000	22,05	21,93	22,02	21,77	0,970	1,000	0,964
1010.3-9	2	1,000	22,05	21,93	22,02	21,77	0,970	1,000	0,964
4782.1-9	2	1,000	22,05	21,92	22,01	21,76	0,969	1,000	0,966
9411.1-9	2	1,000	22,04	21,91	22,01	21,76	0,968	1,000	0,967
3321.9-9	2	1,000	22,04	21,91	22,01	21,76	0,968	1,000	0,967
8602.9-9	2	1,000	22,04	21,91	22,01	21,76	0,968	1,000	0,967
194.5-9	2	1,000	21,88	21,59	21,68	21,09	0,915	1,000	0,998
177.5-9	2	1,000	22,03	21,90	21,99	21,73	0,965	1,000	0,971
40.0-9	2	1,000	22,00	21,84	21,94	21,63	0,957	1,000	0,981
188.1-9	2	1,000	21,98	21,82	21,91	21,60	0,953	1,000	0,985
17438.6-9	2	1,000	22,00	21,83	21,92	21,62	0,955	1,000	0,983
92.2-9	2	1,000	21,88	21,63	21,74	21,30	0,926	1,000	0,998
192.9-9	2	1,000	22,09	21,98	22,05	21,81	0,975	1,000	0,955
1009.0-9	2	1,000	22,09	21,98	22,05	21,81	0,975	1,000	0,955
171.6-9	2	1,000	22,17	22,06	22,11	21,85	0,984	1,000	0,938
604.1-61	2	1,000	22,19	22,13	22,17	21,99	0,993	1,000	0,916
8048.9-61	2	1,000	22,19	22,13	22,17	21,99	0,993	1,000	0,916
172.4-9	2	1,000	22,19	22,12	22,17	21,99	0,993	1,000	0,916
3358.8-61	2	1,000	22,19	22,12	22,17	21,99	0,993	1,000	0,916
9095.6-9	3	1,000	21,74	21,31	21,41	20,84	0,881	0,990	1,000
147.3-9	2	1,000	21,88	21,55	21,69	21,30	0,921	1,000	0,998
148.1-9	2	1,000	21,88	21,55	21,69	21,30	0,921	1,000	0,998
8486.7-9	3	1,000	21,75	21,32	21,43	20,86	0,884	0,991	1,000
8485.9-9	3	1,000	21,75	21,32	21,43	20,86	0,884	0,991	1,000
149.0-9	2	1,000	21,88	21,55	21,69	21,30	0,921	1,000	0,998
17242.1-3	2	0,997	22,07	21,62	21,72	21,03	0,922	0,997	0,983
17241.3-3	2	0,997	22,07	21,62	21,72	21,03	0,922	0,997	0,983
8720.3-62	2	0,997	22,07	21,62	21,72	21,03	0,922	0,997	0,983
17381.9-62	2	0,997	22,07	21,62	21,72	21,03	0,922	0,997	0,983
9824.8-62	2	1,000	22,41	22,14	22,16	21,75	0,985	1,000	0,908
9528.1-62	2	1,000	22,41	22,14	22,16	21,75	0,985	1,000	0,908
6759.8-62	2	1,000	22,48	22,28	22,36	22,09	0,998	1,000	0,857
18038.6-62	2	1,000	22,41	22,13	22,15	21,73	0,984	1,000	0,910
8447.6-62	2	1,000	22,41	22,14	22,16	21,75	0,985	1,000	0,908
8448.4-62	2	1,000	22,41	22,14	22,16	21,75	0,985	1,000	0,908
7053.0-62	2	1,000	22,42	22,15	22,17	21,77	0,986	1,000	0,906
180.5-9	2	1,000	22,02	21,84	21,94	21,62	0,957	1,000	0,979
17459.9-9	2	1,000	22,04	21,91	22,01	21,75	0,967	1,000	0,968
6.0-9	2	1,000	22,04	21,91	22,01	21,74	0,967	1,000	0,968
45.1-9	2	1,000	22,01	21,84	21,94	21,60	0,956	1,000	0,981

18373.3-9	2	1,000	21,88	21,61	21,70	21,13	0,918	1,000	0,998
7780.1-9	2	1,000	22,03	21,91	22,01	21,74	0,967	1,000	0,969
6799.7-9	2	1,000	22,03	21,91	22,00	21,74	0,967	1,000	0,969
5756.8-9	2	1,000	22,03	21,91	22,01	21,74	0,967	1,000	0,969
1011.1-9	2	1,000	22,03	21,90	22,00	21,74	0,966	1,000	0,971
18841.7-9	2	1,000	22,03	21,91	22,00	21,74	0,967	1,000	0,969
1000.6-9	2	1,000	22,03	21,91	22,00	21,74	0,967	1,000	0,969
176.7-9	2	1,000	22,03	21,91	22,00	21,74	0,967	1,000	0,969
8988.5-9	2	1,000	22,03	21,90	22,00	21,74	0,966	1,000	0,971
9413.7-9	2	1,000	22,03	21,91	22,00	21,74	0,967	1,000	0,969
9731.4-9	2	1,000	22,03	21,90	22,00	21,74	0,966	1,000	0,971
17460.2-9	3	1,000	21,81	21,48	21,57	20,91	0,898	0,993	1,000
41.8-9	2	1,000	22,00	21,81	21,90	21,54	0,951	1,000	0,985
90.6-9	2	1,000	22,00	21,81	21,90	21,54	0,951	1,000	0,985
17721.1-9	3	1,000	21,83	21,55	21,67	21,19	0,915	1,000	1,000
111.2-9	2	1,000	21,90	21,70	21,80	21,43	0,936	1,000	0,996
93.1-9	2	1,000	21,88	21,63	21,73	21,29	0,925	1,000	0,998
3.5-9	3	1,000	21,71	21,34	21,43	20,70	0,877	0,985	1,000
2447.3-9	3	1,000	21,71	21,33	21,43	20,69	0,876	0,985	1,000
94.9-9	2	1,000	21,88	21,62	21,73	21,29	0,925	1,000	0,998
8736.0-9	3	1,000	21,71	21,34	21,43	20,70	0,877	0,985	1,000
95.7-9	2	1,000	21,88	21,62	21,73	21,29	0,925	1,000	0,998
17146.8-9	3	1,000	21,71	21,34	21,43	20,70	0,877	0,985	1,000
36.1-9	2	1,000	21,93	21,74	21,84	21,48	0,942	1,000	0,993
35.3-9	2	1,000	21,93	21,74	21,84	21,48	0,942	1,000	0,993
178.3-9	2	1,000	21,93	21,74	21,84	21,48	0,942	1,000	0,994
17449.1-9	2	1,000	21,93	21,74	21,84	21,48	0,942	1,000	0,993
603.3-61	2	1,000	22,17	22,05	22,11	21,85	0,983	1,000	0,939
602.5-61	2	1,000	22,17	22,05	22,11	21,85	0,983	1,000	0,939
18473.0-61	2	1,000	22,05	21,84	21,89	21,42	0,949	1,000	0,981
17245.6-62	2	1,000	22,41	22,14	22,16	21,75	0,985	1,000	0,908
191.1-9	2	1,000	22,03	21,91	22,00	21,74	0,967	1,000	0,969
46.9-9	2	1,000	22,01	21,84	21,94	21,60	0,956	1,000	0,981
8962.1-9	2	1,000	22,03	21,91	22,00	21,73	0,966	1,000	0,969
47.7-9	2	1,000	22,03	21,91	22,00	21,73	0,966	1,000	0,969
50.7-9	2	1,000	22,01	21,83	21,93	21,59	0,955	1,000	0,981
51.5-9	2	1,000	22,01	21,83	21,93	21,59	0,955	1,000	0,981
70.1-9	2	1,000	22,01	21,83	21,93	21,59	0,955	1,000	0,981
52.3-9	2	1,000	22,03	21,90	22,00	21,73	0,966	1,000	0,969
17306.1-9	2	1,000	22,03	21,89	21,99	21,73	0,965	1,000	0,972
71.0-9	2	1,000	22,01	21,83	21,92	21,60	0,954	1,000	0,982
4.3-9	2	1,000	21,87	21,59	21,68	21,11	0,915	1,000	0,998
9339.4-9	2	1,000	21,87	21,58	21,68	21,10	0,915	1,000	0,998
170.8-9	2	1,000	22,01	21,82	21,92	21,59	0,954	1,000	0,982
169.4-9	2	1,000	22,01	21,82	21,92	21,59	0,954	1,000	0,982
17750.4-61	2	1,000	22,02	21,89	21,99	21,73	0,965	1,000	0,972
127.9-9	2	1,000	22,02	21,89	21,99	21,73	0,965	1,000	0,972
9386.6-39	3	1,000	21,66	21,26	21,36	20,59	0,866	0,981	1,000
27.2-39	3	1,000	21,77	21,50	21,62	21,18	0,909	1,000	1,000
26.4-39	3	1,000	21,72	21,44	21,57	21,10	0,901	1,000	1,000
1008.1-39	3	1,000	21,71	21,43	21,56	21,09	0,899	1,000	1,000
8809.9-39	3	1,000	21,71	21,43	21,56	21,09	0,899	1,000	1,000
13.2-39	3	1,000	21,70	21,42	21,54	21,06	0,896	0,998	1,000
2305.1-39	3	1,000	21,70	21,41	21,54	21,06	0,896	0,998	1,000

