

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

**Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica em Campina
Grande, Quanto à Continuidade do Serviço**

Aurélio Calheiros de Melo Júnior

Campina Grande, Paraíba
1999

Aurélio Calheiros de Melo Júnior

**Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica em Campina
Grande, Quanto à Continuidade do Serviço**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade
Federal da Paraíba - Campus II como parte dos
requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Elétrica.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

Moema Soares de Castro, Dr^a.

Orientadora

Campina Grande, Paraíba, Brasil

©Aurélio Calheiros de Melo Júnior, Agosto de 1999



M528a
1999

Melo Júnior, Aurélio Calheiros de
Avaliação da qualidade da energia elétrica em Campina Grande, quanto a continuidade do serviço. Campina Grande - PB: UFPB, 1999. 116p.

Dissertação Mestrado - CCT-Engenharia Elétrica

- 1. Energia Elétrica - Qualidade**
- 2. Índices de Qualidade de Energia Elétrica**

CDU: 621.316

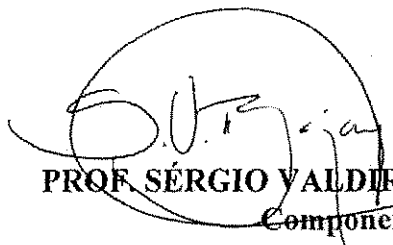
**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA EM CAMPINA GRANDE,
COM BASE NOS ÍNDICES REGULAMENTADORES**

AURÉLIO CALHEIROS DE MELO JÚNIOR

Dissertação Aprovada em 09.08.1999

Moema Soares de Castro

PROFA. MOEMA SOARES DE CASTRO, Dr., UFPB
Orientadora



PROF. SÉRGIO VALDIR BAJAY, Ph.D., UNICAMP
Componente da Banca

Benemar Alencar

PROF. BENEMAR ALENCAR DE SOUZA, D.Sc., UFPB
Componente da Banca

Wellington Santos Mota

PROF. WELLINGTON SANTOS MOTA, Ph.D., UFPB
Componente da Banca

CAMPINA GRANDE - PB
Agosto - 1999

Agradecimentos

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, e em especial:

- aos meus pais, irmãos e família pelo constante apoio, incentivo e suporte, durante todo o percurso;
- à Professora Moema Soares de Castro (NERG – DEE – UFPB), pela oportunidade, orientação e amizade;
- aos Professores Benedito Antonio Luciano e Marcos Antonio Barbosa (DEE – UFPB), pelo incentivo e colaboração;
- ao Engenheiro Marcelo Renato Cerqueira Paes Júnior (CELB) e à estagiária Marcília Vieira Nóbrega (CELB), pelo apoio e dados fornecidos para a realização do trabalho;
- à Companhia Energética da Borborema (CELB), pelo acesso aos dados utilizados no trabalho;
- à CAPES, pelo auxílio financeiro para a realização do trabalho;
- ao Professor Sérgio Valdir Bajay (UNICAMP), pelo apoio e disponibilidade;
- aos Amigos(as), pelo incentivo e suporte, especialmente Dimitri, Jorge, Juliano, Marcelo, Rogério e Rui;
- e aos Deuses, por tudo isso e muito ainda por vir.

“Valeu a pena? Tudo vale a pena
se a alma não é pequena.
Quem quer passar além do Bojador
Tem que passar além da dor.
Deus, ao mar o perigo e o abysmo deu
Mas nelle é que espalhou o céu.”
Fernando Pessoa

Resumo

A energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento da sociedade. Atualmente a qualidade é uma de suas principais características. Seguindo uma tendência mundial, alguns setores da sociedade brasileira têm aumentado sua cobrança em relação a qualidade de fornecimento de eletricidade, através da fixação e aferição de índices de avaliação da **Qualidade da Energia Elétrica (QEE)**. Neste estudo, faz-se uma avaliação da **QEE** que é distribuída na cidade de Campina Grande, através da Companhia Energética da Borborema – CELB. Os dados usados no cálculo dos índices correspondem aos períodos de 1996, 1997 e 1998. Apresenta-se um histórico do tópico **QEE** no Brasil, uma classificação das causas das perturbações nos sistemas elétricos e as principais portarias regulamentadoras da qualidade no setor. Faz-se uma comparação entre os índices locais e os utilizados em outros países. Define-se cada índice utilizado, com suas características e expressões matemáticas. Descreve-se a metodologia utilizada na coleta dos dados para o cálculo e avaliação dos índices. A partir dos resultados obtidos, e da análise dos mesmos, apresentam-se considerações sobre a qualidade da energia e as causas que contribuem para a degradação desta. As conclusões indicam possibilidades de melhoria da qualidade da energia que é distribuída e sugerem procedimentos mais eficientes para obtenção de dados utilizados no cálculo dos índices.

Abstract

Electric energy is essential for the society development. Nowadays, quality is one of its main characteristics. Following a world tendency, the Brazilian society has been increasing its demand in relation to **Power Quality (PQ)** in a supply level through setting and controlling evaluation indexes. This study makes an evaluation of **PQ** indexes in Campina Grande city, supplied by Companhia Energética da Borborema-CELB. The data used for the index calculation correspond to the periods of 1996, 1997 and 1998. The study carried out a **PQ** review in Brazil classifies the disturbance causes in electric systems and presents the main orders that regulate quality at the supply level. Comparisons are made among local figures for some indexes and values found at other countries. Each index employed in the study is defined with its characteristics and mathematical expressions. The data collection procedures and the evaluation of the indexes are described. From the obtained results come considerations on the power quality and the causes that contribute for its degradation are put forward. The conclusions indicate improvement possibilities for the **PQ** and suggest more efficient procedures in the data gathering procedures for the index calculation.

Sumário

- Agradecimentos	iii
- Resumo	iv
- Abstract	v
- Lista de figuras	ix
- Lista de tabelas	xi

Introdução	1
------------	---

Objetivos	7
-----------	---

Objetivos Específicos	9
-----------------------	---

1. Qualidade da Energia Elétrica (QEE): Histórico e Causas das Perturbações	10
---	----

1.1. Histórico no Brasil	10
--------------------------	----

1.2. Histórico da CELB	14
------------------------	----

1.3. Causas das Perturbações	15
------------------------------	----

1.3.1. Variações Instantâneas de Tensão	18
---	----

1.3.1.1. Surtos de Tensão	18
---------------------------	----

1.3.1.2. Transitórios Oscilatórios de Tensão	18
--	----

1.3.1.3. Cortes na Tensão	19
---------------------------	----

1.3.2. Variações Momentâneas de Tensão	20
--	----

1.3.2.1. Subtensões Momentâneas ou Afundamento de Tensão	20
--	----

1.3.2.2. Sobretensões Momentâneas ou Elevações Momentâneas de Tensão	21
--	----

1.3.2.3. Interrupções Momentâneas de Tensão	21
1.3.2.4. De Curtíssima Duração	22
1.3.2.5. De Curta Duração	22
1.3.2.6. Temporária	22
1.3.3. Variações Sustentadas de Tensão	22
1.3.3.1. Subtensão Sustentada	22
1.3.3.2. Sobretensão Sustentada	22
1.3.3.3. Interrupção Sustentada de Tensão	22
1.3.4. Variações Momentâneas de Frequência	23
1.3.5. Distorção Harmônica Total	23
1.3.6. Flutuação de Tensão	24
1.3.7. Cintilação	24
1.3.8. Desequilíbrio de Tensão	24
1.3.9. Ruído	24
1.3.10. Rádio Interferência	25
2. Portarias e Relação de Índices de Regulamentação da Qualidade	26
2.1. Portarias Regulamentadoras	26
2.2. Relação e Definição dos Índices de Qualidade da Energia	31
2.2.1. Suprimento	35
2.2.2. Transporte	36
2.2.3. Fornecimento	38
2.2.4. Conformidade	40
2.2.5. Satisfação do Consumidor	42
2.3. Outros Índices de Qualidade da Energia	44

3. Metodologia de Coleta e Análise dos Dados	50
3.1. Metodologia de Coleta de Dados	50
3.2. Metodologia de Cálculo dos Índices	51
3.3. Metodologia de Análise dos Resultados	54
3.4. Custos de Interrupção	55
4. Apresentação dos Dados Coletados e Cálculo dos Índices	58
4.1. Apresentação dos Dados Coletados	58
4.2. Dados e Referências de Outras Companhias	65
4.3. Cálculo dos Demais Índices	68
5. Análise dos Resultados	69
5.1. Introdução	69
5.2. Índices Calculados Atualmente	70
5.3. Notas de Reclamação	82
5.4. Demais Índices Calculados	85
6. Conclusões	87
Anexos	91
Referências Bibliográficas	109

Lista de figuras

1.1 – Consumo de energia	2
1.2 – Investimentos anuais no setor elétrico	3
1.3 – Consumo de eletricidade por classe/1997	4
1.1 - Surto de Tensão	18
1.2 – Transitórios Oscilatórios de Tensão	19
1.3 – Cortes na Tensão	19
1.4 – Subtensão Momentânea	20
1.5 – Sobretensão Momentânea	21
1.6 – Interrupções Momentâneas de Tensão	21
1.7 – Variações Momentâneas de Frequência	23
1.8 – Distorção Harmônica	23
2.1 – Etapas presentes no TMRE	34
5.1 – Evolução semestral do DEC 1996-1998	71
5.2 – Evolução semestral do FEC 1996-1998	71
5.3 – Evolução mensal do DEC 1996-1998	74
5.4 – Evolução mensal do FEC 1996-1998	74
5.5 – Contribuições ao DEC e FEC, por setor, 1996	76
5.6 – Contribuições ao DEC e FEC, por setor, 1997	76
5.7 – Contribuições ao DEC e FEC, por setor, 1998	76
5.8 – Participação das subestações no DEC e FEC 1996	77
5.9 – Participação das subestações no DEC e FEC 1997	77
5.10 – Participação das subestações no DEC e FEC 1998	78

5.11 – Principais causas de interrupção, para o DEC e FEC 1996	79
5.12 – Principais causas de interrupção, no DEC e FEC 1997	80
5.13 – Principais causas de interrupção, para DEC e FEC 1998	80
5.14 – NR por nível de tensão e causa geral 1996	82
5.15 – NR por nível de tensão e causa geral 1997	83
5.16 – NR por nível de tensão e causa geral 1998	83
5.17 – TA's médios em 1996, 1997 e 1998	84