29.9-39	3	1,000	21,77	21,48	21,60	21,10	0,904	1,000	1,000
28.1-39	3	1,000	21,77	21,49	21,61	21,10	0,905	1,000	1,000
34.5-9	3	1,000	21,77	21,48	21,60	21,09	0,904	1,000	1,000
9043.3-9	3	1,000	21,77	21,48	21,60	21,09	0,904	1,000	1,000
30.2-9	3	1,000	21,77	21,48	21,60	21,09	0,904	1,000	1,000
31.1-9	3	1,000	21,77	21,48	21,60	21,09	0,904	0,999	1,000
17778.4-9	3	1,000	21,77	21,48	21,60	21,08	0,904	0,999	1,000
17779.2-9	3	1,000	21,77	21,48	21,60	21,08	0,904	0,999	1,000
32.9-9	3	1,000	21,77	21,48	21,60	21,08	0,904	0,999	1,000
17780.6-9	3	1,000	21,77	21,48	21,59	21,08	0,904	0,999	1,000
17781.4-9	3	1,000	21,77	21,48	21,59	21,08	0,904	0,999	1,000
17782.2-9	3	1,000	21,77	21,48	21,59	21,08	0,903	0,999	1,000
8397.6-9	3	1,000	21,59	21,15	21,25	20,43	0,850	0,975	1,000
33.7-9	3	1,000	21,77	21,48	21,59	21,08	0,903	0,999	1,000
8627.4-9	2	1,000	21,91	21,66	21,76	21,33	0,930	1,000	0,996
37.0-9	2	1,000	21,91	21,66	21,76	21,33	0,930	1,000	0,996
38.8-9	2	1,000	21,90	21,66	21,76	21,31	0,929	1,000	0,996
179.1-9	2	1,000	21,90	21,66	21,76	21,32	0,929	1,000	0,996
17437.8-9	2	1,000	22,03	21,90	22,00	21,73	0,966	1,000	0,969
17352.5-9	2	1,000	21,88	21,60	21,69	21,12	0,917	1,000	0,998
17353.3-9	2	1,000	21,88	21,60	21,69	21,12	0,917	1,000	0,998
17268.5-70	2	1,000	21,88	21,59	21,68	21,10	0,915	1,000	0,998
17269.3-70	2	1,000	21,88	21,59	21,68	21,10	0,915	1,000	0,998
17144.1-70	2	1,000	21,88	21,59	21,68	21,10	0,915	1,000	0,998
48.5-9	2	1,000	22,01	21,83	21,93	21,59	0,955	1,000	0,981
49.3-9	2	1,000	22,01	21,83	21,93	21,59	0,955	1,000	0,981
105.8-9	2	1,000	22,01	21,82	21,92	21,59	0,954	1,000	0,982
69.8-9	2	1,000	22,00	21,82	21,92	21,59	0,954	1,000	0,983
9728.4-9	2	1,000	21,87	21,58	21,68	21,10	0,915	1,000	0,998
485.5-61	2	1,000	22,00	21,82	21,92	21,59	0,954	1,000	0,983
131.7-9	2	1,000	22,00	21,82	21,92	21,59	0,954	1,000	0,983
132.5-9	2	1,000	22,00	21,82	21,92	21,59	0,953	1,000	0,983
9746.2-9	2	1,000	21,87	21,59	21,68	21,11	0,915	1,000	0,998
9522.2-9	2	1,000	21,87	21,58	21,68	21,10	0,915	1,000	0,998
7148.0-61	2	1,000	22,02	21,89	21,99	21,73	0,965	1,000	0,972
585.1-61	2	1,000	22,02	21,89	21,99	21,73	0,965	1,000	0,972
18.3-39	3	1,000	21,67	21,37	21,50	20,99	0,890	0,996	1,000
436.7-39	3	1,000	21,67	21,37	21,50	21,00	0,890	0,996	1,000
18368.7-39	3	1,000	21,67	21,37	21,50	21,00	0,890	0,996	1,000
3518.1-39	3	1,000	21,70	21,42	21,54	21,06	0,897	0,999	1,000
9394.7-39	3	1,000	21,70	21,42	21,54	21,06	0,897	0,999	1,000
3520.3-39	3	1,000	21,70	21,42	21,54	21,06	0,897	0,999	1,000
3517.3-39	3	1,000	21,70	21,41	21,54	21,06	0,896	0,999	1,000
3519.0-39	3	1,000	21,70	21,42	21,54	21,06	0,897	0,999	1,000
8456.5-39	3	1,000	21,70	21,41	21,54	21,06	0,896	0,999	1,000
7808.5-39	3	1,000	21,70	21,41	21,54	21,06	0,896	0,999	1,000
14.1-39	3	1,000	21,71	21,43	21,56	21,09	0,899	1,000	1,000
7824.7-39	3	1,000	21,71	21,43	21,56	21,09	0,899	1,000	1,000
17280.4-9	3	1,000	21,59	21,16	21,26	20,44	0,851	0,975	1,000
17271.5-9	3	1,000	21,59	21,16	21,26	20,44	0,851	0,975	1,000
17375.4-9	3	1,000	21,74	21,37	21,46	20,73	0,881	0,986	1,000
3516.5-9	3	1,000	21,74	21,37	21,46	20,73	0,881	0,986	1,000
39.6-9	2	1,000	21,90	21,65	21,75	21,31	0,928	1,000	0,996
187.2-9	3	1,000	21,73	21,35	21,44	20,71	0,879	0,985	1,000

594.1-70	2	1,000	21,90	21,65	21,75	21,30	0,928	1,000	0,996
1922.4-70	2	1,000	21,90	21,65	21,75	21,30	0,928	1,000	0,996
17551.0-9	2	1,000	21,88	21,59	21,68	21,10	0,915	1,000	0,998
17328.2-9	2	1,000	21,88	21,59	21,68	21,10	0,915	1,000	0,998
9078.6-61	2	1,000	22,00	21,82	21,92	21,59	0,954	1,000	0,983
9040.9-39	3	1,000	21,67	21,37	21,50	21,00	0,890	0,996	1,000
69.8-39	3	1,000	21,67	21,37	21,50	20,99	0,890	0,996	1,000
186.4-39	3	1,000	21,67	21,37	21,50	20,99	0,890	0,996	1,000
242.9-39	3	1,000	21,44	20,94	21,05	20,12	0,819	0,955	1,000
8714.9-39	3	1,000	21,67	21,37	21,50	20,99	0,890	0,996	1,000
4.3-39	3	1,000	21,67	21,37	21,50	20,98	0,889	0,996	1,000
17836.5-39	3	1,000	21,65	21,30	21,43	20,83	0,878	0,990	1,000
6877.2-39	3	1,000	21,67	21,37	21,50	20,98	0,889	0,996	1,000
5.1-39	3	1,000	21,67	21,37	21,49	20,98	0,889	0,996	1,000
17086.1-39	3	1,000	21,67	21,37	21,49	20,98	0,889	0,996	1,000
2.7-39	3	1,000	21,65	21,30	21,42	20,84	0,878	0,990	1,000
9537.1-39	3	1,000	21,44	20,94	21,04	20,11	0,818	0,955	1,000
148.1-30	3	1,000	21,44	20,94	21,04	20,11	0,818	0,955	1,000
43.4-30	3	1,000	21,65	21,30	21,42	20,84	0,878	0,990	1,000
42.6-30	3	1,000	21,65	21,30	21,42	20,84	0,878	0,990	1,000
1.9-39	3	1,000	21,67	21,37	21,50	20,99	0,890	0,996	1,000
44.2-30	3	1,000	21,65	21,30	21,42	20,84	0,878	0,990	1,000
3.5-39	3	1,000	21,65	21,30	21,42	20,84	0,878	0,990	1,000
9534.6-39	3	1,000	21,44	20,94	21,04	20,11	0,818	0,955	1,000
9535.4-39	3	1,000	21,44	20,94	21,04	20,11	0,818	0,955	1,000
9536.2-39	3	1,000	21,44	20,94	21,04	20,11	0,818	0,955	1,000
1007.3-39	3	1,000	21,67	21,37	21,49	20,99	0,889	0,996	1,000
6.0-39	3	1,000	21,66	21,36	21,48	20,96	0,887	0,995	1,000
8253.8-39	3	1,000	21,65	21,35	21,47	20,94	0,885	0,994	1,000
18632.5-39	3	1,000	21,65	21,34	21,47	20,94	0,885	0,994	1,000
8578.2-39	3	1,000	21,64	21,33	21,45	20,90	0,882	0,993	1,000
8.6-39	3	1,000	21,61	21,24	21,36	20,74	0,869	0,986	1,000
9.4-39	3	1,000	21,60	21,24	21,36	20,72	0,868	0,986	1,000
11.6-39	3	1,000	21,63	21,30	21,42	20,85	0,878	0,991	1,000
10.8-39	3	1,000	21,60	21,22	21,33	20,68	0,864	0,984	1,000
12.4-39	3	1,000	21,60	21,22	21,34	20,70	0,865	0,985	1,000
8766.1-39	3	0,995	21,37	20,83	20,93	19,91	0,801	0,939	0,995
96.5-39	3	1,000	21,69	21,40	21,53	21,03	0,894	0,998	1,000
17443.2-39	3	1,000	21,49	21,02	21,13	20,25	0,831	0,965	1,000
6367.3-39	3	1,000	21,70	21,43	21,55	21,07	0,897	0,999	1,000
6362.2-39	3	1,000	21,68	21,35	21,47	20,92	0,885	0,993	1,000
15.9-39	3	1,000	21,70	21,42	21,54	21,07	0,897	0,999	1,000
16.7-39	3	1,000	21,68	21,35	21,47	20,92	0,885	0,993	1,000
8271.6-9	3	1,000	21,59	21,15	21,25	20,43	0,850	0,975	1,000
499.5-70	3	1,000	21,77	21,48	21,59	21,08	0,903	0,999	1,000
542.8-70	2	1,000	21,90	21,65	21,75	21,30	0,928	1,000	0,996
8924.9-70	3	1,000	21,72	21,35	21,43	20,69	0,878	0,985	1,000
541.0-70	2	1,000	21,89	21,65	21,75	21,30	0,927	1,000	0,997
543.6-70	2	1,000	21,89	21,65	21,75	21,30	0,927	1,000	0,997
540.1-70	2	1,000	21,89	21,65	21,75	21,30	0,927	1,000	0,997
544.4-70	2	1,000	21,89	21,65	21,75	21,30	0,927	1,000	0,997
545.2-70	2	1,000	21,89	21,65	21,75	21,30	0,927	1,000	0,997
546.1-70	2	1,000	21,89	21,64	21,75	21,30	0,927	1,000	0,997
2008.7-70	3	1,000	21,73	21,35	21,44	20,70	0,879	0,985	1,000

2007.9-70	3	1,000	21,73	21,35	21,44	20,70	0,879	0,985	1,000
17833.1-39	3	1,000	21,44	20,94	21,04	20,11	0,818	0,955	1,000
9041.7-39	3	1,000	21,44	20,94	21,05	20,12	0,819	0,955	1,000
17835.7-39	3	1,000	21,44	20,94	21,05	20,11	0,819	0,955	1,000
17623.1-39	3	1,000	21,44	20,94	21,04	20,11	0,818	0,955	1,000
17244.8-39	3	0,994	21,37	20,82	20,91	19,89	0,799	0,937	0,994
8254.6-39	3	1,000	21,64	21,29	21,42	20,82	0,876	0,989	1,000
72.8-39	3	1,000	21,62	21,29	21,41	20,83	0,876	0,990	1,000
17338.0-39	3	1,000	21,59	21,21	21,33	20,67	0,863	0,984	1,000
73.6-39	3	1,000	21,59	21,21	21,33	20,67	0,863	0,984	1,000
74.4-39	3	1,000	21,59	21,21	21,33	20,67	0,863	0,984	1,000
75.2-39	3	1,000	21,59	21,21	21,33	20,67	0,863	0,984	1,000
80.9-39	3	1,000	21,59	21,21	21,33	20,67	0,863	0,984	1,000
79.5-39	3	1,000	21,62	21,29	21,40	20,83	0,876	0,990	1,000
17759.8-39	3	1,000	21,59	21,21	21,33	20,67	0,863	0,984	1,000
3378.2-70	3	0,993	21,36	20,81	20,90	19,87	0,797	0,936	0,993
91.4-39	3	1,000	21,61	21,28	21,40	20,81	0,874	0,989	1,000
2443.1-39	3	1,000	21,52	21,12	21,22	20,49	0,847	0,977	1,000
304.2-20	3	1,000	21,61	21,28	21,39	20,80	0,874	0,989	1,000
104.0-39	3	1,000	21,59	21,20	21,32	20,66	0,862	0,983	1,000
17087.9-39	3	0,992	21,35	20,79	20,88	19,84	0,794	0,933	0,992
100.7-39	3	1,000	21,59	21,20	21,32	20,64	0,861	0,983	1,000
101.5-39	3	1,000	21,59	21,20	21,32	20,64	0,861	0,983	1,000
103.1-39	3	1,000	21,59	21,20	21,32	20,65	0,862	0,983	1,000
102.3-39	3	1,000	21,59	21,20	21,32	20,65	0,862	0,983	1,000
6396.7-39	3	1,000	21,58	21,19	21,31	20,64	0,860	0,983	1,000
9117.1-39	3	1,000	21,58	21,20	21,31	20,64	0,861	0,983	1,000
17407.6-39	3	0,993	21,36	20,81	20,90	19,87	0,797	0,936	0,993
18283.4-39	3	0,992	21,35	20,79	20,88	19,83	0,794	0,933	0,992
97.3-39	3	1,000	21,58	21,19	21,31	20,64	0,860	0,983	1,000
99.0-39	3	1,000	21,58	21,19	21,31	20,64	0,861	0,983	1,000
17314.2-39	3	0,992	21,35	20,79	20,88	19,83	0,794	0,933	0,992
98.1-39	3	1,000	21,59	21,20	21,32	20,64	0,861	0,983	1,000
9118.9-39	3	0,991	21,34	20,78	20,87	19,82	0,793	0,931	0,991
6400.9-39	3	1,000	21,63	21,30	21,41	20,85	0,878	0,991	1,000
76.1-39	3	1,000	21,60	21,22	21,34	20,70	0,865	0,985	1,000
6401.7-39	3	1,000	21,63	21,30	21,41	20,85	0,878	0,991	1,000
17783.1-39	3	1,000	21,48	21,00	21,11	20,22	0,828	0,963	1,000
18.3-9	3	1,000	21,67	21,34	21,46	20,90	0,884	0,992	1,000
8810.2-9	3	1,000	21,70	21,41	21,54	21,05	0,895	0,998	1,000
17675.3-9	3	1,000	21,70	21,41	21,54	21,05	0,895	0,998	1,000
5492.5-9	3	1,000	21,70	21,42	21,54	21,05	0,896	0,998	1,000
9657.1-9	3	1,000	21,70	21,41	21,53	21,04	0,895	0,998	1,000
17673.7-9	3	1,000	21,70	21,41	21,53	21,04	0,895	0,998	1,000
19.1-9	3	1,000	21,69	21,41	21,53	21,03	0,894	0,997	1,000
8349.6-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,882	0,991	1,000
18007.6-9	3	1,000	21,69	21,41	21,53	21,03	0,894	0,997	1,000
20.5-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,882	0,991	1,000
8350.0-9	3	1,000	21,46	20,97	21,08	20,16	0,823	0,959	1,000
107.4-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,882	0,991	1,000
17416.5-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,882	0,991	1,000
108.2-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,882	0,991	1,000
17464.5-9	3	1,000	21,69	21,40	21,52	21,02	0,894	0,997	1,000
184.8-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,881	0,991	1,000