Lista de tabelas

1.1 – Causas das interrupções de energia elétrica	16
2.1 – Valores máximos de DEC e FEC, para cada tipo de sistema	28
2.2 – Limites Precários de Variação de Tensão	
Consumidores Atendidos em Tensões Secundários de Distribuição	29
2.3 – Limites Adequados de Variação de Tensão	
Consumidores Atendidos em Tensões Secundárias de Distribuição	29
2.4 – Limites Precários de Variação de Tensão	
Consumidores Atendidos em Tensões Secundárias de Distribuição	29
2.5 – Limites Adequados de Variação de Tensão	
Consumidores Atendidos em Tensões Secundárias de Distribuição	29
2.6 – Formulário para apuração dos índices ICD/ILD	39
2.7 – Equivalência entre índices nacionais e estrangeiros	49
3.1 – Custo de interrupção, por setor	56
3.2 – Custo do kWh interrompido	56
4.1 – DEC mensal	60
4.2 – FEC mensal	60
4.3 – DEC por setor	61
4.4 – FEC por setor	61
4.5 – DEC por subestação	61
4.6 – FEC por subestação	61
4.7 – DEC por alimentador	62
4.8 – FEC por alimentador	62

4.9 – DEC por causa	62
4.10 – FEC por causa	62
4.11 – Notas de Reclamação por causa (geral)	63
4.12 – Notas de Reclamação por nível de tensão	63
4.13 – Tempo de atendimento	64
4.14 – Notas de Reclamação	64
4.15 – Energia interrompida 1996, 1997 e 1998	65
4.16 – DEC/FEC das empresas de porte médio 1996/1997	66
4.17 – DEP mensal 1996/97/98	68
4.18 – FEP mensal 1996/97/98	68
5.1 – Previsão 1999-2003 para DEC e FEC	73
5.2 – Subestações e alimentadores da CELB	78

Introdução

A energia é um fator de fundamental importância para se garantir o desenvolvimento de uma sociedade. Com a atual globalização, e conseqüente competitividade e dependência dos mercados interno e externo, a disponibilidade de energia torna-se uma ferramenta de planejamento estratégica, sobre a qual deve-se atuar a fim de assegurar, com uma boa margem de segurança, o crescimento pretendido.

Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, a demanda por energia é pressionada por alguns fatores, como o crescimento demográfico, e conseqüente aumento das áreas urbanas e consumo final residencial; ampliação do parque industrial, decorrente da abertura do mercado interno ao investimento estrangeiro, ocasionando a implantação de várias plantas industriais por todo o País.

Tais fatores implicam a necessidade de aumento de produção de energia para suprir esta demanda e garantir a produção em todos os setores. Na figura I.1 mostra-se a evolução estimada do consumo de energia desde 1900 até o ano 2020.

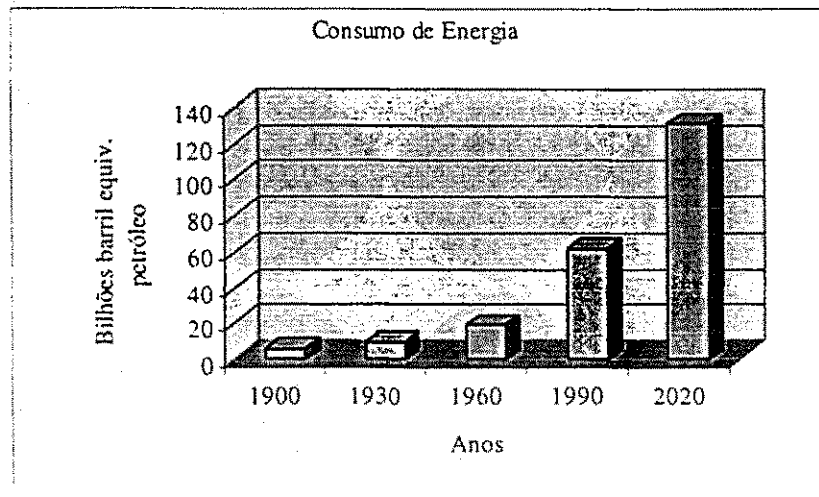


Figura I.1 – Consumo de energia no mundo (Borenstein et al. (1997))

Segundo Borenstein et al. (1997), os combustíveis fósseis, não renováveis, respondem atualmente por 75% das necessidades de energia primária em nível mundial. Nos meios de transporte, o petróleo ainda monopoliza o consumo, representando 97% do que é usado como combustível no mundo. No setor de produção de energia elétrica apresentam-se algumas alternativas para substituição dos combustíveis fósseis, como as hidrelétricas (18% da produção), as nucleares (17%) e as fontes alternativas ditas renováveis, que não causam, diretamente, poluição e degradação do meio ambiente, como a energia solar e eólica (menos de 1%).

Apesar de os investimentos nos sistemas elétricos dos países em desenvolvimento terem uma tendência crescente, para garantir os seus desenvolvimentos, observa-se que os

investimentos no setor elétrico no Brasil, com recursos próprios, têm mostrado uma tendência decrescente nos últimos anos, como mostra a figura I.2.

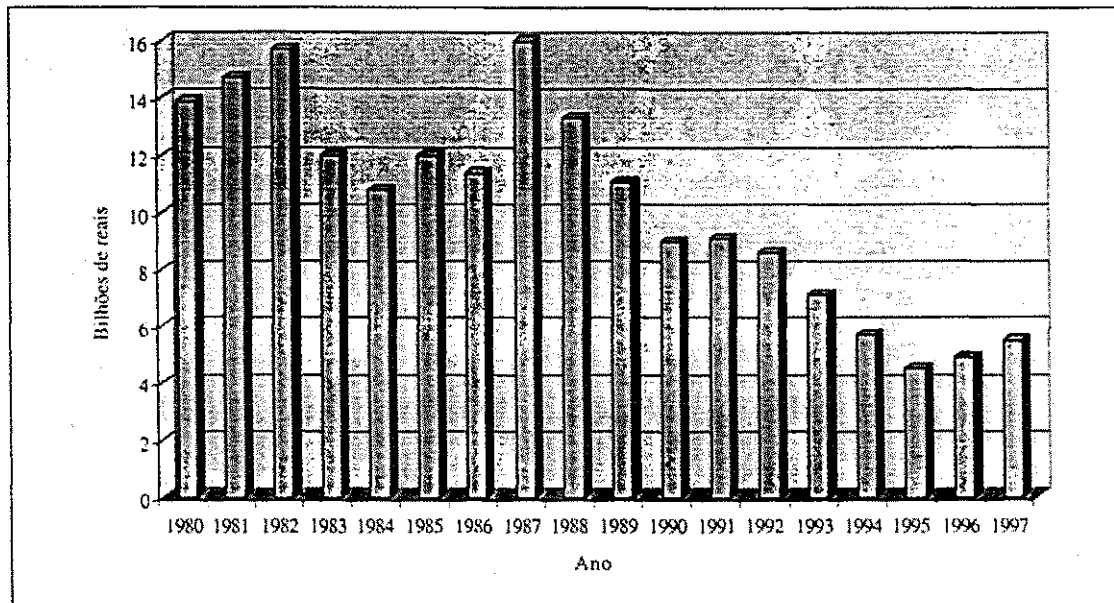


Figura I.2 – Investimentos anuais no setor elétrico brasileiro

(Fonte: Revista Eletricidade Moderna, Setembro/1998)

O sistema elétrico brasileiro apresenta dois sub-sistemas interligados, sendo um conectando os mercados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, representando 78,55% dos consumidores do país, e o outro conectando os mercados das regiões Norte e Nordeste, atendendo 19,35% do total dos consumidores. Estes sistemas são atendidos, basicamente, por usinas hidrelétricas, existindo algumas poucas usinas térmicas. O restante dos consumidores do país, alimentados por sistemas independentes isolados, corresponde a 2,10% do total.

Segundo Pires et al. (1998), no ano de 1998 a capacidade nominal instalada de geração do setor elétrico brasileiro era de 61.312 GW, representada por 55.857 GW de origem hidráulica e 5.455 GW de origem térmica. A geração bruta de energia alcançou 333 TWh, incluindo a compra do excedente paraguaio de Itaipu e dos autoprodutores. O

consumo total de energia elétrica verificado foi de 311,5 TWh, sendo que o consumo médio per capita foi de 2.149 kWh/hab, no mesmo período.

O padrão de distribuição de consumo de energia elétrica no Brasil é equivalente ao de países industrializados, com a classe industrial sendo responsável pela maior parcela do consumo (45%), seguida pela classe residencial (27%), classe comercial (14%) e com as demais classes de consumo (rural, serviços públicos e outros) respondendo por 14% do mercado, como mostra a figura I.3.

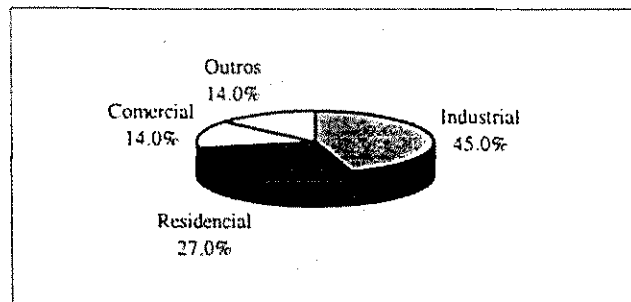


Fig. I.3 – Consumo de eletricidade por classe/1997 (Fonte: Eletrobrás)

Seguindo uma tendência mundial, alguns setores da sociedade brasileira têm se conscientizado e aumentado a sua cobrança em relação à melhoria na qualidade de fornecimento da energia elétrica, principalmente nos grandes centros.

A conscientização ecológica também tem crescido, aparecendo movimentos organizados, como as ONGs – Organizações Não Governamentais, contra a construção de grandes obras de geração e transmissão de energia elétrica que ponham em risco a preservação do já bastante degradado meio ambiente do país.

Segundo Arruda et al. (1995), os responsáveis pelo setor elétrico no Governo, juntamente com as concessionárias, têm sido levados a investir na pesquisa para a detecção e controle de perturbações que afetam a forma da onda da tensão de fornecimento,

investindo também, quando possível, para garantir o fornecimento da energia conforme os padrões estabelecidos pelas portarias que regulamentam o serviço, a fim de suprir a demanda crescente, principalmente no setor residencial.

Para Heggset et al. (1996), este comportamento de parte da sociedade, de consciência e cobrança em relação à qualidade da energia, vem se tornando cada vez mais comum devido ao fato de que a eletricidade, a partir de um certo momento, passou a ser vista, também, como um produto, e não mais apenas como um serviço prestado pelas concessionárias aos consumidores, valorizando-se, então, sua qualidade.