18342.3-70	3	1,000	21,72	21,34	21,43	20,69	0,877	0,985	1,000
18343.1-70	3	1,000	21,72	21,34	21,43	20,69	0,877	0,985	1,000
18341.5-70	3	1,000	21,72	21,34	21,43	20,69	0,877	0,985	1,000
17313.4-9	3	1,000	21,73	21,35	21,44	20,70	0,879	0,985	1,000
17312.6-9	3	1,000	21,73	21,35	21,44	20,70	0,879	0,985	1,000
17278.2-9	3	1,000	21,73	21,35	21,44	20,70	0,879	0,985	1,000
17279.1-9	3	1,000	21,73	21,35	21,44	20,70	0,879	0,985	1,000
17247.2-9	3	1,000	21,73	21,35	21,44	20,70	0,879	0,985	1,000
18300.8-39	3	0,993	21,36	20,81	20,90	19,87	0,797	0,936	0,993
17184.1-39	3	0,993	21,36	20,81	20,90	19,87	0,797	0,936	0,993
17643.5-39	3	0,993	21,36	20,81	20,90	19,87	0,797	0,936	0,993
18043.2-39	3	0,993	21,36	20,82	20,91	19,88	0,798	0,937	0,993
17316.9-39	3	0,993	21,36	20,81	20,90	19,87	0,797	0,936	0,993
17266.9-39	3	0,993	21,36	20,81	20,90	19,87	0,797	0,936	0,993
17249.9-39	3	0,993	21,36	20,81	20,90	19,87	0,797	0,936	0,993
17250.2-70	3	0,993	21,36	20,81	20,90	19,87	0,797	0,936	0,993
9119.7-39	3	0,991	21,34	20,78	20,87	19,82	0,793	0,931	0,991
6157.3-39	3	0,991	21,34	20,78	20,87	19,82	0,793	0,931	0,991
2446.5-39	3	0,992	21,35	20,79	20,88	19,83	0,794	0,933	0,992
8263.5-39	3	1,000	21,61	21,27	21,39	20,80	0,873	0,989	1,000
115.5-39	3	1,000	21,61	21,27	21,39	20,80	0,873	0,989	1,000
226.7-20	3	1,000	21,58	21,19	21,31	20,64	0,861	0,983	1,000
116.3-39	3	1,000	21,59	21,20	21,32	20,64	0,861	0,983	1,000
113.9-39	3	1,000	21,58	21,19	21,31	20,63	0,860	0,982	1,000
125.2-39	3	1,000	21,58	21,19	21,31	20,63	0,860	0,982	1,000
17709.1-39	3	0,991	21,34	20,78	20,87	19,81	0,792	0,931	0,991
114.7-39	3	0,990	21,34	20,77	20,86	19,80	0,791	0,930	0,990
123.6-39	3	1,000	21,58	21,19	21,30	20,63	0,860	0,982	1,000
184.8-20	3	1,000	21,58	21,19	21,30	20,63	0,860	0,982	1,000
190.2-39	3	1,000	21,58	21,19	21,30	20,63	0,860	0,982	1,000
118.0-39	3	1,000	21,57	21,18	21,30	20,62	0,859	0,982	1,000
17334.7-39	3	1,000	21,57	21,18	21,30	20,62	0,859	0,982	1,000
117.1-39	3	1,000	21,58	21,18	21,30	20,62	0,859	0,982	1,000
119.8-39	3	1,000	21,57	21,18	21,30	20,61	0,858	0,982	1,000
120.1-39	3	1,000	21,57	21,18	21,30	20,61	0,858	0,981	1,000
127.9-39	3	1,000	21,57	21,18	21,29	20,61	0,858	0,981	1,000
3497.5-39	3	0,990	21,33	20,77	20,85	19,78	0,790	0,929	0,990
121.0-39	3	1,000	21,57	21,18	21,29	20,61	0,858	0,981	1,000
6102.6-39	3	1,000	21,57	21,18	21,29	20,61	0,858	0,981	1,000
122.8-39	3	0,989	21,33	20,76	20,84	19,77	0,789	0,928	0,989
498.7-70	3	1,000	21,60	21,22	21,34	20,69	0,865	0,985	1,000
17417.3-9	3	1,000	21,46	20,97	21,07	20,16	0,823	0,959	1,000
9747.1-9	3	1,000	21,47	20,99	21,09	20,19	0,826	0,961	1,000
8351.8-9	3	1,000	21,46	20,97	21,08	20,16	0,823	0,959	1,000
17149.2-9	3	1,000	21,46	20,97	21,08	20,16	0,823	0,959	1,000
5.1-9	3	1,000	21,46	20,97	21,08	20,16	0,823	0,959	1,000
2445.7-39	3	1,000	21,46	20,97	21,07	20,16	0,823	0,959	1,000
17284.7-39	3	1,000	21,46	20,97	21,07	20,16	0,823	0,959	1,000
2444.9-39	3	1,000	21,46	20,97	21,07	20,16	0,823	0,959	1,000
109.1-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,882	0,991	1,000
21.3-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,882	0,991	1,000
22.1-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,882	0,991	1,000
126.1-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,882	0,991	1,000
23.0-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,881	0,991	1,000

8973.7-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,881	0,991	1,000
24.8-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,881	0,991	1,000
8958.3-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,881	0,991	1,000
25.6-9	3	1,000	21,67	21,33	21,45	20,87	0,881	0,991	1,000
17521.8-39	3	0,991	21,34	20,78	20,87	19,82	0,793	0,931	0,991
17330.4-39	3	0,990	21,33	20,77	20,85	19,78	0,790	0,929	0,990
18085.8-39	3	0,990	21,33	20,77	20,85	19,78	0,790	0,929	0,990
62.1-20	3	0,991	21,34	20,78	20,87	19,82	0,793	0,931	0,991
405.7-20	3	0,990	21,34	20,77	20,86	19,80	0,791	0,930	0,990
17372.0-9	3	1,000	21,46	20,97	21,07	20,15	0,823	0,958	1,000
17371.1-9	3	1,000	21,46	20,97	21,07	20,15	0,823	0,958	1,000
17373.8-9	3	1,000	21,46	20,97	21,07	20,15	0,823	0,958	1,000
17315.1-9	3	1,000	21,46	20,97	21,08	20,16	0,823	0,959	1,000

## ANEXO B

### Relatório de Zonas de TAP – Proposta de Otimização

Na tabela abaixo, estão apresentados os resultados da avaliação de zonas de TAP para os novos ajustes propostos para os reguladores de tensão do alimentador.

Transformador	TAP Indicado	Nota do TAP	Tensão nos Patamares Analisados				Notas		
			Madrugada	Manhã	Tarde	Noite	TAP1	TAP2	TAP3
1029.4-14	1	1,000	23,09	23,05	23,05	23,03	1,000	0,983	0,619
55.8-14	1	1,000	23,09	23,05	23,05	23,03	1,000	0,983	0,619
7805.1-14	1	1,000	23,09	23,09	23,09	23,07	1,000	0,975	0,61
71.0-14	1	1,000	23,07	23,04	23,04	23,01	1,000	0,988	0,624
6092.5-14	1	1,000	23,09	23,09	23,09	23,08	1,000	0,974	0,609
1004.9-14	1	1,000	23,09	23,09	23,09	23,08	1,000	0,974	0,609
4120.3-14	1	1,000	23,05	22,98	22,98	22,94	1,000	0,996	0,641
125.2-14	1	1,000	23,05	22,98	22,98	22,91	1,000	0,996	0,644
1014.6-14	1	1,000	23,07	23,03	23,03	23	1,000	0,99	0,626
102.3-14	1	1,000	23,07	23,03	23,03	23	1,000	0,99	0,626
46.9-14	1	1,000	23,07	23,01	23,01	22,97	1,000	0,994	0,633
15.9-14	1	1,000	23,07	23,01	23,01	22,97	1,000	0,994	0,633
1018.9-14	1	1,000	23,05	22,96	22,96	22,9	1,000	0,996	0,646
62.1-14	2	1,000	22,88	22,52	22,52	22,25	1,000	1,000	0,781
59.1-14	2	1,000	22,83	22,38	22,38	22,08	0,997	1,000	0,82
73.6-14	2	1,000	22,92	22,6	22,6	22,38	1,000	1,000	0,756
9.4-14	2	1,000	22,88	22,5	22,5	22,22	1,000	1,000	0,787
10.8-14	2	1,000	22,88	22,5	22,5	22,22	1,000	1,000	0,787
8611.8-14	2	1,000	22,88	22,5	22,5	22,22	1,000	1,000	0,787
13.2-14	2	1,000	22,88	22,5	22,5	22,22	1,000	1,000	0,787
118.0-14	2	1,000	22,88	22,5	22,5	22,21	1,000	1,000	0,788
40.0-14	2	1,000	22,81	22,34	22,34	21,99	0,994	1,000	0,836
39.6-14	2	1,000	22,81	22,34	22,34	21,98	0,994	1,000	0,837
22.1-14	2	1,000	22,81	22,34	22,34	22,01	0,995	1,000	0,834
21.3-14	2	1,000	22,81	22,34	22,34	21,98	0,994	1,000	0,837
81.7-14	2	1,000	22,81	22,34	22,34	21,98	0,994	1,000	0,837
82.5-14	2	1,000	22,81	22,33	22,32	21,94	0,992	1,000	0,843
18776.3-14	2	1,000	22,81	22,34	22,35	22,01	0,995	1,000	0,833
83.3-14	2	1,000	22,81	22,32	22,32	21,93	0,992	1,000	0,844
84.1-14	2	1,000	22,81	22,32	22,32	21,93	0,992	1,000	0,844
89.2-14	2	1,000	22,81	22,32	22,32	21,92	0,991	1,000	0,846
75.2-14	2	1,000	22,81	22,33	22,33	21,96	0,993	1,000	0,84
47.7-14	2	1,000	22,81	22,34	22,34	22,01	0,995	1,000	0,834
23.0-14	2	1,000	22,81	22,34	22,34	21,98	0,994	1,000	0,837



24.8-14	2	1,000	22,81	22,31	22,31	21,95	0,993	1,000	0,845
7054.8-14	2	1,000	22,76	22,18	22,18	21,75	0,985	1,000	0,877
6.0-14	2	1,000	22,72	22,12	22,12	21,71	0,982	1,000	0,888
180.5-62	1	1,000	23,09	23,48	23,48	23,41	1,000	0,891	0,522
3541.6-14	2	1,000	22,81	22,35	22,35	22,01	0,995	1,000	0,833
3542.4-14	2	1,000	22,81	22,33	22,33	21,96	0,993	1,000	0,84
17966.3-14	2	1,000	22,81	22,35	22,35	22,01	0,995	1,000	0,833
19.1-14	2	1,000	22,88	22,51	22,51	22,24	1,000	1,000	0,784
55.8-62	2	1,000	22,88	22,51	22,51	22,24	1,000	1,000	0,784
136.8-14	2	1,000	22,88	22,5	22,5	22,2	1,000	1,000	0,789
6893.4-62	2	1,000	22,88	22,51	22,51	22,24	1,000	1,000	0,784
8608.8-14	2	1,000	22,88	22,51	22,51	22,24	1,000	1,000	0,784
43.4-14	2	1,000	22,81	22,34	22,34	22,01	0,995	1,000	0,834
114.7-14	2	1,000	22,81	22,34	22,34	22,01	0,995	1,000	0,834
8468.9-14	2	1,000	22,81	22,34	22,34	22	0,994	1,000	0,835
18363.6-14	2	1,000	22,81	22,34	22,34	22,01	0,995	1,000	0,834
72.8-14	2	1,000	22,74	22,16	22,16	21,77	0,986	1,000	0,881
6031.3-62	1	1,000	23,12	23,58	23,58	23,51	1,000	0,867	0,497
106.6-66	1	1,000	23,12	23,56	23,56	23,51	1,000	0,869	0,499
8682.7-14	2	1,000	22,72	22,1	22,1	21,65	0,978	1,000	0,892
92.2-14	2	1,000	22,72	22,1	22,1	21,65	0,978	1,000	0,892
94.9-62	1	1,000	23,05	23,41	23,41	23,28	1,000	0,914	0,546
17763.6-62	1	1,000	23	23,24	23,24	23,08	1,000	0,958	0,593
7640.6-14	2	1,000	22,71	22,08	22,08	21,62	0,976	1,000	0,896
8881.1-62	1	1,000	22,93	23,07	23,07	22,87	1,000	0,99	0,642
4750.3-62	1	1,000	22,95	23,13	23,13	22,93	1,000	0,981	0,626
1004.9-62	1	1,000	22,95	23,14	23,14	22,95	1,000	0,979	0,623
6034.8-62	1	1,000	22,98	23,2	23,2	22,97	1,000	0,971	0,61
17762.8-62	1	1,000	22,98	23,17	23,18	22,98	1,000	0,974	0,612
6051.8-62	1	1,000	22,98	23,19	23,19	22,96	1,000	0,972	0,613
6589.7-62	1	1,000	22,98	23,18	23,18	22,98	1,000	0,974	0,612
6036.4-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,97	1,000	0,975	0,614
17285.5-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,98	1,000	0,975	0,613
6070.4-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,92	1,000	0,975	0,619
6077.1-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,92	1,000	0,975	0,619
6078.0-62	1	1,000	22,98	23,16	23,16	22,95	1,000	0,976	0,617
6076.3-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,91	1,000	0,975	0,62
5432.1-62	1	1,000	22,97	23,15	23,15	22,92	1,000	0,978	0,622
131.7-62	1	1,000	22,97	23,15	23,15	22,92	1,000	0,978	0,622
6098.4-62	1	1,000	22,97	23,15	23,15	22,92	1,000	0,978	0,622
6089.5-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,91	1,000	0,975	0,62
6097.6-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,91	1,000	0,975	0,62
4765.1-62	1	1,000	22,95	23,13	23,13	22,94	1,000	0,981	0,625
106.6-62	1	1,000	22,92	23,04	23,03	22,81	1,000	0,995	0,653
4760.1-62	1	1,000	22,92	23,03	23,03	22,79	1,000	0,996	0,656
6792.0-62	2	1,000	22,89	22,96	22,97	22,72	1,000	1,000	0,673
6891.8-62	2	1,000	22,88	22,96	22,96	22,71	1,000	1,000	0,676
6890.0-62	2	1,000	22,88	22,96	22,96	22,7	1,000	1,000	0,677
158.9-62	2	1,000	22,87	22,93	22,93	22,67	1,000	1,000	0,684
117.1-62	2	1,000	22,82	22,8	22,8	22,47	1,000	1,000	0,725
134.1-62	2	1,000	22,88	22,96	22,96	22,7	1,000	1,000	0,677
17027.5-62	2	1,000	22,81	22,76	22,77	22,4	1,000	1,000	0,736
6042.9-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,92	1,000	0,975	0,619
6044.5-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,91	1,000	0,975	0,62

6045.3-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,91	1,000	0,975	0,62
3522.0-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,92	1,000	0,975	0,619
6047.0-62	1	1,000	22,98	23,16	23,16	22,89	1,000	0,977	0,623
8673.8-14	1	1,000	22,97	23,15	23,15	22,94	1,000	0,978	0,62
8891.9-14	1	1,000	22,97	23,15	23,15	22,94	1,000	0,978	0,62
6066.6-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,92	1,000	0,975	0,619
6071.2-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,92	1,000	0,975	0,619
6067.4-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,92	1,000	0,975	0,619
6049.6-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,92	1,000	0,975	0,619
49.3-62	1	1,000	22,97	23,15	23,15	22,94	1,000	0,978	0,62
6050.0-62	1	1,000	22,98	23,17	23,17	22,92	1,000	0,975	0,619
5578.6-62	1	1,000	22,97	23,15	23,15	22,92	1,000	0,978	0,622
6099.2-62	1	1,000	22,98	23,17	23,16	22,91	1,000	0,976	0,621
6046.1-62	1	1,000	22,98	23,16	23,16	22,91	1,000	0,976	0,621
123.6-62	1	1,000	22,98	23,16	23,16	22,91	1,000	0,976	0,621
6048.8-62	1	1,000	22,98	23,16	23,16	22,97	1,000	0,976	0,616
8556.1-62	1	1,000	22,98	23,16	23,16	22,97	1,000	0,976	0,616
174.1-62	1	1,000	22,98	23,16	23,16	22,97	1,000	0,976	0,616
9752.7-62	1	1,000	22,97	23,15	23,15	22,92	1,000	0,978	0,622
17050.0-62	1	1,000	22,97	23,15	23,15	22,92	1,000	0,978	0,622
17730.0-62	1	1,000	22,97	23,15	23,15	22,92	1,000	0,978	0,622
6793.8-62	1	1,000	22,95	23,12	23,12	22,93	1,000	0,982	0,627
133.3-62	1	1,000	22,95	23,12	23,12	22,93	1,000	0,982	0,627
4761.9-62	1	1,000	22,95	23,12	23,12	22,92	1,000	0,982	0,628
51.5-62	1	1,000	22,95	23,12	23,12	22,93	1,000	0,982	0,628
1003.1-62	1	1,000	22,95	23,12	23,12	22,92	1,000	0,982	0,628
1.9-62	1	1,000	22,95	23,12	23,12	22,92	1,000	0,982	0,629
17341.0-62	1	1,000	22,95	23,12	23,11	22,91	1,000	0,983	0,629
125.2-62	1	1,000	22,95	23,12	23,11	22,91	1,000	0,983	0,629
170.8-62	1	1,000	22,95	23,12	23,11	22,91	1,000	0,983	0,629
139.2-62	1	1,000	22,92	23,05	23,05	22,83	1,000	0,993	0,649
1009.0-62	2	1,000	22,9	22,98	22,98	22,74	1,000	1,000	0,668
7825.5-62	2	1,000	22,9	22,99	22,99	22,76	1,000	1,000	0,664
163.5-62	2	1,000	22,9	22,99	22,99	22,76	1,000	1,000	0,664
1005.7-62	2	1,000	22,9	22,99	22,99	22,76	1,000	1,000	0,664
5441.1-62	2	1,000	22,79	22,72	22,72	22,36	1,000	1,000	0,749
6023.2-62	2	1,000	22,79	22,73	22,72	22,3	1,000	1,000	0,754
6022.4-62	2	1,000	22,73	22,6	22,6	22,12	0,999	1,000	0,792
6083.6-62	2	1,000	22,66	22,42	22,42	21,94	0,992	1,000	0,839
6094.1-62	1	1,000	23,06	23,3	23,3	23,51	1,000	0,912	0,544
6129.8-62	2	1,000	22,9	23	23	22,69	1,000	1,000	0,67
3521.1-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,9	1,000	0,981	0,627
6053.4-62	1	1,000	22,98	23,15	23,15	22,88	1,000	0,978	0,625
6052.6-62	1	1,000	22,98	23,15	23,15	22,88	1,000	0,978	0,625
5506.9-62	1	1,000	22,98	23,15	23,15	22,88	1,000	0,978	0,625
182.1-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,9	1,000	0,981	0,627
5414.3-62	1	1,000	22,98	23,15	23,15	22,88	1,000	0,978	0,625
17337.1-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,9	1,000	0,981	0,627
17237.5-62	1	1,000	22,97	23,15	23,15	22,94	1,000	0,978	0,62
4762.7-62	1	1,000	22,95	23,12	23,12	22,92	1,000	0,982	0,629
6984.1-62	1	1,000	22,95	23,12	23,12	22,92	1,000	0,982	0,629
124.4-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,91	1,000	0,983	0,63
1000.6-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,9	1,000	0,984	0,632
9299.1-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,9	1,000	0,984	0,632