Para atender a consumidores cada vez mais conscientes da importância da qualidade do serviço, torna-se necessária a fixação e a aferição dessa qualidade, dando suporte, inclusive, para futuros planejamentos de expansão e melhoria dos sistemas garantindo o suprimento da crescente demanda com as limitações das concessionárias. Daí surge a necessidade de implantação do conceito dos índices de avaliação da qualidade da energia elétrica.

Quando há um problema que afeta a qualidade de energia elétrica, um dos aspectos observado é um desvio na forma de onda na tensão de alimentação, podendo a qualidade de energia elétrica, neste caso, ser representada pela qualidade da tensão elétrica no ponto onde a carga está ligada.

De uma forma geral, Bronzeado et al. (1996) conceituam um serviço de fornecimento de energia elétrica como sendo de boa qualidade aquele que garanta, a custos viáveis, o funcionamento adequado, seguro e confiável de equipamentos e processos industriais, sem afetar o meio ambiente e o bem estar das pessoas. Conclui-se, a partir disso, que assegurar a qualidade no fornecimento da energia elétrica significa melhorar a qualidade de vida dos consumidores deste serviço.

Tal definição coincide, ou deveria coincidir, exatamente com a missão das concessionárias de energia elétrica, a qual só será plenamente atingida com o envolvimento de todas as partes presentes no processo, desde a produção até o uso final, ou seja, desde a usina até os consumidores finais. Para tanto, as concessionárias de energia devem assegurar níveis aceitáveis de distorção da forma de onda da tensão do sistema elétrico, de forma a não acarretar qualquer problema nos equipamentos do sistema e dos consumidores.

De acordo com Arango et al. (1994), para garantir um nível mínimo de qualidade de serviço deve-se fazer um planejamento de investimentos e execução de obras de melhoria do sistema elétrico. Nível mínimo de qualidade de serviço seria a condição de operação que atende às exigências mínimas legais de tensão e de continuidade de serviço, como também as restrições de carregamento dos equipamentos e instalações.

O número crescente de consumidores com cargas sensíveis a perturbações e, também, o número de cargas causadoras de perturbações, têm forçado as companhias que produzem, distribuem e usam energia elétrica a trabalharem para manter um nível de qualidade adequado.

Portanto, a melhoria da qualidade da energia apresenta-se como um desafio tanto para as companhias fornecedoras e distribuidoras como para seus clientes, pois todos pretendem dispor, sempre que possível, de energia elétrica de alta qualidade.

Objetivos

Com o intuito de entender melhor o assunto em questão, faz-se com o presente trabalho um estudo do tema proposto e, com base neste estudo, uma avaliação da qualidade da energia elétrica fornecida pela CELB - Companhia Energética da Borborema - ao município de Campina Grande, em relação à continuidade do serviço e aos índices regulamentadores utilizados para esta categoria.

Os dados para os cálculos dos índices foram cedidos pela companhia citada, referentes aos períodos de 1996, 1997 e 1998. As análises feitas correspondem apenas aos índices DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor), dos quais se tinha parâmetros e referências para se realizar a avaliação. Devido a isto, não se fazem avaliações e comentários sobre a qualidade da energia com relação aos outros índices citados no trabalho, pois não se tem, até o momento, referências sobre os mesmos.

No capítulo 1 mostra-se um breve histórico do tópico Qualidade da Energia Elétrica (QEE) no Brasil e da CELB, além de uma conceituação das causas das perturbações nos sistemas de energia elétrica, acarretando degradação na qualidade da energia e uma classificação das interrupções que ocorrem num sistema de distribuição.

No capítulo 2, faz-se um levantamento das portarias emitidas pelos órgãos competentes para regulamentar a qualidade da energia elétrica, apresentando alguns índices que devem ser seguidos pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica. Apresenta-se, também, a relação dos índices citados no Manual de Implantação de Fornecimento de Energia Elétrica emitido pelo DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, mostrando-se para cada índice a expressão matemática para o devido cálculo.

Listam-se, ainda neste capítulo, alguns índices encontrados na bibliografia pesquisada, não contidos no Manual, bem como alguns índices utilizados em outros países, fazendo-se uma comparação destes com os contidos no Manual.

No capítulo 3 descreve-se a metodologia utilizada na coleta dos dados, dos cálculos dos índices e da avaliação destes índices feita tanto pela concessionária quanto durante este estudo.

No capítulo 4 apresenta-se os dados mais relevantes coletados, referentes aos índices de qualidade da energia, sendo que alguns dados complementares a que se teve acesso estão contidos em anexos.

No capítulo 5 faz-se a análise dos dados apresentados, comparando-os com os índices estabelecidos pelos órgãos reguladores competentes e com os alcançados por outras concessionárias, bem como comentários a respeito da satisfação dos consumidores e dos custos de interrupção da energia elétrica, tanto para a concessionária quanto para os consumidores.

No capítulo 6 apresentam-se as conclusões tiradas do presente estudo, indicando possibilidades de melhoria da qualidade e de procedimentos de obtenção de índices de avaliação da qualidade da energia elétrica, até então não calculados.

Objetivos Específicos

- ◆ fazer um estudo sobre os índices relacionados com avaliação da qualidade da energia elétrica;
- ◆ coletar dados necessários para proceder o cálculo dos índices e, a partir desses dados, calcular os índices;
- ◆ analisar os valores atingidos para cada índice calculado e o que estes índices representam para a caracterização da qualidade da energia;
- ◆ identificar possíveis causas que contribuem para a degradação da qualidade da energia;
- ◆ sugerir procedimentos que indiquem uma melhora da qualidade da energia elétrica e, conseqüentemente, do serviço prestado pela empresa concessionária.

Capítulo 1

Qualidade da Energia Elétrica: Histórico e Causas das Perturbações

1.1 – Histórico

O tema Qualidade de Energia Elétrica – QEE, ultimamente, tem sido muito discutido pela comunidade técnico-científica, tanto em âmbito internacional como nacional, principalmente em decorrência da adoção do novo modelo do setor elétrico.

De acordo com Bordini, W.P. et al. (1998), a Qualidade de Fornecimento de Energia Elétrica no Brasil remonta ao Código de Águas de 1934, quando da criação do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade, dentro da Política Industrial do País.

1.3.10 - Rádio Interferência (*RFI*): Rádio interferência são perturbações de alta frequência, de ordem de 0,5 a 100 MHz e são normalmente intermitentes. Se distinguem do ruído pela forma de propagação, enquanto o ruído se propaga pelo sistema elétrico tendo como fonte componentes internos e cargas ligadas ao sistema, a rádio interferência é gerada externamente ao sistema, se propaga pelo ar e é captada por um componente do sistema atingindo um consumidor em algum ponto. Pode-se dizer que a rádio interferência é um problema de poluição eletromagnética mais do que um problema de poluição elétrica.

- 1.3.6 - Flutuação de Tensão (*Voltage Fluctuation*): é uma série de Variações de Tensão sistemáticas e intermitentes dentro de uma faixa entre 95% e 105% da tensão nominal. Este termo tem sido usado de forma incorreta para se referir às Variações de Tensão e Cintilação.
- 1.3.7 - Cintilação (*Flicker*): é a modulação de baixa frequência (0,5 a 20 Hz) na amplitude da tensão de suprimento. Dependendo da frequência e do percentual de variação, será percebido pela vista humana, sendo esta impressão visual resultante da variação do fluxo luminoso nas lâmpadas elétricas submetidas às Flutuações de Tensão do sistema elétrico.
- 1.3.8 - Desequilíbrio de Tensão (*Voltage Imbalance*): é a razão entre a componente de seqüência negativa e a componente de seqüência positiva da tensão do sistema (trifásico). Considera-se, também, a relação entre a componente de seqüência zero e a positiva para medir o desequilíbrio de tensão.
- 1.3.9 - Ruído (*Noise*): O fenômeno conhecido como ruído é o resultado de uma perturbação aleatória superposta à forma de onda da grandeza elétrica, geralmente compreendida entre 0 a 2 MHz. As perturbações podem ter sua origem nas cargas de consumidores ou em componentes defeituosos do sistema e irão se propagar pelo mesmo, atingindo cargas suscetíveis em algum ponto do sistema. Normalmente este tipo de interferência é o resultado de operações defeituosas, ou instalação inadequada de componentes do sistema ou de consumidores.

1.3.4 - Variações Momentâneas de Frequência (*Power Frequency Variations*): são pequenos desvios momentâneos do valor da frequência fundamental da tensão decorrentes do desequilíbrio entre a geração da energia elétrica e a demanda solicitada pela carga, como mostra a figura 1.7. A sua duração e magnitude dependem essencialmente da dimensão do desequilíbrio ocorrido, da característica dinâmica da carga e do tempo de resposta do sistema de geração às variações de potência.

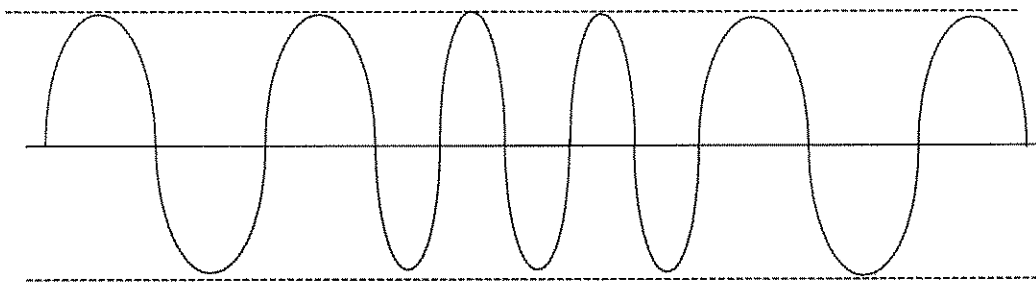


Fig 1.7 - Variações Momentâneas de Frequência

1.3.5 - Distorção Harmônica Total (*Total Harmonic Distortion*): este termo tem sido usado tanto para os sinais de tensão como de corrente, para quantificar o nível de distorção da forma de onda com relação à forma de onda ideal (senoidal), à frequência fundamental, como é mostrado na figura 1.8. É causada pela conexão de cargas não lineares ao sistema, como retificadores, controladores de velocidade a tiristores e certos tipos de lâmpadas.