6032.1-62	1	1,000	22,9	23,01	23	22,72	1,000	1,000	0,667
6021.6-62	2	1,000	22,9	23	23	22,71	1,000	1,000	0,669
6028.3-62	2	1,000	22,9	23	23	22,71	1,000	1,000	0,669
6030.5-62	2	1,000	22,9	23	23	22,71	1,000	1,000	0,669
6038.1-62	2	1,000	22,9	22,99	22,99	22,76	1,000	1,000	0,664
1006.5-62	2	1,000	22,89	22,99	22,99	22,76	1,000	1,000	0,665
6025.9-62	2	1,000	22,9	23	23	22,71	1,000	1,000	0,669
6024.1-62	2	1,000	22,9	23	23	22,71	1,000	1,000	0,669
6026.7-62	2	1,000	22,89	22,99	22,99	22,76	1,000	1,000	0,665
1001.4-62	2	1,000	22,89	22,99	22,99	22,76	1,000	1,000	0,665
6027.5-62	2	1,000	22,9	23	23	22,7	1,000	1,000	0,669
4772.4-62	2	1,000	22,9	23	23	22,7	1,000	1,000	0,67
144.9-62	2	1,000	22,9	22,98	22,98	22,72	1,000	1,000	0,67
68.0-62	2	1,000	22,9	23	23	22,69	1,000	1,000	0,67
156.2-62	2	1,000	22,9	22,98	22,98	22,72	1,000	1,000	0,67
17154.9-62	2	1,000	22,9	22,98	22,98	22,72	1,000	1,000	0,67
6806.3-62	2	1,000	22,9	22,98	22,98	22,72	1,000	1,000	0,67
8639.8-62	2	1,000	22,9	23	23	22,69	1,000	1,000	0,67
18537.0-62	2	1,000	22,9	23	23	22,69	1,000	1,000	0,67
18136.6-66	2	1,000	22,9	22,98	22,98	22,72	1,000	1,000	0,67
5507.7-62	2	1,000	22,9	23	22,99	22,69	1,000	1,000	0,671
18538.8-62	2	1,000	22,9	23	22,99	22,69	1,000	1,000	0,671
6088.7-62	2	1,000	22,9	23	22,98	22,69	1,000	1,000	0,672
3526.2-62	2	1,000	22,9	22,99	22,98	22,68	1,000	1,000	0,673
73.6-66	2	1,000	22,9	22,99	22,98	22,68	1,000	1,000	0,673
17410.6-62	2	1,000	22,9	22,99	22,98	22,68	1,000	1,000	0,673
6087.9-62	2	1,000	22,9	22,99	22,98	22,68	1,000	1,000	0,673
72.8-66	2	1,000	22,9	22,99	22,99	22,76	1,000	1,000	0,664
5442.9-62	2	1,000	22,79	22,71	22,71	22,28	1,000	1,000	0,757
162.7-62	2	1,000	22,78	22,7	22,7	22,28	1,000	1,000	0,758
6220.1-62	2	1,000	22,78	22,7	22,7	22,3	1,000	1,000	0,757
159.7-62	2	1,000	22,79	22,71	22,71	22,32	1,000	1,000	0,752
5462.3-62	2	1,000	22,79	22,71	22,71	22,26	1,000	1,000	0,758
5443.7-62	2	1,000	22,78	22,71	22,71	22,32	1,000	1,000	0,753
157.1-62	2	1,000	22,78	22,71	22,71	22,32	1,000	1,000	0,754
5440.2-62	2	1,000	22,78	22,7	22,7	22,32	1,000	1,000	0,755
6892.6-62	2	1,000	22,78	22,7	22,7	22,32	1,000	1,000	0,755
8892.7-62	2	1,000	22,79	22,73	22,72	22,3	1,000	1,000	0,754
6018.6-62	2	1,000	22,79	22,72	22,72	22,36	1,000	1,000	0,749
161.9-62	2	1,000	22,78	22,71	22,7	22,31	1,000	1,000	0,755
132.5-62	2	1,000	22,78	22,71	22,7	22,31	1,000	1,000	0,755
6017.8-62	2	1,000	22,72	22,55	22,55	22,04	0,996	1,000	0,807
6086.1-62	2	1,000	22,68	22,47	22,47	21,93	0,992	1,000	0,832
6084.4-62	1	1,000	23,06	23,31	23,31	23,53	1,000	0,909	0,541
6019.4-62	1	1,000	23,07	23,32	23,32	23,54	1,000	0,908	0,54
5464.0-62	2	1,000	22,66	22,44	22,44	21,96	0,993	1,000	0,835
9273.8-62	2	1,000	22,78	22,7	22,7	22,31	1,000	1,000	0,756
2.7-9	2	1,000	22,88	22,9	22,91	22,93	1,000	1,000	0,667
150.3-9	1	1,000	22,92	22,97	22,97	23,06	1,000	0,996	0,644
151.1-9	1	1,000	22,96	23,04	23,04	23,16	1,000	0,983	0,622
5479.8-62	1	1,000	22,99	23,13	23,14	23,29	1,000	0,958	0,594
6095.0-62	1	1,000	23,03	23,21	23,22	23,39	1,000	0,937	0,571
6056.9-62	1	1,000	22,98	23,15	23,14	22,87	1,000	0,978	0,626
6057.7-62	1	1,000	22,98	23,15	23,15	22,87	1,000	0,978	0,625

73.6-62	1	1,000	22,98	23,15	23,14	22,87	1,000	0,978	0,626
3538.6-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,89	1,000	0,981	0,627
74.4-62	1	1,000	22,98	23,15	23,14	22,87	1,000	0,978	0,626
155.4-62	1	1,000	22,97	23,12	23,12	22,89	1,000	0,982	0,629
6058.5-62	1	1,000	22,98	23,15	23,15	22,88	1,000	0,978	0,625
7732.1-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,9	1,000	0,981	0,627
17340.1-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,9	1,000	0,981	0,627
54.0-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,89	1,000	0,981	0,627
53.1-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,89	1,000	0,981	0,627
6068.2-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,89	1,000	0,981	0,627
9658.0-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,89	1,000	0,981	0,627
8593.6-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,9	1,000	0,981	0,627
17335.5-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,9	1,000	0,981	0,627
17692.3-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,9	1,000	0,981	0,627
18032.7-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,9	1,000	0,981	0,627
8239.2-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,9	1,000	0,984	0,632
4755.4-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,9	1,000	0,984	0,632
114.7-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,89	1,000	0,984	0,633
4766.0-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,88	1,000	0,984	0,633
4763.5-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,88	1,000	0,984	0,633
4756.2-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,88	1,000	0,984	0,633
4769.4-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,9	1,000	0,984	0,632
113.9-66	2	1,000	22,9	22,98	22,98	22,72	1,000	1,000	0,67
5413.5-62	2	1,000	22,9	22,98	22,97	22,7	1,000	1,000	0,672
9729.2-62	2	1,000	22,9	22,98	22,97	22,71	1,000	1,000	0,672
18118.8-62	2	1,000	22,9	22,98	22,98	22,71	1,000	1,000	0,671
18541.8-62	2	1,000	22,9	22,98	22,98	22,71	1,000	1,000	0,671
5435.6-62	2	1,000	22,78	22,67	22,67	22,15	1,000	1,000	0,775
5438.1-62	2	1,000	22,78	22,67	22,67	22,15	1,000	1,000	0,775
5437.2-62	2	1,000	22,78	22,67	22,67	22,15	1,000	1,000	0,775
5434.8-62	2	1,000	22,78	22,67	22,67	22,16	1,000	1,000	0,773
5410.1-62	2	1,000	22,78	22,67	22,67	22,18	1,000	1,000	0,771
5439.9-62	2	1,000	22,78	22,67	22,67	22,16	1,000	1,000	0,773
5460.7-62	2	1,000	22,78	22,7	22,7	22,31	1,000	1,000	0,756
5458.5-62	2	1,000	22,78	22,7	22,7	22,31	1,000	1,000	0,756
17465.3-62	2	1,000	22,78	22,7	22,7	22,31	1,000	1,000	0,756
150.3-62	2	1,000	22,78	22,7	22,7	22,25	1,000	1,000	0,761
5367.8-62	2	1,000	22,78	22,7	22,7	22,3	1,000	1,000	0,757
141.4-62	2	1,000	22,78	22,71	22,7	22,32	1,000	1,000	0,754
8659.2-62	2	1,000	22,78	22,71	22,7	22,31	1,000	1,000	0,755
9378.5-62	2	1,000	22,78	22,71	22,7	22,31	1,000	1,000	0,755
5466.6-62	1	1,000	23,03	23,22	23,22	23,39	1,000	0,936	0,569
144.9-9	2	1,000	22,86	22,82	22,83	22,86	1,000	1,000	0,687
143.1-9	2	1,000	22,85	22,79	22,79	22,82	1,000	1,000	0,697
17283.9-9	2	1,000	22,82	22,72	22,73	22,73	1,000	1,000	0,717
142.2-9	2	1,000	22,79	22,65	22,65	22,65	1,000	1,000	0,737
141.4-9	2	1,000	22,75	22,58	22,58	22,56	1,000	1,000	0,757
136.8-9	2	1,000	22,69	22,42	22,44	22,35	1,000	1,000	0,802
135.0-9	1	1,000	23,09	23,3	23,31	23,53	1,000	0,908	0,539
140.6-9	1	1,000	23,05	23,21	23,22	23,42	1,000	0,933	0,566
9597.4-9	1	1,000	23,03	23,16	23,17	23,4	1,000	0,943	0,577
110.4-9	1	1,000	23	23,12	23,13	23,31	1,000	0,957	0,592
17200.6-9	1	1,000	23,01	23,13	23,14	23,31	1,000	0,955	0,59
1002.2-9	1	1,000	23,01	23,13	23,14	23,31	1,000	0,956	0,59

183.0-9	1	1,000	23,01	23,13	23,14	23,31	1,000	0,956	0,59
196.1-9	1	1,000	23,01	23,13	23,14	23,31	1,000	0,956	0,59
17299.5-9	2	1,000	22,89	22,89	22,91	22,97	1,000	1,000	0,664
6059.3-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,89	1,000	0,981	0,627
135.0-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,89	1,000	0,981	0,627
9704.7-62	1	1,000	22,97	23,13	23,12	22,89	1,000	0,981	0,628
17013.5-62	1	1,000	22,97	23,13	23,12	22,89	1,000	0,981	0,628
17014.3-62	1	1,000	22,97	23,13	23,12	22,89	1,000	0,981	0,628
17015.1-62	1	1,000	22,97	23,13	23,12	22,89	1,000	0,981	0,628
17238.3-62	1	1,000	22,97	23,13	23,12	22,89	1,000	0,981	0,628
17303.7-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,89	1,000	0,981	0,627
17302.9-62	1	1,000	22,97	23,13	23,13	22,89	1,000	0,981	0,627
6035.6-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,83	1,000	0,984	0,637
6055.1-62	1	1,000	22,95	23,11	23,1	22,82	1,000	0,985	0,64
6054.2-62	1	1,000	22,95	23,1	23,09	22,86	1,000	0,986	0,636
9509.5-62	1	1,000	22,95	23,08	23,08	22,84	1,000	0,988	0,641
6063.1-62	1	1,000	22,95	23,1	23,1	22,82	1,000	0,986	0,64
9358.1-62	1	1,000	22,95	23,1	23,1	22,81	1,000	0,986	0,641
6072.1-62	1	1,000	22,95	23,1	23,1	22,82	1,000	0,986	0,64
145.7-62	1	1,000	22,95	23,08	23,08	22,84	1,000	0,988	0,641
59.1-62	1	1,000	22,95	23,1	23,1	22,8	1,000	0,986	0,642
6069.1-62	1	1,000	22,95	23,1	23,1	22,81	1,000	0,986	0,641
9359.9-62	1	1,000	22,95	23,1	23,1	22,8	1,000	0,986	0,642
6064.0-62	1	1,000	22,95	23,1	23,1	22,82	1,000	0,986	0,64
18918.9-62	1	1,000	22,95	23,08	23,08	22,83	1,000	0,988	0,642
6065.8-62	1	1,000	22,95	23,08	23,08	22,84	1,000	0,988	0,641
6060.7-62	1	1,000	22,95	23,1	23,1	22,8	1,000	0,986	0,642
6113.1-62	1	1,000	22,95	23,08	23,08	22,83	1,000	0,988	0,642
6061.5-62	1	1,000	22,95	23,1	23,1	22,82	1,000	0,986	0,64
127.9-62	1	1,000	22,95	23,08	23,08	22,84	1,000	0,988	0,641
9357.2-62	1	1,000	22,95	23,07	23,07	22,81	1,000	0,99	0,645
6062.3-62	1	1,000	22,95	23,1	23,1	22,82	1,000	0,986	0,64
69.8-62	1	1,000	22,94	23,07	23,06	22,81	1,000	0,990	0,646
6074.7-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,79	1,000	0,987	0,644
160.1-62	1	1,000	22,94	23,07	23,06	22,81	1,000	0,990	0,646
1013.8-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,79	1,000	0,987	0,644
6073.9-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,79	1,000	0,987	0,645
142.2-62	1	1,000	22,94	23,07	23,06	22,81	1,000	0,990	0,646
143.1-62	1	1,000	22,94	23,07	23,06	22,81	1,000	0,990	0,646
6075.5-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,79	1,000	0,987	0,645
6096.8-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,79	1,000	0,987	0,645
6079.8-62	1	1,000	22,95	23,08	23,08	22,79	1,000	0,988	0,646
50.7-62	1	1,000	22,95	23,09	23,1	22,85	1,000	0,986	0,638
118.0-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,88	1,000	0,984	0,633
5416.0-62	1	1,000	22,95	23,11	23,11	22,83	1,000	0,984	0,637
146.5-62	1	1,000	22,95	23,1	23,11	22,88	1,000	0,985	0,634
5417.8-62	1	1,000	22,95	23,1	23,09	22,88	1,000	0,986	0,635
5436.4-62	1	1,000	22,95	23,11	23,1	22,83	1,000	0,985	0,638
18705.4-62	1	1,000	22,95	23,11	23,1	22,83	1,000	0,985	0,638
6896.9-62	1	1,000	22,95	23,11	23,1	22,83	1,000	0,985	0,638
5407.1-62	1	1,000	22,95	23,11	23,1	22,83	1,000	0,985	0,639
30.2-62	1	1,000	22,95	23,1	23,09	22,87	1,000	0,986	0,636
164.3-62	1	1,000	22,95	23,11	23,1	22,83	1,000	0,985	0,639
31.1-62	1	1,000	22,95	23,11	23,1	22,83	1,000	0,985	0,639