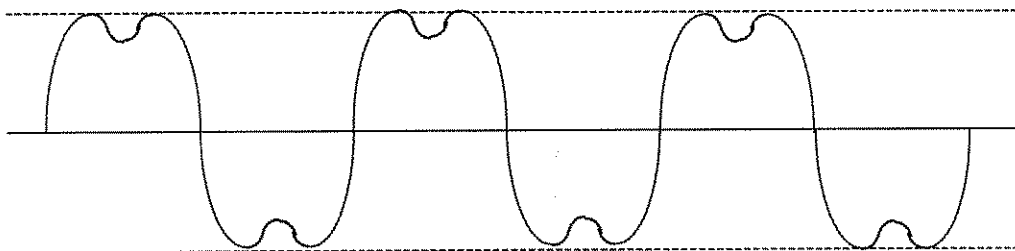


Fig 1.8 - Distorção Harmônica

Em termos de duração, as Variações Momentâneas de Tensão podem ser divididas em:

1.3.2.4 - De Curtíssima Duração (*Instantaneous*): duração entre 1/2 ciclo e 30 ciclos.

1.3.2.5 - De Curta Duração (*Momentary*): duração entre 30 ciclos e 3 segundos.

1.3.2.6 - Temporária (*Temporary*): duração entre 3 segundos e 1 minuto.

1.3.3 - Variações Sustentadas de Tensão (*Long Duration Voltage Variation*): são variações de valor *rms* da tensão entre dois níveis consecutivos, com duração incerta, porém maior ou igual a 1 minuto. Em geral, são causadas pela entrada e saída de grandes blocos de carga, linhas de transmissão e equipamentos de compensação de potência reativa (banco de capacitores e reatores). Podem ser classificadas como:

1.3.3.1 - Subtensão Sustentada (*Undervoltage*): para valores de tensão entre 10% e 90% da tensão nominal.

1.3.3.2 - Sobretensão Sustentada (*Overvoltage*): para valores de tensão superiores a 110% da tensão nominal.

1.3.3.3 - Interrupção Sustentada de Tensão (*Sustained Interruption*): para valores de tensão inferiores a 10% da tensão nominal ou faltas de tensão.

1.3.2.2 - Sobretensões Momentâneas ou Elevações Momentâneas de Tensão (*Voltage Swells*): são elevações momentâneas do valor *rms* da tensão, em uma ou mais fases do sistema, para valores de tensão superiores a 110% da tensão nominal, e duração entre 1/2 ciclo e 1 minuto, mostrado na figura 1.5.

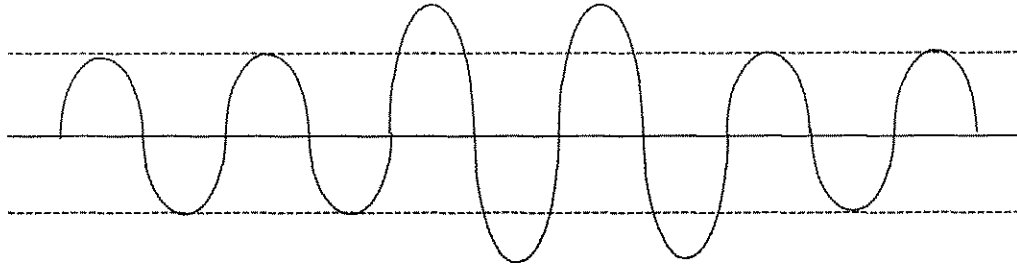


Fig 1.5 - Sobretensão Momentânea

1.3.2.3 - Interrupções Momentâneas de Tensão (*Short Duration Interruptions*): são reduções do valor *rms* da tensão, em uma ou mais fases do sistema, para valores de tensão inferiores a 10% da tensão nominal e duração entre 1/2 ciclo a 1 minuto. A figura 1.6 mostra este tipo de distúrbio.

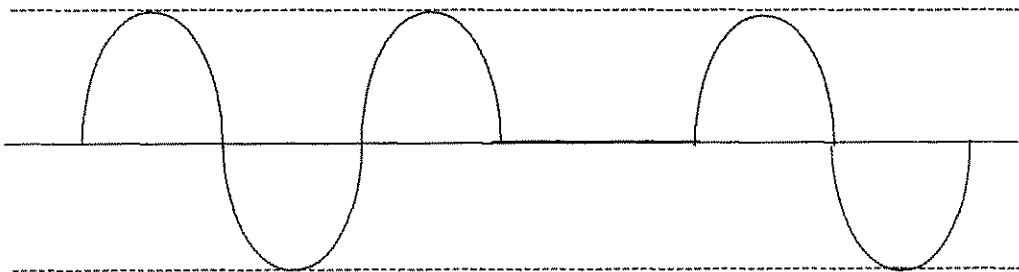


Fig 1.6 - Interrupções Momentâneas de Tensão

1.3.2 - Variações Momentâneas de Tensão (*Short Duration Voltage Variations*): são variações momentâneas no valor *rms* da tensão entre dois níveis consecutivos, com duração incerta, porém menor do que um minuto. Geralmente são causadas por curtos-circuitos no sistema elétrico e chaveamentos de equipamentos que demandam altas correntes de energização. Podem ser classificadas, quanto à variação de tensão, em:

- Subtensões Momentâneas de Tensão;
- Sobretensões Momentâneas de Tensão;
- Interrupções Momentâneas de Tensão;

Quanto a duração, em:

- De Curtíssima Duração;
- De Curta Duração;
- Temporária.

1.3.2.1 - Subtensões Momentâneas ou Afundamento Momentâneo de Tensão (*Voltage Sags*): são reduções momentâneas do valor *rms* da tensão, em uma ou mais fases do sistema elétrico, para valores de tensão entre 10% e 90% da tensão nominal, e duração entre 1/2 ciclo e um minuto, mostrado na figura 1.4.

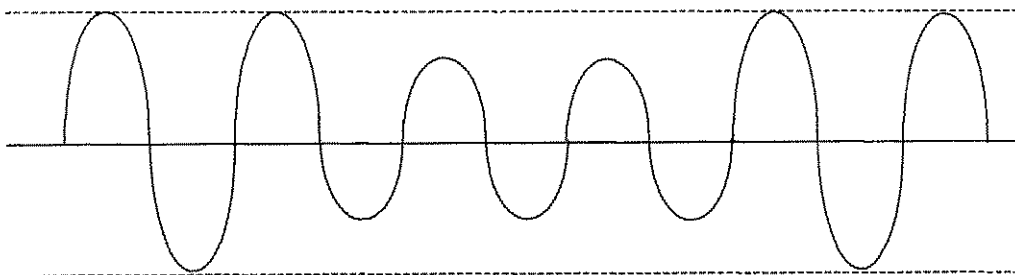


Fig 1.4 - Subtensão Momentânea

frequência fundamental, como mostrado na figura 1.2. Em geral, são causados pelos chaveamentos de equipamentos e linhas de transmissão.

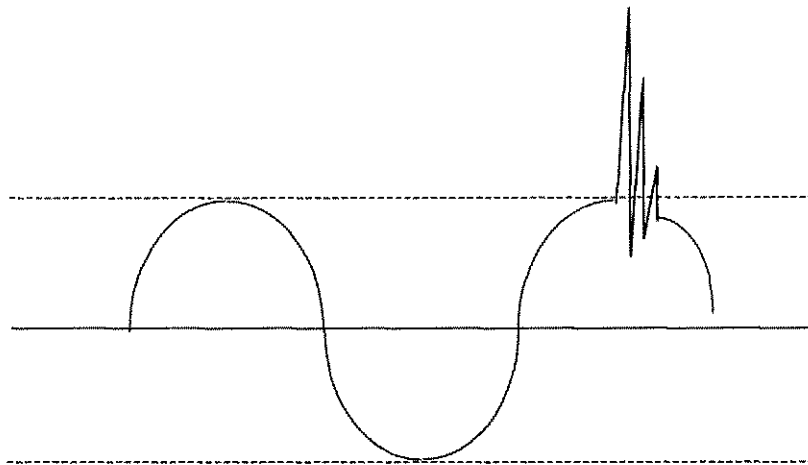


Fig 1.2 - Transitórios Oscilatórios de Tensão

1.3.1.3 - Cortes na Tensão (*Notching*): são descontinuidades do valor instantâneo da tensão causadas geralmente pelos curtos-circuitos fase-fase durante a comutação da corrente entre as fases do sistema durante a operação normal dos conversores de potência. Normalmente são seguidos de transitórios oscilatórios e, por serem periódicos, têm sido também analisados como distorção harmônica. A figura 1.3 mostra este tipo de distúrbio.

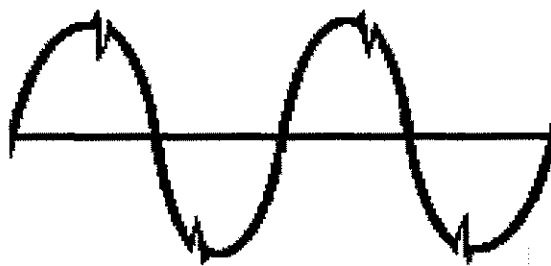


Fig. 1.3 - Cortes na Tensão

1.3.1 - Variações Instantâneas de Tensão (*Transient Voltages*): são variações súbitas do valor instantâneo da tensão. Em geral, dependem do montante de energia armazenada nos elementos do sistema no instante inicial da ocorrência e do comportamento transitório do sistema para atingir o seu novo ponto de operação. Neste grupo estão incluídos:

- Surtos de Tensão;
- Transitórios Oscilatórios de Tensão;
- Cortes na Tensão.

1.3.1.1 - Surtos de Tensão (*Impulsive Transients*): geralmente causados por descargas atmosféricas, são caracterizados pelo tempo de subida, tempo de caída e pelo valor de pico da tensão, tendo polaridade unidirecional. A figura 1.1 mostra a forma de onda quando da ocorrência deste distúrbio.

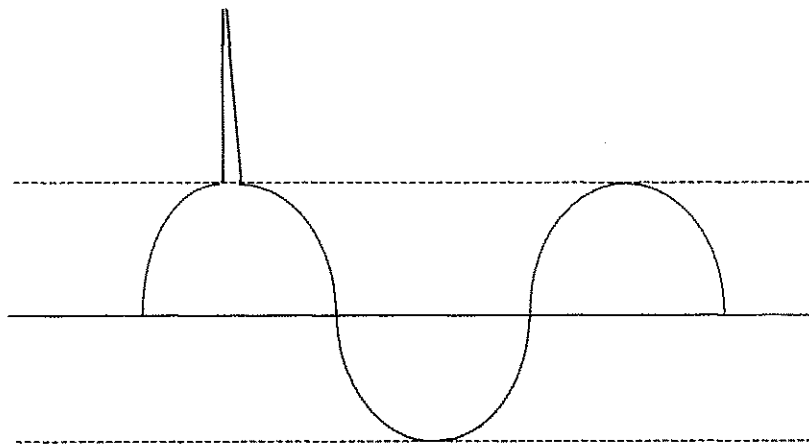


Fig 1.1 - Surto de Tensão

1.3.1.2 - Transitórios Oscilatórios de Tensão (*Oscillatory Transients*): são oscilações do valor instantâneo da tensão sobreposta ao seu valor instantâneo normal, à

A identificação das causas é feita através da utilização de códigos numéricos para cada causa específica de interrupção, facilitando assim, o preenchimento dos formulários de verificação da interrupção. Os códigos utilizados pela companhia para cada causa específica estão contidos no Anexo 1.

A seguir, faz-se um apanhado dos distúrbios da forma de onda da tensão em um sistema elétrico que interferem na qualidade da energia elétrica, relacionando as causas de tais perturbações, mostrando-se, para alguns casos, como seria a forma de onda quando da ocorrência desta perturbação.

De acordo com Abreu, J. P. et al. (1996), os distúrbios envolvendo qualidade de energia podem ser agrupados segundo características relacionadas, por exemplo, à sua duração e o tipo de ocorrência. Pode-se agrupar os principais fenômenos eletromagnéticos associados à qualidade de energia, com suas respectivas representações nas formas de onda da tensão, e causadores de perturbações no sistema, da forma definida nas seções seguintes:

- Variações Instantâneas de Tensão;
- Variações Momentâneas de Tensão;
- Variações Sustentadas de Tensão;
- Variações Momentâneas de Frequência;
- Distorção Harmônica Total;
- Flutuação de Tensão;
- Cintilação;
- Desequilíbrio de Tensão;
- Ruído;
- Rádio Interferência.

As interrupções, descontinuidades ou perdas de serviço por parte de um ou mais consumidores que são o resultado de uma ou mais saídas de componentes, dependendo da configuração do sistema, devem ser classificadas de acordo com certos critérios, de maneira a caracterizar o tipo de análise que se deseja fazer. A cada ocorrência de defeito no sistema de distribuição deve-se procurar identificar a causa do mau funcionamento do componente, para definir os procedimentos que venham a minimizar sua reincidência.

Na distribuição, as interrupções que devem ser incluídas nos cálculos dos índices, resultantes de saídas de um ou mais componentes que afetam os consumidores alimentados pelo sistema, quaisquer que sejam sua origem, podem ser classificadas, de uma maneira geral, da forma apresentada na Tabela 1.1.

CLASSIFICAÇÃO	DENOMINAÇÃO	DETALHAMENTO
DURAÇÃO	MOMENTÂNEA	Interrupções ≤ 3 min
	SUSTENTADA	Interrupções > 3 min
ORIGEM	EXTERNA	Saída de componente externo ao sistema
	INTERNA	Saída de componente pertencente ao sistema
CAUSA	PROGRAMADA	Alteração Manutenção Não classificada
	NÃO PROGRAMADA	Meio ambiente Terceiros Falha humana Próprias do sistema Falha de componentes Outro órgão/companhia Outras Desconhecida
TENSÃO	DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIA	115 V 127 V 220 V 230 V 380 V
	DIST. PRIMÁRIA	13.800 V 34.500 V
	SUBTRANSMISSÃO	34.500 V > 34.500 V
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	TEMPO ADVERSO	Chuvas Vento Calor etc.
	TEMPO NORMAL	Não classificadas como adverso

Fonte: Cipoli, J. A. (1993)

Tabela 1.1 – Classificação das interrupções de energia elétrica

Segundo relatório interno da companhia e Nogueira, G. M. F. (1995), dentre os objetivos a que se prestava a companhia, quando da sua criação, estavam os seguintes:

- promover a eletrificação urbana e rural de Campina Grande, cidades e distritos circunvizinhos;
- transformar a Companhia em uma Empresa Energética;
- redistribuir energia elétrica, constituindo-se numa forma de prestação de serviços e bem-estar à coletividade.

Atualmente, a companhia encontra-se em processo de preparação para a privatização, sendo o programa de implantação dos índices de qualidade um dos requisitos necessários neste processo.

1.3 – Causas das Perturbações

Teoricamente, as tensões de suprimento em um sistema de potência deveriam ser perfeitamente equilibradas, senoidais, com amplitude e frequência constantes. Na realidade, tal sistema inexistente, pois a sua própria operação e o uso da energia pelos consumidores causam desvios das condições ideais de suprimento, degradando a qualidade da energia.

Segundo Abreu, J. P. et al. (1996), um problema de qualidade de energia é qualquer distúrbio ou ocorrência manifestada nos níveis de tensão e/ou nas formas de onda de tensão ou corrente que possam resultar em insuficiência, má operação, falha ou defeito permanente em equipamentos de um sistema elétrico. Tanto do ponto de vista técnico quanto acadêmico, qualquer desvio, acima de certos limites, na característica destes parâmetros é considerado um problema envolvendo qualidade de energia.

dados, faz parte das empresas contidas na relação da ANEEL para a fase de implantação dos índices de qualidade, a partir da etapa experimental.

1.2 – Histórico da CELB

A CELB foi criada pela Lei n.º 61, de 8 de setembro de 1966 do Poder Executivo Municipal, o qual autorizou a constituição de uma sociedade de economia mista por ações, contando com a participação acionária municipal de 51%. Sediada na cidade de Campina Grande, tem como objetivo explorar, administrar, conservar, ampliar e manter os serviços elétricos neste município, mediante concessão em caráter exclusivo, podendo, ainda, estender suas atividades a outros municípios dentro da região. Em 1º de março de 1968 o Presidente da República concedeu-lhe autorização para funcionar como empresa de energia elétrica

Pela Portaria n.º 716, de 29 de outubro de 1970 do Ministério de Minas e Energia ampliou-se a zona de concessão de distribuição de energia elétrica da companhia, com a inclusão dos distritos de Boa Vista, Catolé, São José da Mata, Galante, Alvinho, Campinote, Floriano, Marinho, Jenipapo e dos municípios de Massaranduba, Lagoa Seca, Queimadas e Fagundes.

Em nível regional a companhia é suprida pela CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Em nível local, a mesma realiza especificamente a distribuição e manutenção de energia elétrica no compartimento de Campina Grande, abrangendo os distritos e municípios citados.

- subsidiar decisões gerenciais de caráter preventivo, corretivo e preditivo;
- permitir a valoração econômica da qualidade;
- atender, além da empresa, as necessidades dos consumidores e órgãos reguladores, em termo de quantificação e qualificação do desempenho do sistema.

O DNAEE atuou historicamente como o regulador das atividades setoriais, sendo extinto em 1996 e tendo suas funções incorporadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, criada pela Lei n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996, vinculada ao Ministério das Minas e Energia, com sede e foro no Distrito Federal, com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as Políticas e Diretrizes do Governo Federal. O Decreto n.º 2.335, de 6 de outubro de 1997, aprova a Estrutura Regimental da ANEEL, que tem como competência as seguintes funções:

- fiscalizar as concessões para prestação de serviço público de energia elétrica;
- zelar pelo equilíbrio econômico-financeiro das concessionárias e pela qualidade dos serviços prestados;
- supervisionar a exploração dos recursos hídricos do país;
- definir a estrutura tarifária e autorizar os níveis propostos pelas empresas.

Em 1996, a ANEEL elaborou um plano de gerenciamento dos índices de avaliação da qualidade da energia, com base no Manual de Implantação de Qualidade de Fornecimento de Energia Elétrica, onde as companhias que fazem parte do sistema elétrico brasileiro foram agrupadas por categoria, entre grandes, médias e pequenas, tomando-se como base o número de clientes servidos. A Companhia Energética da Borborema – CELB, cedente dos

Comitê de Operações Norte/Nordeste – CCON, do Grupo Técnico Operacional da Região Norte – GTON e da Associação Brasileira de Concessionárias de Energia Elétrica – ABCE. No desenvolvimento dos trabalhos do Grupo, percebeu-se a necessidade de ampliação da abrangência do assunto previsto na Portaria DNAEE n.º. 293/92. Desse modo, foi emitida a Portaria DNAEE n.º. 163, de 22/03/93, revogando a anterior, com o objetivo de estudar e propor modelos para representar a qualidade do fornecimento de energia elétrica, com o mesmo Grupo de Trabalho mencionado, aperfeiçoando os respectivos documentos legais. Como resultado, foi elaborada uma proposta de Modelo de Qualidade de Fornecimento de Energia Elétrica, representado por Índices de Suprimento e de Fornecimento de Energia Elétrica, surgindo, em consequência, o Manual de Implantação de Qualidade de Fornecimento de Energia Elétrica.

De acordo com o estudo feito pelo Grupo de Trabalho, o estabelecimento de índices de qualidade deveria atender a diversos requisitos, dentre os quais pode-se citar:

- ser obtenível a partir dos parâmetros estatísticos dos componentes do sistema;
- ser mensurável a partir dos dados históricos de operação, permitindo comparações entre os valores previstos por cálculo e os valores reais;
- comportar-se de modo consistente e previsível face às diferentes alterações a que estão sujeitas as variáveis de estado do sistema;
- ser passível de obtenção em diferentes níveis de agregação, ou seja, em termos locais, regionais, globais, por nível de tensão, por modo de falha, por tipo de componente, por horizonte temporal etc.;
- atender às necessidades de empresas com características distintas (pequeno porte, grande porte, controladoras de área, distribuidora etc.);
- possibilitar o estabelecimento de uma base consensual de critérios de qualidade aceitável por todas as empresas;

O objetivo de elaborar-se tal regulamentação é que esta irá garantir o desenvolvimento de métodos que permitam uma redução das perdas comerciais e técnicas impostas às distribuidoras e aos usuários, causadas por uma qualidade inadequada da energia.

Para Bonfil et al. (1993), uma das maneiras de se obter tais métodos é pesquisando entre os consumidores existentes na área estudada para se detectar perturbações relacionadas com a qualidade da energia e identificar as cargas mais sensíveis e as mais poluidoras, identificando, também, as características mais importantes da instalação de cada consumidor.

Normalmente, o consumidor não tem conhecimento de como os seus próprios equipamentos podem influenciar na qualidade do fornecimento, ou seja, ele pensa que todas as perturbações são ocasionadas unicamente pelo mau funcionamento do sistema, de origem externa.

A introdução de programas de qualidade, identificação das necessidades dos consumidores e de índices de avaliação não são, individualmente, suficientes para garantir a evolução da qualidade dos serviços de energia elétrica, devendo-se identificar e implementar mecanismos que avaliem e garantam um desempenho satisfatório.