122.8-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,85	1,000	0,987	0,639
166.0-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,85	1,000	0,987	0,639
171.6-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,85	1,000	0,987	0,639
136.8-62	2	1,000	22,78	22,66	22,66	22,2	1,000	1,000	0,771
138.4-62	2	1,000	22,78	22,66	22,65	22,19	1,000	1,000	0,773
1315.3-3	2	1,000	22,78	22,67	22,67	22,15	1,000	1,000	0,775
1314.5-3	2	1,000	22,78	22,67	22,67	22,15	1,000	1,000	0,775
638.6-3	2	1,000	22,78	22,67	22,67	22,15	1,000	1,000	0,775
153.8-62	2	1,000	22,78	22,68	22,69	22,28	1,000	1,000	0,761
17255.3-62	2	1,000	22,78	22,66	22,66	22,19	1,000	1,000	0,772
151.1-62	2	1,000	22,78	22,68	22,69	22,27	1,000	1,000	0,762
145.7-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,62	1,000	1,000	0,74
152.0-9	2	1,000	22,79	22,65	22,65	22,63	1,000	1,000	0,738
153.8-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,61	1,000	1,000	0,742
17953.1-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,63	1,000	1,000	0,739
154.6-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,62	1,000	1,000	0,74
155.4-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,61	1,000	1,000	0,741
17377.1-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,62	1,000	1,000	0,74
160.1-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,61	1,000	1,000	0,741
157.1-9	2	1,000	22,79	22,63	22,64	22,61	1,000	1,000	0,742
156.2-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,61	1,000	1,000	0,741
146.5-9	2	1,000	22,79	22,64	22,64	22,59	1,000	1,000	0,743
161.9-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,61	1,000	1,000	0,741
158.9-9	2	1,000	22,79	22,63	22,64	22,61	1,000	1,000	0,742
162.7-9	2	1,000	22,79	22,64	22,64	22,59	1,000	1,000	0,743
17399.1-9	2	1,000	22,79	22,63	22,64	22,59	1,000	1,000	0,745
163.5-9	2	1,000	22,79	22,63	22,64	22,59	1,000	1,000	0,744
159.7-9	2	1,000	22,79	22,63	22,64	22,59	1,000	1,000	0,745
139.2-9	2	1,000	22,74	22,55	22,56	22,52	1,000	1,000	0,766
138.4-9	2	1,000	22,74	22,54	22,55	22,5	1,000	1,000	0,769
137.6-9	2	1,000	22,71	22,47	22,48	22,39	1,000	1,000	0,791
129.5-9	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,45	1,000	0,928	0,561
164.3-9	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,928	0,561
130.9-9	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,45	1,000	0,928	0,561
165.1-9	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,928	0,561
195.3-9	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,928	0,561
168.6-9	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,928	0,561
167.8-9	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,928	0,561
133.3-9	1	1,000	23,02	23,14	23,15	23,33	1,000	0,952	0,586
17214.6-9	1	1,000	23,02	23,14	23,15	23,33	1,000	0,952	0,586
134.1-9	1	1,000	23,02	23,14	23,15	23,33	1,000	0,952	0,586
18225.7-9	1	1,000	23,02	23,14	23,15	23,33	1,000	0,952	0,586
44.2-9	1	1,000	22,98	23,09	23,09	23,26	1,000	0,967	0,603
128.7-9	1	1,000	22,98	23,07	23,08	23,24	1,000	0,971	0,608
112.1-9	1	1,000	22,98	23,06	23,08	23,24	1,000	0,972	0,608
89.2-9	1	1,000	22,98	23,06	23,08	23,24	1,000	0,972	0,608
43.4-9	1	1,000	22,96	23,02	23,03	23,19	1,000	0,982	0,621
193.7-9	1	1,000	22,96	23,03	23,04	23,2	1,000	0,98	0,618
17421.1-9	1	1,000	22,96	23,02	23,04	23,19	1,000	0,981	0,619
181.3-9	1	1,000	22,95	23,01	23,01	23,15	1,000	0,988	0,628
185.6-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,16	1,000	0,986	0,626
1001.4-9	1	1,000	22,96	23,02	23,03	23,19	1,000	0,982	0,621
17716.4-9	1	1,000	22,94	22,99	23	23,13	1,000	0,99	0,632
189.9-9	1	1,000	22,94	22,99	22,99	23,11	1,000	0,992	0,635

6559.5-9	1	1,000	22,96	23,02	23,03	23,18	1,000	0,983	0,621
1004.9-9	1	1,000	22,96	23,02	23,03	23,18	1,000	0,983	0,621
40.0-9	1	1,000	22,91	22,91	22,92	23	1,000	1,000	0,657
188.1-9	2	1,000	22,9	22,89	22,9	22,96	1,000	1,000	0,665
17438.6-9	2	1,000	22,9	22,9	22,91	22,98	1,000	1,000	0,661
92.2-9	2	1,000	22,83	22,76	22,77	22,74	1,000	1,000	0,709
17721.1-9	2	1,000	22,77	22,66	22,66	22,57	1,000	1,000	0,744
17209.0-9	1	1,000	23,01	23,13	23,15	23,33	1,000	0,953	0,587
8500.6-9	1	1,000	23,01	23,13	23,15	23,33	1,000	0,953	0,587
1013.8-9	2	1,000	22,84	22,81	22,82	22,81	1,000	1,000	0,694
7053.0-62	1	1,000	22,95	23,1	23,1	22,85	1,000	0,985	0,637
8448.4-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,84	1,000	0,987	0,64
8447.6-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,85	1,000	0,987	0,639
18038.6-62	1	1,000	22,95	23,08	23,08	22,84	1,000	0,988	0,641
6759.8-62	1	1,000	22,95	23,1	23,09	22,87	1,000	0,986	0,636
9528.1-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,85	1,000	0,987	0,639
9824.8-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,85	1,000	0,987	0,639
8720.3-62	2	1,000	22,78	22,66	22,66	22,2	1,000	1,000	0,771
17381.9-62	2	1,000	22,78	22,66	22,66	22,2	1,000	1,000	0,771
17242.1-3	2	1,000	22,78	22,66	22,66	22,19	1,000	1,000	0,772
17241.3-3	2	1,000	22,78	22,66	22,66	22,19	1,000	1,000	0,772
147.3-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,61	1,000	1,000	0,741
148.1-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,61	1,000	1,000	0,741
8486.7-9	2	1,000	22,78	22,66	22,66	22,59	1,000	1,000	0,74
8485.9-9	2	1,000	22,78	22,66	22,66	22,59	1,000	1,000	0,74
149.0-9	2	1,000	22,79	22,64	22,65	22,61	1,000	1,000	0,741
9095.6-9	2	1,000	22,78	22,64	22,66	22,58	1,000	1,000	0,743
171.6-9	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,929	0,562
604.1-61	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,928	0,561
8048.9-61	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,928	0,561
172.4-9	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,928	0,561
3358.8-61	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,928	0,561
192.9-9	1	1,000	22,98	23,06	23,08	23,24	1,000	0,972	0,608
1009.0-9	1	1,000	22,98	23,06	23,08	23,24	1,000	0,972	0,608
36.1-9	2	1,000	22,85	22,79	22,8	22,8	1,000	1,000	0,697
35.3-9	2	1,000	22,85	22,79	22,8	22,8	1,000	1,000	0,697
17449.1-9	2	1,000	22,85	22,79	22,8	22,8	1,000	1,000	0,697
178.3-9	2	1,000	22,85	22,79	22,8	22,8	1,000	1,000	0,697
111.2-9	2	1,000	22,82	22,75	22,77	22,75	1,000	1,000	0,708
93.1-9	2	1,000	22,83	22,75	22,76	22,73	1,000	1,000	0,711
3.5-9	2	1,000	22,81	22,72	22,73	22,75	1,000	1,000	0,715
2447.3-9	2	1,000	22,81	22,72	22,73	22,75	1,000	1,000	0,715
94.9-9	2	1,000	22,83	22,75	22,76	22,72	1,000	1,000	0,711
8736.0-9	2	1,000	22,81	22,72	22,73	22,75	1,000	1,000	0,715
95.7-9	2	1,000	22,83	22,75	22,76	22,72	1,000	1,000	0,711
17146.8-9	2	1,000	22,81	22,72	22,73	22,75	1,000	1,000	0,715
1006.5-9	1	1,000	22,95	23,02	23,03	23,19	1,000	0,982	0,622
1010.3-9	1	1,000	22,95	23,02	23,03	23,19	1,000	0,982	0,622
4782.1-9	1	1,000	22,95	23,02	23,03	23,18	1,000	0,983	0,623
9411.1-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,18	1,000	0,984	0,624
3321.9-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,17	1,000	0,985	0,625
8602.9-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,17	1,000	0,985	0,625
41.8-9	1	1,000	22,93	22,96	22,96	23,06	1,000	0,996	0,645
90.6-9	1	1,000	22,93	22,96	22,96	23,06	1,000	0,996	0,645