Segundo Andrade et al. (1995), os órgãos federais normativos, responsáveis pelas liberações de concessões, estabelecem limites mínimos de qualidade e confiabilidade, oficializados por portarias ministeriais, que devem ser cumpridos pelas concessionárias de energia elétrica. Atualmente, a fiscalização e avaliação destes parâmetros é feita pelo órgão regulador, a ANEEL, por meio de auditorias periódicas nas concessionárias.

Os objetivos dessas portarias são garantir indicadores confiáveis para aferição da qualidade dos serviços no cumprimento de padrões e normas, na identificação das ações técnicas e operacionais e no controle de despesas e manutenção de estoques.

Durante alguns anos, o órgão responsável pela emissão das portarias regulamentadoras dos níveis de tensão e dos índices de confiabilidade do sistema elétrico era o DNAEE, o qual foi extinto em 1996, com a criação da ANEEL, atual responsável pelo controle e fiscalização do sistema elétrico.

A seguir, listam-se as portarias emitidas por estes órgãos, com os valores de tensões e índices utilizados por estes como referência para uma avaliação da qualidade da energia de fornecimento.

As portarias ministeriais relacionadas com a qualidade de energia emitidas até o início deste ano foram as seguintes:

- Portaria DNAEE n.º 46, de 17.04.78 - Estabelece disposições relativas a continuidade de serviço a serem observadas pelos concessionários de serviço público de eletricidade. Estabelece, também, os valores máximos anuais relativos aos índices DEC e FEC, para consumidores atendidos em tensão de transmissão e subtransmissão, inferior a 69 kV, primária ou secundária, mostrados na tabela a seguir.

CONJUNTO DE CONSUMIDORES	DEC	FEC
	(horas)	(número)
Atendido por sistema subterrâneo com secundário reticulado	15	20
Atendido por sistema subterrâneo com secundário radial	20	25
Atendido por sistema aéreo, com mais de 50.000 consumidores	30	45
Atendido por sistema aéreo, com número de consumidores entre 15.000 e 50.000	40	50
Atendido por sistema aéreo, com número de consumidores entre 5.000 e 15.000	50	60
Atendido por sistema aéreo, com número de consumidores entre 1.000 e 5.000	70	70
Atendido por sistema aéreo, com menos de 1.000 consumidores	120	90

Tabela 2.1 – Valores máximos de DEC e FEC, para cada tipo de sistema.

- Portaria DNAEE n.º 47, de 17.04.78 - Estabelece os níveis de determinadas tensões de fornecimento de energia elétrica, bem como os limites de variações das tensões em geral.

TENSÃO NOMINAL (Volt)	LIMITES DE VARIAÇÃO	
	MÍNIMO (Volt)	MÁXIMO (Volt)
Trifásico		
220/127	189/109	233/135
380/220	327/189	403/233
Monofásico		
254/127	218/109	270/135
440/220	378/189	466/233

Tabela 2.2 – Limites Precários de Variação de Tensão
Consumidores Atendidos em Tensões Secundários de Distribuição

TENSÃO NOMINAL (Volt)	LIMITES DE VARIAÇÃO	
	MÍNIMO (Volt)	MÁXIMO (Volt)
Trifásico		
220/127	201/116	229/132
380/220	348/201	396/229
Monofásico		
254/127	232/116	264/132
440/220	402/201	458/229

Tabela 2.3 - Limites Adequados de Variação de Tensão
Consumidores Atendidos em Tensões Secundárias de Distribuição

TENSÃO NOMINAL (Volt)	LIMITES DE VARIAÇÃO	
	MÍNIMO (Volt)	MÁXIMO (Volt)
Monofásico		
230/115	206/103	254/127
240/120	206/103	254/127

Tabela 2.4 - Limites Precários de Variação de Tensão
Consumidores Atendidos em Tensões Secundárias de Distribuição

TENSÃO NOMINAL (Volt)	LIMITES DE VARIAÇÃO	
	MÍNIMO (Volt)	MÁXIMO (Volt)
Monofásico		
230/115	212/106	242/121
240/120	216/108	250/125

Tabela 2.5 - Limites Adequados de Variação de Tensão
Consumidores Atendidos em Tensões Secundárias de Distribuição

- Portaria DNAEE n.º 31, de 11.04.80 - Estabelece metodologia uniforme para apuração dos índices de continuidade de suprimento dos sistemas elétricos.
- Portaria DNAEE n.º 87, de 01.08.80 - Altera prazos estabelecidos na Portaria n.º 47, de 17.04.78.
- Portaria DNAEE n.º 50, de 12.06.81 - Prorroga os prazos estabelecidos na Portaria n.º 87, de 01.08.80.
- Portaria DNAEE n.º 4, de 10.01.89 - Dá nova redação as alíneas “a” e “b” do inciso II e o § 4º do art. 1º da Portaria n.º 47, de 17.04.78.
- Portaria DNAEE n.º 293, de 19.10.92, cria um Grupo de Trabalho com o objetivo de adequar os índices contidos na Portaria n.º 46, de 17.04.78, à nova realidade. O Grupo de Trabalho, coordenado pelo DNAEE, foi formado por representantes das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRÁS, do Comitê de Distribuição – CODI, do Comitê de Operações Norte/Nordeste – CCON, do Grupo Técnico Operacional da Região Norte – GTON e da Associação Brasileira de Concessionárias de Energia Elétrica – ABCE.
- Portaria DNAEE n.º 163, de 22.03.93 - Revoga a Portaria anterior, com o objetivo de estudar e propor modelos para representar a qualidade do fornecimento de energia elétrica, com o mesmo Grupo de Trabalho criando pela Portaria n.º 293, aperfeiçoando os respectivos documentos legais. Como resultado, foi elaborada uma proposta de Modelo de Qualidade de Fornecimento de Energia Elétrica, representado por Índices de Suprimento e de Fornecimento de Energia Elétrica.

- Portaria DNAEE n.º 466, de 01.01.98 - Estabelece novos critérios nas relações entre empresas concessionárias e consumidores e aplicação de índices mínimos de qualidade de fornecimento de energia para todas as concessionárias do país a partir do ano 2000.

Além destas portarias, o extinto DNAEE emitiu em agosto de 1996 o "*Manual de Implantação da Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica*", com o objetivo de detalhar o modelo matemático da Portaria 163/93, estabelecendo as fórmulas dos índices de qualidade e discriminando a forma de obtenção dos parâmetros envolvidos e da coleta dos respectivos dados de formação.

O manual também apresenta a forma de implantação do modelo, detalhando a abrangência, a organização e a forma de gerenciamento dos dados que deverão ser coletados, além de estabelecer os procedimentos de sua coleta, transmissão, tratamento e apresentação.

2.2 – Relação e Definição dos Índices de Qualidade de Energia

Os processos de produção ou atividades dos consumidores são, de um modo geral, dependentes, em maior ou menor grau, da continuidade do fornecimento de energia. Assim, para os consumidores, a qualidade de serviço relaciona-se com a disponibilidade de eletricidade, a qualidade de potência elétrica oferecida e o fornecimento de informações sobre perturbações.

De acordo com Gouvêa et al. (1994), a confiabilidade, do ponto de vista dos usuários finais, pode ser caracterizada por alguns índices como, por exemplo, o tempo de interrupções por ano, o número de interrupções longas por ano e o número de interrupções

curtas por ano. Um importante parâmetro que determina a confiabilidade de redes é a capacidade de reserva disponível, ou seja, a quantidade de energia disponível caso haja um eventual problema em parte do sistema, sendo possível, assim, suprir esta área sem maiores danos para o sistema e seus clientes.

A adoção dos índices de referência de continuidade de fornecimento, ou ainda, qualidade de energia elétrica, permite a realização de análises críticas e quantitativas da situação atual dos sistemas, podendo-se, assim, emitir possíveis alternativas de implementação visando-se definir prioridades de obras de melhoria de qualidade, quando as mesmas se tornarem necessárias.

De acordo com o Manual de Implantação de Fornecimento de Energia Elétrica, emitido pelo extinto DNAEE, a qualidade do fornecimento de energia pode ser avaliada através de quatro atributos: a disponibilidade, a conformidade, a restaurabilidade e a flexibilidade.

A **disponibilidade** pode ser conceituada como a capacidade do sistema elétrico de fornecer energia na quantidade desejada pelos consumidores e sem interrupção.

De acordo com Borenstein et al. (1997), chamando-se o tempo médio de operação de m e o tempo médio de reparo de r , a disponibilidade pode ser definida como sendo a probabilidade de encontrar o equipamento ou sistema em operação num tempo t qualquer no futuro. Matematicamente, chamando-se a disponibilidade de A , pode-se escrever:

$$A = \frac{m}{m + r} \quad (2.1)$$

A **conformidade** pode ser traduzida como a capacidade de o sistema elétrico fornecer aos seus consumidores energia com tensão e frequência sem distorções e

flutuações harmônicas. Esta tarefa é dificultada pela variedade de cargas ligadas à rede elétrica, ocasionando flutuações nas tensões e distorções na forma senoidal pura. Neste sentido, a concessionária deve monitorar continuamente os distúrbios, ajudando os consumidores a ligar corretamente seus equipamentos e, sobretudo, agir para que os problemas de um usuário não se propaguem, via rede elétrica, para outros.

A **restaurabilidade** pode ser interpretada como a capacidade associada ao sistema elétrico de restaurar rapidamente o fornecimento de energia elétrica, minimizando o tempo de saída de operação. Esta propriedade é função direta da política de manutenção da empresa, sendo melhor analisada a partir do conceito de manutenibilidade. Este conceito envolve as ações tomadas pela equipe projetista do equipamento, ou sistema, de modo a que este, quando pronto, possa ser mantido dentro do desempenho esperado por meio de uma manutenção adequada.

Colocando-se o equipamento em operação num certo tempo t , a manutenibilidade diz respeito, primeiramente, às ações e, em segundo plano, a manutenção. Por Borenstein et al. (1997), tem-se que matematicamente a manutenibilidade de um sistema constituído de n unidades pode ser estimada pelo tempo médio de reparo, TMRE, definido como:

$$TMRE = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i t_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (2.2)$$

sendo λ_i a taxa de falha da i -ésima unidade e t_i o tempo de reparo da i -ésima unidade. O tempo médio de reparo geralmente só inclui aqueles itens que podem ser controlados pelo projeto e chamados de tempos de manutenção ativa. Outros itens relacionados aos

chamados tempos administrativos, não são incluídos no TMRE, como mostra a figura 2.1.

Nesta figura, as etapas numeradas representam:

- 1 – Isolamento da falha
- 2 – Tarefas de manutenção programada.
- 3 – Obtenção do ferramental adequado.
- 4 – Deslocamento ao local de manutenção.
- 5 – Reparo ou troca da unidade defeituosa.
- 6 – Testes no sistema.

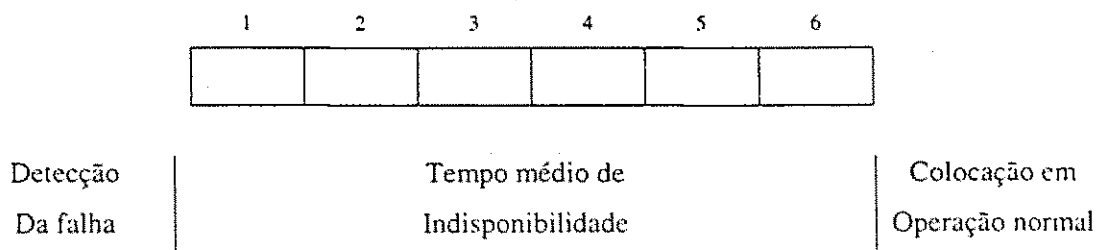


Fig. 2.1 – Etapas presentes no TMRE (somente os itens 1,5 e 6 fazem parte do TMRE).

A **flexibilidade** representa a capacidade que o sistema elétrico tem de assimilar mudanças em sua estrutura ou configuração. As alterações na estrutura do sistema são devidas a saídas de componentes de operação ocasionadas por algum distúrbio, manobras na rede ou ao rápido crescimento da carga. Neste sentido, o sistema deve ser planejado de forma tal que seja possível garantir as operações que comumente se realizam na rede, como energizações e abertura de linhas, bem como estar apto a eliminar os distúrbios que possam aparecer no mesmo.

Para o cálculo dos índices, as perturbações devem ser agrupadas por causa e nível a que pertencem, sendo que este é discriminado entre suprimento, transporte, fornecimento, conformidade e satisfação do consumidor.

Os índices apresentados no Manual, com suas respectivas definições e expressões, são os seguintes:

2.2.1 - Suprimento:

Suprimento é entendido como o conjunto de procedimentos, para a consecução da entrega de energia elétrica a outros concessionários, ou a seu próprio nível de fornecimento, quaisquer que sejam os níveis de tensão envolvidos.

- **FREQ** (Frequência Equivalente de Interrupção): exprime o número de interrupções que, em média, a demanda máxima do conjunto considerado sofreu, no período de observação.

$$FREQ = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{D_m} \quad (2.3)$$

- **DREQ** (Duração Equivalente da Interrupção): representa o intervalo de tempo que, em média, a demanda máxima do conjunto considerado ficou privada do suprimento de energia elétrica, no período de observação.

$$DREQ = \frac{\sum_{l=1}^N (P_l * t_l)}{D_m} \quad (2.4)$$

- ENES (Energia Interrompida): contabiliza a quantidade estimada de energia elétrica não suprida, no período de observação.

$$ENES = \sum_{i=1}^n E_i \quad (2.5)$$

onde:

n = número de interrupções de longa duração, consideradas nos intervalos maiores ou iguais a 1 minuto, exceto decorrentes de racionamento de energia elétrica, determinado de acordo com a lei;

P_i = potência interrompida, refere-se à potência que estava sendo suprida ao concessionário imediatamente antes da i -ésima interrupção (MW);

D_m = demanda máxima verificada no período, refere-se à máxima demanda verificada no concessionário, durante o período de observação (MW ou MWh/h);

t_i = duração da i -ésima interrupção ocorrida no período de observação estipulado, que afetou o concessionário (minutos);

E_i = valor estimado ou calculado da energia não fornecida ao concessionário na i -ésima interrupção (MWh).

2.2.2 - Transporte:

Transporte é entendido como o conjunto de procedimentos, para a consecução do fluxo de energia elétrica em grosso, da oferta ao consumo, quaisquer que sejam os níveis de tensão envolvidos.

- DEPT (Duração Equivalente de Interrupção por Potência): exprime o intervalo de tempo que, em média, a potência (demanda máxima) do conjunto ficou privado de fornecimento de energia elétrica, no período de observação.

$$DEPT = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i * t_i)}{P_c} \quad (2.6)$$

- FEPT (Frequência Equivalente de Interrupção por Potência): representa o número de interrupções que, em média, a potência (demanda máxima) do conjunto sofreu, no período de observação.

$$FEPT = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{P_c} \quad (2.7)$$

onde:

n = número de interrupções de longa duração, consideradas nos intervalos maiores ou iguais a 1 minuto, exceto decorrentes de racionamento de energia elétrica, determinado de acordo com a lei;

P_i = potência instalada (demanda) do conjunto considerado, atingida na interrupção i (kVA);

t_i = tempo de duração da interrupção i (horas);

P_c = potência total instalada (demanda máxima) no conjunto considerado (kVA).

2.2.3 - Fornecimento:

Fornecimento é entendido como o conjunto de procedimentos para a consecução da entrega de energia elétrica aos consumidores finais, quaisquer que sejam os níveis de tensão envolvidos.

- DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor): exprime o intervalo de tempo que, em média, cada consumidor do conjunto considerado ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período de observação.

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i * t_i)}{C_c} \quad (2.8)$$

- FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor): representa o número de interrupções que, em média, cada consumidor do conjunto considerado sofreu, no período de observação.

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{C_c} \quad (2.9)$$

- DIC (Duração de Interrupção por Consumidor): exprime o intervalo de tempo que o consumidor, individualmente considerado, ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período de observação.

$$DIC = \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.10)$$

- FIC (Frequência de Interrupção por Consumidor): representa o número de interrupções que o consumidor, individualmente considerado, ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período de observação.

$$FIC = n \tag{2.11}$$

- DEP (Duração Equivalente de Interrupção por Potência): exprime o intervalo de tempo que, em média, a potência do conjunto considerado ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período de observação.

$$DEP = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i * t_i)}{P_c} \tag{2.12}$$

- FEP (Frequência Equivalente de Interrupção por Potência): representa o número de interrupções que, em média, a potência do conjunto considerado sofreu, no período de observação.

$$FEP = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{P_c} \tag{2.13}$$

- ICD/ILD (Número de Interrupções de Curta e Longa Duração): Sua apuração é feita segundo a tabela a seguir.

INTER- RUPÇÕES	INTERVALO					
	ICD	ILD				
	0 a 1 min	1 min a 1h	1h a 2h	...	≥ 8h	TOTAL
Quantidade						

Tabela 2.6 – Formulário para apuração dos índices ICD/ILD.

onde:

n = número de interrupções de longa duração, consideradas nos intervalos maiores ou iguais a 1 minuto, exceto decorrentes de racionamento de energia elétrica, determinado de acordo com a lei e de consumidor isolado;

C_i = número de consumidores, do conjunto considerado, atingidos na interrupção i (quantidade);

C_c = número total de consumidores do conjunto considerado;

t_i = tempo de duração da interrupção i (horas);

P_i = potência instalada do conjunto considerado, atingida na interrupção i (kVA);

P_c = potência total instalada no conjunto considerado (kVA);

ICD = interrupções de curta duração, consideradas com intervalo menor do que 1 minuto;

ILD = interrupções de longa duração, consideradas nos intervalos maiores ou iguais a 1 minuto.

2.2.4 - Conformidade:

Relacionada com a tensão, máxima ou mínima, fora dos limites adequados, a variabilidade e o tempo de permanência da tensão fora destes limites.

- FEV (Frequência Equivalente de Violação de Tensão): representa a proporção de consumidores que receberam energia com níveis de tensão de fornecimento fora dos limites legais.

$$FEV = \frac{C_r}{C_a} \quad (2.14)$$

- NEV (Nível Equivalente de Violação de Tensão): exprime a média dos níveis de tensão fora dos limites legais, referenciada à tensão de fornecimento, dos consumidores considerados no FEV.

$$NEV = \frac{\sum_{g=1}^z \frac{|T_g - T_l|}{T_f}}{z} \quad (2.15)$$

- VEV (Dispersão ou Variação Equivalente de Violação de Tensão): representa a variação relativa do NEV, significando o grau de dispersão de cada medida, em torno da média NEV. Exprime o desvio padrão relativo à média NEV.

$$VEV = \frac{\sqrt{\sum_{g=1}^z \left(\frac{T_g - T_l}{T_f} - NEV \right)^2}}{z - 1} \cdot NEV \quad (2.16)$$

- DEV (Duração Equivalente de Violação de Tensão): exprime a média dos intervalos de tempo de ultrapassagem dos limites legais de tensão de cada consumidor, com duração igual ou superior a cinco minutos, no período de observação de vinte e quatro horas.

$$DEV = \frac{\sum_{v=1}^{C_v} \sum_{u=1}^x d_{vu}}{C_v} \quad (2.17)$$

onde:

C_v = número de consumidores com violação dos limites de tensão;

C_a = número de consumidores da amostra;

v = contador do número de consumidores com violação dos níveis de tensão, superior e/ou inferior aos níveis estabelecidos em Portaria, variando de 1 a C_v ;

T_g = nível de tensão medido fora dos limites estabelecidos em Portaria;

T_l = nível de tensão limite, superior ou inferior;

T_f = nível de tensão de fornecimento;

z = número de violações de tensão, superior e inferior;

g = contador do número de violações, superior e inferior, variando de 1 a z ;

d_{vu} = tempo de permanência da tensão de fornecimento fora dos limites preconizados, referente a cada consumidor v , desde que superior ou igual a 5 minutos;

x = número de situações seqüenciais do consumidor v , que violaram os limites preconizados da tensão de fornecimento e com durações maiores ou iguais a cinco minutos, para um ciclo de 24h;

u = contador do número de situações seqüenciais do consumidor v , que violaram os limites preconizados da tensão de fornecimento e com durações maiores ou iguais a cinco minutos, para um ciclo de 24h, variando de 1 a x .

2.2.5 - Satisfação do Consumidor:

- SAC (Índice de Satisfação do Consumidor): representa a percepção dos consumidores quanto à qualidade da prestação de serviço da concessionária. É um conjunto de indicadores estatísticos, realizados através de pesquisa de opinião junto aos envolvidos, no sentido de avaliar a percepção dos consumidores quanto à qualidade da prestação de serviço dos concessionários, contemplando os aspectos de continuidade e de conformidade.