17460.2-9	2	1,000	22,87	22,85	22,86	22,95	1,000	1,000	0,674
182.1-9	1	1,000	22,96	23,02	23,03	23,18	1,000	0,983	0,621
88.4-9	1	1,000	22,96	23,02	23,03	23,18	1,000	0,983	0,621
175.9-9	1	1,000	22,96	23,02	23,03	23,18	1,000	0,983	0,621
9312.2-9	1	1,000	22,96	23,02	23,03	23,18	1,000	0,983	0,621
9311.4-9	1	1,000	22,96	23,02	23,03	23,18	1,000	0,983	0,621
42.6-9	1	1,000	22,94	22,99	23	23,13	1,000	0,99	0,632
1003.1-9	1	1,000	22,94	22,99	23	23,13	1,000	0,99	0,632
8804.8-9	1	1,000	22,94	22,99	23	23,13	1,000	0,99	0,632
9385.8-9	1	1,000	22,94	22,99	23	23,13	1,000	0,99	0,632
27.2-39	2	1,000	22,67	22,5	22,5	22,36	1,000	1,000	0,793
17245.6-62	1	1,000	22,95	23,09	23,08	22,85	1,000	0,987	0,639
603.3-61	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,929	0,562
602.5-61	1	1,000	23,05	23,23	23,24	23,44	1,000	0,929	0,562
18473.0-61	1	1,000	23,04	23,21	23,22	23,46	1,000	0,93	0,563
8627.4-9	2	1,000	22,85	22,79	22,8	22,77	1,000	1,000	0,701
37.0-9	2	1,000	22,85	22,79	22,79	22,77	1,000	1,000	0,701
38.8-9	2	1,000	22,85	22,79	22,79	22,76	1,000	1,000	0,702
179.1-9	2	1,000	22,85	22,79	22,79	22,76	1,000	1,000	0,702
180.5-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,15	1,000	0,988	0,628
17459.9-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,16	1,000	0,986	0,626
6.0-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,16	1,000	0,986	0,626
45.1-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,15	1,000	0,988	0,628
18373.3-9	1	1,000	22,93	22,98	22,99	23,17	1,000	0,987	0,631
7780.1-9	1	1,000	22,94	23,01	23,01	23,16	1,000	0,987	0,627
6799.7-9	1	1,000	22,94	23,01	23,01	23,16	1,000	0,987	0,627
5756.8-9	1	1,000	22,94	23,01	23,01	23,16	1,000	0,987	0,627
1011.1-9	1	1,000	22,93	22,99	23,01	23,16	1,000	0,988	0,630
18841.7-9	1	1,000	22,94	23,01	23,01	23,16	1,000	0,987	0,627
1000.6-9	1	1,000	22,94	23,01	23,01	23,16	1,000	0,987	0,627
176.7-9	1	1,000	22,94	23,01	23,01	23,16	1,000	0,987	0,628
8988.5-9	1	1,000	22,93	22,99	23,01	23,16	1,000	0,988	0,630
9413.7-9	1	1,000	22,94	23,01	23,01	23,16	1,000	0,987	0,628
9731.4-9	1	1,000	22,93	22,99	23,01	23,16	1,000	0,988	0,630
194.5-9	1	1,000	22,93	22,97	22,98	23,14	1,000	0,99	0,635
177.5-9	1	1,000	22,94	22,99	23	23,13	1,000	0,99	0,632
29.9-39	2	1,000	22,71	22,56	22,56	22,42	1,000	1,000	0,776
28.1-39	2	1,000	22,71	22,56	22,56	22,42	1,000	1,000	0,776
34.5-9	2	1,000	22,71	22,56	22,56	22,42	1,000	1,000	0,776
9043.3-9	2	1,000	22,71	22,56	22,56	22,42	1,000	1,000	0,776
30.2-9	2	1,000	22,71	22,55	22,56	22,42	1,000	1,000	0,777
31.1-9	2	1,000	22,71	22,54	22,56	22,42	1,000	1,000	0,778
17778.4-9	2	1,000	22,71	22,54	22,56	22,42	1,000	1,000	0,778
17779.2-9	2	1,000	22,71	22,54	22,55	22,41	1,000	1,000	0,779
32.9-9	2	1,000	22,71	22,54	22,55	22,41	1,000	1,000	0,779
17780.6-9	2	1,000	22,71	22,54	22,55	22,41	1,000	1,000	0,779
17781.4-9	2	1,000	22,71	22,54	22,55	22,41	1,000	1,000	0,779
17782.2-9	2	1,000	22,71	22,54	22,55	22,41	1,000	1,000	0,779
8397.6-9	2	1,000	22,69	22,51	22,52	22,43	1,000	1,000	0,783
33.7-9	2	1,000	22,71	22,54	22,55	22,41	1,000	1,000	0,779
9386.6-39	2	1,000	22,73	22,59	22,6	22,56	1,000	1,000	0,757
26.4-39	2	1,000	22,63	22,43	22,43	22,27	1,000	1,000	0,814
1008.1-39	2	1,000	22,61	22,41	22,41	22,23	1,000	1,000	0,822
8809.9-39	2	1,000	22,61	22,41	22,41	22,23	1,000	1,000	0,822



13.2-39	2	1,000	22,61	22,38	22,38	22,2	1,000	1,000	0,829
2305.1-39	2	1,000	22,61	22,38	22,38	22,2	1,000	1,000	0,829
39.6-9	2	1,000	22,85	22,77	22,78	22,74	1,000	1,000	0,706
187.2-9	2	1,000	22,84	22,74	22,75	22,76	1,000	1,000	0,709
594.1-70	2	1,000	22,84	22,77	22,78	22,74	1,000	1,000	0,706
1922.4-70	2	1,000	22,84	22,77	22,78	22,74	1,000	1,000	0,706
3516.5-9	2	1,000	22,84	22,76	22,77	22,78	1,000	1,000	0,704
17375.4-9	2	1,000	22,84	22,76	22,77	22,78	1,000	1,000	0,704
191.1-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,16	1,000	0,986	0,626
46.9-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,15	1,000	0,988	0,628
8962.1-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,16	1,000	0,986	0,626
47.7-9	1	1,000	22,95	23,01	23,02	23,16	1,000	0,986	0,626
50.7-9	1	1,000	22,95	23,01	23,01	23,14	1,000	0,989	0,629
51.5-9	1	1,000	22,95	23,01	23,01	23,14	1,000	0,989	0,629
70.1-9	1	1,000	22,95	23,01	23,01	23,14	1,000	0,989	0,629
52.3-9	1	1,000	22,95	23,01	23,01	23,15	1,000	0,988	0,628
17306.1-9	1	1,000	22,93	22,99	23	23,15	1,000	0,989	0,631
71.0-9	1	1,000	22,93	22,99	23	23,14	1,000	0,99	0,633
4.3-9	1	1,000	22,92	22,97	22,98	23,16	1,000	0,988	0,634
9339.4-9	1	1,000	22,92	22,97	22,98	23,16	1,000	0,988	0,634
170.8-9	1	1,000	22,93	22,99	23	23,14	1,000	0,99	0,633
169.4-9	1	1,000	22,93	22,99	23	23,14	1,000	0,99	0,633
17750.4-61	1	1,000	22,93	22,99	23	23,15	1,000	0,989	0,631
127.9-9	1	1,000	22,93	22,99	23	23,15	1,000	0,989	0,631
17271.5-9	2	1,000	22,69	22,51	22,53	22,43	1,000	1,000	0,782
17280.4-9	2	1,000	22,69	22,51	22,53	22,43	1,000	1,000	0,782
3518.1-39	2	1,000	22,61	22,39	22,39	22,21	1,000	1,000	0,827
9394.7-39	2	1,000	22,61	22,39	22,39	22,21	1,000	1,000	0,827
3520.3-39	2	1,000	22,61	22,38	22,38	22,21	1,000	1,000	0,828
3517.3-39	2	1,000	22,61	22,38	22,38	22,2	1,000	1,000	0,829
3519.0-39	2	1,000	22,61	22,38	22,38	22,2	1,000	1,000	0,829
8456.5-39	2	1,000	22,6	22,38	22,38	22,2	1,000	1,000	0,829
7808.5-39	2	1,000	22,6	22,38	22,38	22,2	1,000	1,000	0,829
18.3-39	2	1,000	22,59	22,34	22,35	22,11	0,999	1,000	0,842
18368.7-39	2	1,000	22,59	22,34	22,35	22,12	0,999	1,000	0,842
436.7-39	2	1,000	22,59	22,34	22,35	22,12	0,999	1,000	0,842
14.1-39	2	1,000	22,61	22,41	22,41	22,23	1,000	1,000	0,821
7824.7-39	2	1,000	22,61	22,41	22,41	22,23	1,000	1,000	0,821
2008.7-70	2	1,000	22,83	22,74	22,75	22,76	1,000	1,000	0,709
2007.9-70	2	1,000	22,83	22,74	22,75	22,76	1,000	1,000	0,709
542.8-70	2	1,000	22,84	22,77	22,78	22,74	1,000	1,000	0,706
8924.9-70	2	1,000	22,83	22,74	22,75	22,76	1,000	1,000	0,709
541.0-70	2	1,000	22,84	22,77	22,78	22,73	1,000	1,000	0,707
543.6-70	2	1,000	22,84	22,77	22,78	22,73	1,000	1,000	0,707
540.1-70	2	1,000	22,84	22,77	22,78	22,73	1,000	1,000	0,707
544.4-70	2	1,000	22,84	22,77	22,78	22,73	1,000	1,000	0,707
545.2-70	2	1,000	22,84	22,77	22,78	22,73	1,000	1,000	0,707
546.1-70	2	1,000	22,84	22,77	22,78	22,73	1,000	1,000	0,707
48.5-9	1	1,000	22,95	23,01	23,01	23,14	1,000	0,989	0,629
49.3-9	1	1,000	22,95	23,01	23,01	23,14	1,000	0,989	0,629
17268.5-70	1	1,000	22,94	22,98	22,98	23,16	1,000	0,988	0,632
17269.3-70	1	1,000	22,94	22,98	22,98	23,16	1,000	0,988	0,632
17144.1-70	1	1,000	22,94	22,98	22,98	23,16	1,000	0,988	0,632
17352.5-9	1	1,000	22,94	22,98	22,99	23,17	1,000	0,987	0,631

17353.3-9	1	1,000	22,94	22,98	22,99	23,17	1,000	0,987	0,631
17437.8-9	1	1,000	22,95	23,01	23,01	23,15	1,000	0,988	0,628
7148.0-61	1	1,000	22,93	22,99	23	23,15	1,000	0,989	0,631
585.1-61	1	1,000	22,93	22,99	23	23,15	1,000	0,989	0,631
9522.2-9	1	1,000	22,92	22,97	22,98	23,16	1,000	0,988	0,634
9746.2-9	1	1,000	22,92	22,97	22,98	23,16	1,000	0,988	0,634
105.8-9	1	1,000	22,93	22,99	23	23,14	1,000	0,99	0,633
69.8-9	1	1,000	22,93	22,99	23	23,14	1,000	0,99	0,633
9728.4-9	1	1,000	22,92	22,97	22,98	23,16	1,000	0,988	0,634
485.5-61	1	1,000	22,93	22,99	23	23,14	1,000	0,99	0,633
131.7-9	1	1,000	22,93	22,99	23	23,14	1,000	0,99	0,633
132.5-9	1	1,000	22,93	22,99	23	23,14	1,000	0,99	0,633
8271.6-9	2	1,000	22,69	22,51	22,52	22,43	1,000	1,000	0,783
499.5-70	2	1,000	22,71	22,54	22,55	22,41	1,000	1,000	0,779
96.5-39	2	1,000	22,6	22,37	22,37	22,18	1,000	1,000	0,833
1007.3-39	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,11	0,998	1,000	0,844
6.0-39	2	1,000	22,59	22,32	22,32	22,07	0,997	1,000	0,849
8253.8-39	2	1,000	22,59	22,32	22,32	22,05	0,996	1,000	0,852
18632.5-39	2	1,000	22,59	22,31	22,31	22,05	0,996	1,000	0,853
8578.2-39	2	1,000	22,59	22,31	22,3	22,01	0,995	1,000	0,857
8.6-39	2	1,000	22,59	22,28	22,29	21,95	0,993	1,000	0,866
9.4-39	2	1,000	22,59	22,28	22,27	21,93	0,992	1,000	0,870
11.6-39	2	1,000	22,58	22,27	22,27	21,96	0,993	1,000	0,867
10.8-39	2	1,000	22,58	22,25	22,25	21,88	0,99	1,000	0,878
8766.1-39	2	1,000	22,56	22,22	22,22	21,91	0,991	1,000	0,881
12.4-39	2	1,000	22,58	22,26	22,26	21,9	0,991	1,000	0,874
2.7-39	2	1,000	22,59	22,34	22,33	22,07	0,997	1,000	0,848
9537.1-39	2	1,000	22,58	22,29	22,3	22,08	0,997	1,000	0,854
148.1-30	2	1,000	22,58	22,29	22,3	22,08	0,997	1,000	0,854
43.4-30	2	1,000	22,59	22,33	22,33	22,07	0,997	1,000	0,849
42.6-30	2	1,000	22,59	22,33	22,33	22,07	0,997	1,000	0,849
1.9-39	2	1,000	22,59	22,34	22,35	22,12	0,999	1,000	0,842
44.2-30	2	1,000	22,59	22,33	22,33	22,07	0,997	1,000	0,849
3.5-39	2	1,000	22,59	22,33	22,33	22,07	0,997	1,000	0,849
9534.6-39	2	1,000	22,58	22,29	22,3	22,08	0,997	1,000	0,854
9535.4-39	2	1,000	22,58	22,29	22,3	22,08	0,997	1,000	0,854
9536.2-39	2	1,000	22,58	22,29	22,3	22,08	0,997	1,000	0,854
9040.9-39	2	1,000	22,59	22,34	22,35	22,12	0,999	1,000	0,842
69.8-39	2	1,000	22,59	22,34	22,35	22,11	0,999	1,000	0,842
186.4-39	2	1,000	22,59	22,34	22,35	22,11	0,999	1,000	0,842
242.9-39	2	1,000	22,58	22,3	22,3	22,08	0,997	1,000	0,853
8714.9-39	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,11	0,999	1,000	0,843
4.3-39	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,11	0,998	1,000	0,844
17836.5-39	2	1,000	22,59	22,33	22,33	22,07	0,997	1,000	0,849
6877.2-39	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,11	0,998	1,000	0,844
5.1-39	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,11	0,998	1,000	0,844
17086.1-39	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,11	0,998	1,000	0,844
17443.2-39	2	1,000	22,6	22,37	22,38	22,21	1,000	1,000	0,829
6367.3-39	2	1,000	22,61	22,39	22,4	22,22	1,000	1,000	0,824
6362.2-39	2	1,000	22,62	22,39	22,39	22,18	1,000	1,000	0,829
15.9-39	2	1,000	22,61	22,39	22,4	22,22	1,000	1,000	0,824
16.7-39	2	1,000	22,62	22,39	22,39	22,18	1,000	1,000	0,829
17247.2-9	2	1,000	22,83	22,74	22,75	22,76	1,000	1,000	0,709
17278.2-9	2	1,000	22,83	22,74	22,75	22,76	1,000	1,000	0,709

17279.1-9	2	1,000	22,83	22,74	22,75	22,76	1,000	1,000	0,709
17313.4-9	2	1,000	22,83	22,74	22,75	22,76	1,000	1,000	0,709
17312.6-9	2	1,000	22,83	22,74	22,75	22,76	1,000	1,000	0,709
18341.5-70	2	1,000	22,83	22,74	22,75	22,75	1,000	1,000	0,710
18342.3-70	2	1,000	22,83	22,74	22,75	22,75	1,000	1,000	0,710
18343.1-70	2	1,000	22,83	22,74	22,75	22,75	1,000	1,000	0,710
17328.2-9	1	1,000	22,94	22,98	22,98	23,16	1,000	0,988	0,632
17551.0-9	1	1,000	22,94	22,98	22,98	23,16	1,000	0,988	0,632
9078.6-61	1	1,000	22,93	22,99	23	23,14	1,000	0,99	0,633
6400.9-39	2	1,000	22,58	22,27	22,27	21,94	0,992	1,000	0,868
76.1-39	2	1,000	22,58	22,26	22,26	21,89	0,991	1,000	0,875
6401.7-39	2	1,000	22,58	22,27	22,27	21,94	0,992	1,000	0,868
91.4-39	2	1,000	22,57	22,25	22,25	21,88	0,99	1,000	0,878
2443.1-39	2	1,000	22,56	22,24	22,24	21,92	0,992	1,000	0,878
304.2-20	2	1,000	22,57	22,24	22,24	21,88	0,99	1,000	0,879
17087.9-39	2	1,000	22,55	22,2	22,2	21,84	0,989	1,000	0,889
100.7-39	2	1,000	22,57	22,22	22,23	21,82	0,988	1,000	0,884
101.5-39	2	1,000	22,57	22,23	22,24	21,83	0,988	1,000	0,883
104.0-39	2	1,000	22,57	22,24	22,24	21,85	0,989	1,000	0,882
103.1-39	2	1,000	22,57	22,23	22,24	21,83	0,988	1,000	0,883
102.3-39	2	1,000	22,57	22,24	22,24	21,83	0,988	1,000	0,882
6396.7-39	2	1,000	22,57	22,22	22,23	21,82	0,988	1,000	0,884
9117.1-39	2	1,000	22,57	22,22	22,23	21,82	0,988	1,000	0,884
18283.4-39	2	1,000	22,55	22,19	22,2	21,84	0,989	1,000	0,890
97.3-39	2	1,000	22,57	22,22	22,23	21,82	0,988	1,000	0,885
99.0-39	2	1,000	22,57	22,22	22,23	21,82	0,988	1,000	0,884
17314.2-39	2	1,000	22,55	22,19	22,2	21,84	0,989	1,000	0,890
98.1-39	2	1,000	22,57	22,23	22,24	21,83	0,988	1,000	0,883
9118.9-39	2	1,000	22,55	22,18	22,19	21,83	0,988	1,000	0,892
17407.6-39	2	1,000	22,56	22,2	22,21	21,88	0,99	1,000	0,886
72.8-39	2	1,000	22,58	22,25	22,26	21,93	0,992	1,000	0,872
17338.0-39	2	1,000	22,58	22,24	22,25	21,88	0,99	1,000	0,879
73.6-39	2	1,000	22,58	22,24	22,25	21,88	0,99	1,000	0,879
74.4-39	2	1,000	22,58	22,24	22,24	21,87	0,99	1,000	0,880
75.2-39	2	1,000	22,57	22,24	22,24	21,87	0,99	1,000	0,880
80.9-39	2	1,000	22,57	22,24	22,24	21,87	0,99	1,000	0,880
79.5-39	2	1,000	22,57	22,25	22,25	21,92	0,991	1,000	0,874
17759.8-39	2	1,000	22,57	22,24	22,24	21,87	0,99	1,000	0,880
3378.2-70	2	1,000	22,55	22,2	22,2	21,87	0,99	1,000	0,888
8254.6-39	2	1,000	22,59	22,32	22,33	22,05	0,996	1,000	0,852
17244.8-39	2	1,000	22,56	22,21	22,21	21,9	0,991	1,000	0,883
17623.1-39	2	1,000	22,58	22,29	22,3	22,08	0,997	1,000	0,854
17835.7-39	2	1,000	22,58	22,29	22,3	22,08	0,997	1,000	0,854
9041.7-39	2	1,000	22,58	22,3	22,31	22,08	0,997	1,000	0,852
17833.1-39	2	1,000	22,58	22,29	22,3	22,08	0,997	1,000	0,854
17783.1-39	2	1,000	22,6	22,36	22,36	22,2	1,000	1,000	0,833
17675.3-9	2	1,000	22,6	22,36	22,36	22,2	1,000	1,000	0,833
18.3-9	2	1,000	22,61	22,38	22,39	22,17	1,000	1,000	0,831
8810.2-9	2	1,000	22,61	22,38	22,38	22,19	1,000	1,000	0,830
5492.5-9	2	1,000	22,61	22,39	22,39	22,2	1,000	1,000	0,828
9657.1-9	2	1,000	22,61	22,38	22,38	22,19	1,000	1,000	0,830
17673.7-9	2	1,000	22,61	22,38	22,38	22,19	1,000	1,000	0,830
19.1-9	2	1,000	22,61	22,38	22,38	22,19	1,000	1,000	0,830
8349.6-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,15	1,000	1,000	0,835

18007.6-9	2	1,000	22,61	22,38	22,38	22,19	1,000	1,000	0,83
20.5-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,15	1,000	1,000	0,835
8350.0-9	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,17	1,000	1,000	0,839
107.4-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,835
17416.5-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,836
108.2-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,836
17464.5-9	2	1,000	22,61	22,38	22,38	22,18	1,000	1,000	0,831
184.8-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,836
498.7-70	2	1,000	22,58	22,26	22,26	21,89	0,991	1,000	0,875
2446.5-39	2	1,000	22,55	22,19	22,19	21,83	0,988	1,000	0,891
6157.3-39	2	1,000	22,55	22,18	22,19	21,83	0,988	1,000	0,892
9119.7-39	2	1,000	22,55	22,18	22,19	21,83	0,988	1,000	0,892
8263.5-39	2	1,000	22,57	22,24	22,24	21,87	0,99	1,000	0,880
115.5-39	2	1,000	22,57	22,24	22,24	21,88	0,99	1,000	0,880
226.7-20	2	1,000	22,57	22,22	22,22	21,82	0,988	1,000	0,885
116.3-39	2	1,000	22,57	22,22	22,23	21,82	0,988	1,000	0,884
125.2-39	2	1,000	22,57	22,22	22,22	21,81	0,988	1,000	0,885
113.9-39	2	1,000	22,57	22,22	22,22	21,81	0,988	1,000	0,885
17709.1-39	2	1,000	22,55	22,18	22,18	21,82	0,988	1,000	0,893
114.7-39	2	1,000	22,55	22,18	22,18	21,81	0,988	1,000	0,893
123.6-39	2	1,000	22,57	22,22	22,22	21,8	0,987	1,000	0,885
184.8-20	2	1,000	22,57	22,22	22,22	21,8	0,987	1,000	0,885
190.2-39	2	1,000	22,57	22,22	22,21	21,8	0,987	1,000	0,886
118.0-39	2	1,000	22,57	22,21	22,21	21,8	0,987	1,000	0,886
17334.7-39	2	1,000	22,57	22,21	22,21	21,79	0,987	1,000	0,886
117.1-39	2	1,000	22,57	22,22	22,21	21,8	0,987	1,000	0,886
119.8-39	2	1,000	22,57	22,21	22,21	21,79	0,987	1,000	0,887
120.1-39	2	1,000	22,57	22,21	22,21	21,78	0,987	1,000	0,887
3497.5-39	2	1,000	22,55	22,16	22,17	21,79	0,987	1,000	0,895
127.9-39	2	1,000	22,57	22,21	22,21	21,77	0,986	1,000	0,887
121.0-39	2	1,000	22,57	22,21	22,21	21,77	0,986	1,000	0,887
6102.6-39	2	1,000	22,57	22,21	22,21	21,77	0,986	1,000	0,887
122.8-39	2	1,000	22,55	22,16	22,16	21,77	0,986	1,000	0,896
17249.9-39	2	1,000	22,55	22,2	22,2	21,87	0,99	1,000	0,888
17250.2-70	2	1,000	22,55	22,2	22,2	21,87	0,99	1,000	0,888
17266.9-39	2	1,000	22,55	22,2	22,2	21,87	0,99	1,000	0,888
17316.9-39	2	1,000	22,55	22,2	22,2	21,87	0,99	1,000	0,888
18043.2-39	2	1,000	22,56	22,2	22,21	21,88	0,99	1,000	0,886
17184.1-39	2	1,000	22,55	22,2	22,2	21,87	0,99	1,000	0,888
17643.5-39	2	1,000	22,55	22,2	22,2	21,87	0,99	1,000	0,888
18300.8-39	2	1,000	22,55	22,2	22,2	21,87	0,99	1,000	0,888
22.1-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,836
126.1-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,836
23.0-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,836
8973.7-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,836
24.8-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,836
8958.3-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,836
25.6-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,836
21.3-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,15	1,000	1,000	0,835
109.1-9	2	1,000	22,61	22,37	22,37	22,14	0,999	1,000	0,836
17149.2-9	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,17	1,000	1,000	0,839
5.1-9	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,17	1,000	1,000	0,839
2445.7-39	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,16	1,000	1,000	0,840
17284.7-39	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,16	1,000	1,000	0,840

2444.9-39	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,16	1,000	1,000	0,840
8351.8-9	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,17	1,000	1,000	0,839
9747.1-9	2	1,000	22,59	22,35	22,36	22,18	1,000	1,000	0,836
17417.3-9	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,16	1,000	1,000	0,840
17521.8-39	2	1,000	22,55	22,18	22,19	21,83	0,988	1,000	0,892
405.7-20	2	1,000	22,55	22,18	22,18	21,81	0,988	1,000	0,893
62.1-20	2	1,000	22,55	22,18	22,18	21,82	0,988	1,000	0,893
17330.4-39	2	1,000	22,55	22,16	22,17	21,79	0,987	1,000	0,895
18085.8-39	2	1,000	22,55	22,16	22,17	21,79	0,987	1,000	0,895
17315.1-9	2	1,000	22,59	22,34	22,34	22,16	1,000	1,000	0,840
17372.0-9	2	1,000	22,59	22,33	22,34	22,15	1,000	1,000	0,841
17371.1-9	2	1,000	22,59	22,33	22,34	22,15	1,000	1,000	0,841
17373.8-9	2	1,000	22,59	22,33	22,34	22,15	1,000	1,000	0,841