O público alvo para a obtenção deste índice é segmentado por classe de consumidor e nível de tensão de fornecimento, estabelecidos da seguinte forma: Classe Residencial; Classe Industrial e Comercial e Serviços Atendidos em Baixa Tensão; e Classe Industrial e Comercial e Serviços Atendidos em Alta Tensão.

O procedimento utilizado na coleta dos dados deve ser o da pesquisa através de entrevistas pessoais, com o preenchimento de questionários do tipo estruturado, não disfarçados, com predominância de perguntas objetivas, de múltipla escolha, para serem aplicados nos conjuntos identificados e definidos pelo plano amostral. Tais questionários, cujos modelos estão contidos no Manual de Implementação, estão no Anexo 2.

Dentre os índices listados no Manual de Implementação, os únicos calculados, atualmente, pelas companhias de eletricidade para análise interna da qualidade da energia são DEC e FEC, além de, em alguns casos, indicadores para o SAC, através de registro das solicitações (Notas de Reclamação – NR) feitas pelos clientes quando da ocorrência de falta de fornecimento de energia ou qualquer outro problema no sistema ou equipamento.

A forma planejada para a implantação dos índices de qualidade, com coordenação geral da ANEEL, passa por três etapas:

- Experimental, através de Projetos Pilotos nas empresas representativas da diversidade do mercado consumidor regional, no período de um ano (1997), com a participação efetiva do pessoal técnico das empresas interessadas e dos órgãos regionais representativos do fornecimento e do suprimento de energia elétrica;
- Precária, no período de dois anos (1998/1999), com a aplicação do Índices de Qualidade em todas as empresas do País, seguindo as mesmas características da anterior;
- Legal, nos moldes da implantação Precária, obedecendo às regras estabelecidas no texto legal definitivo, elaborado com base nas experiências adquiridas nos eventos anteriores, a partir do ano 2000.

A CELB faz parte das empresas escolhidas pela ANEEL para a fase de implantação dos índices de qualidade, a partir da etapa Experimental, fato este que possibilitou a obtenção dos dados para a análise que se pretende fazer.

2.3 – Outros Índices de Qualidade de Energia

Além dos índices listados na seção anterior, contidos no Manual de Implantação, encontraram-se alguns índices para avaliar a qualidade da energia elétrica utilizados em estudos, ou empresas, tanto no Brasil como em outros países, os quais são listados a seguir.

De acordo com Eletrobrás (1986) e Thomaz et al. (1998):

- d (Duração Média por Consumidor): é o período de tempo que, em média, cada consumidor atingido ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período considerado.

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n Ca(i) * t(i)}{\sum_{i=1}^n Ca(i)} \quad (2.18)$$

- d_k (Duração Média por Potência Instalada): é o período de tempo que, em média, cada potência instalada atingida ficou desenergizada, no período considerado.

$$d_k = \frac{\sum_{i=1}^n P(i) * t(i)}{\sum_{i=1}^n P(i)} \quad (2.19)$$

Confiabilidade do Sistema: é a razão, por unidade, em que o sistema ficou no estado operável no período considerado.

- C (Confiabilidade por Consumidor)

$$C = 1 - \frac{DEC}{T} \quad (2.20)$$

- C_k (Confiabilidade por Potência)

$$C_k = 1 - \frac{DEP}{T} \quad (2.21)$$

onde:

$Ca(i)$ = número de consumidores atingidos na interrupção (i);

$t(i)$ = tempo decorrido na interrupção (i) (horas);

$P(i)$ = potência instalada atingida na interrupção (i), expressa em kVA ou MVA;

T = período considerado;

Com relação a índices utilizados em outros países, pode-se citar os seguintes, segundo Rosés et al. (1998):

- Índices de Interrupção por Transformador:

a) FMIT (Frequência Média de Interrupção por Transformador Instalado): representa a quantidade de vezes que o transformador observado sofreu uma interrupção de serviço, em um período determinado.

$$FMIT = \frac{\sum \text{Trafos fds}}{\text{Total Trafos instalados}} \quad (2.22)$$

onde:

fds = fora de serviço.

- b) TTIT (Tempo Total de Interrupção por Transformador Instalado): representa o tempo total em que o transformador observado não esteve em serviço, em um período determinado.

$$TTIT = \frac{\sum \text{Tempo fds} * \text{Trafos fds}}{\text{Total Trafos instalados}} \quad (2.23)$$

- Índices de Interrupção por kVA Instalado:

- a) FMIK (Frequência Média de Interrupção por kVA Instalado): representa a quantidade de vezes que o kVA instalado sofreu uma interrupção de serviço, em um determinado período.

$$FMIK = \frac{\sum \text{kVA fds}}{\text{Total kVA instalado}} \quad (2.24)$$

- b) TTIK (Tempo Total de Interrupção por kVA Nominal Instalado): representa o tempo total em que o kVA instalado no esteve em serviço, em um período determinado.

$$TTIK = \frac{\sum \text{kVA fds} * \text{Tempo fds}}{\text{Total kVA instalado}} \quad (2.25)$$

A Energia Não Suprida (ENS), ainda contido em Rosés et al. (1998), para o cálculo das sanções, resulta em:

$$ENS = MAX(ENS_{FMIK}, ENS_{FMIT}) + MAX(ENS_{TTIK}, ENS_{TTIT}) \quad (2.26)$$

Segundo Mueller (1997), tem-se os seguintes índices:

- SAIFI (Índice de Frequência de Interrupção Média do Sistema): para interrupções prolongadas por mais de cinco minutos (interrupções/ano).

$$SAIFI = \frac{\text{Número Total de Interrupções por Cliente}}{\text{Número Total de Clientes Servidos}} \quad (2.27)$$

- SAIDI (Índice de Duração da Interrupção Média do Sistema): (minutos/ano)

$$SAIDI = \frac{\sum \text{Duração da Interrupção por Cliente}}{\text{Número Total de Clientes Servidos}} \quad (2.28)$$

- CAIDI (Índice de Duração de Interrupção Média por Consumidor): (minutos/interrupção).

$$CAIDI = \frac{\sum \text{Duração da Interrupção por Cliente}}{\text{Número Total de Interrupções por Cliente}} \quad (2.29)$$

- SARFI_{%V} (Índice de Frequência RMS (Variação) Média do Sistema): número da variação rms de curta duração especificada por cliente do sistema. O limiar da tensão permite avaliação de compatibilidade para instrumentos sensíveis a tensão.

$$SARFI_{\%V} = \frac{\sum N_i}{N_T} \quad (2.30)$$

onde:

%V = limiar da tensão rms (140,120,110,90,80,70,50,10);

N_i = número de clientes sujeitos a rms < %V para variação i (rms > %V para %V > 100);

N_T = número total de clientes do sistema.

Comparando-se os índices relacionados acima, de fontes estrangeiras, pode-se fazer uma equivalência, para o caso do FMIT, entre o número de consumidores atingidos na interrupção, durante o não fornecimento de energia, e o número de transformadores fora de serviço, e conseqüentemente, o número de consumidores não atendidos, bem como o número total de consumidores e o número total de transformadores instalados em operação, com este índice correspondendo ao FEC.

O mesmo procedimento se aplica ao índice TTIT em relação ao DEC, onde o tempo de interrupção de fornecimento representa a mesma medida em ambas as expressões.

No caso do FMIK, equivalente ao FEP, a relação é praticamente direta, pois os termos são equivalentes, ou seja, P_i e kVA fds representam a mesma quantidade em ambas as expressões. O procedimento é idêntico para o caso da relação entre o TTIT e o DEP.

Para a relação entre o ENS e o ENES, verifica-se que representam a mesma característica, energia não suprida durante a interrupção, embora para o cálculo de ambas se utilizem expressões diferentes.

Para o caso do SAIFI, equivalente ao FEC, emprega-se praticamente a mesma metodologia de obtenção de tal índice, divergindo apenas o intervalo de observação utilizado, de acordo com o verificado na pesquisa. O mesmo observa-se para o SAIDI, equivalente ao DEC contido no Manual de Implantação.

Já para o caso do índice CAIDI, na verdade a relação entre SAIDI/CAIDI, não há equivalente no Manual de Implantação, representando o mesmo a duração média de cada interrupção de energia no período considerado, embora encontre-se equivalência do mesmo com o índice d (Duração Média por Consumidor), encontrado na bibliografia pesquisada.

Os períodos de observação para o cálculo dos índices, contidos no Manual de Implantação e pesquisados em fontes estrangeiras, podem não coincidir, podendo-se, assim,

os valores de referência entre os mesmos não ser idênticos. Isto deve-se principalmente às diferentes políticas de gerenciamento do fornecimento de energia adotadas em cada país.

A seguir, agrupa-se na tabela 2.7 a comparação feita dos índices listados acima, de fontes estrangeiras, com os contidos no Manual de Implantação, identificando-se os que são equivalentes .

Índices contidos no Manual de Implantação	Índices equivalentes utilizados em outros países	
	Argentina	Estados Unidos
DEC	TTIT	SAIDI
FEC	FMIT	SAIFI
DEP	TTIK	
FEP	FMIK	
ENES	ENS	

Tabela 2.7 – Equivalência entre índices nacionais e estrangeiros.

Capítulo 3

Metodologia de Coleta e Análise dos Dados

3.1 - Metodologia de Coleta de Dados

A metodologia utilizada na obtenção dos dados necessários aos cálculos dos índices a se analisar baseia-se na coleta direta a partir das planilhas e dos relatórios cedidos pela CELB, onde constam todas as interrupções ocorridas durante um mês. Os índices de qualidade utilizados pela empresa são calculados e apresentados em relatório mensal, trimestral, semestral e anual para compor um balanço do período.

A coleta de dados é feita pela concessionária através de informações de falta de suprimento de energia. A partir de solicitação de serviços de restauração feita pelos

consumidores via telefone a concessionária verifica a real ocorrência da interrupção. O pessoal técnico registra a ocorrência, fazendo uma descrição do problema.

As informações são anotadas em formulários apropriados, cujos modelos estão contidos no Manual de Implantação, e os dados repassados para a Central de Operação e Distribuição (COD), e cujos modelos estão no Anexo 3.

A tabela a ser preenchida pelo pessoal técnico, para formar um banco de dados sobre as interrupções ocorridas contém alguns campos onde pode-se identificar algumas características, tais como: nomes do setor regional e localidade em que está situado o equipamento; dia, mês e ano em que ocorreu a interrupção; código do equipamento que interrompeu o circuito; horário de início e término da interrupção; e código da causa que originou a interrupção. As várias tabelas utilizadas nestas situações estão no Anexo 4.

Para compor o resultado final dos índices calculados entram dados referentes às interrupções programadas, interrupções de operação e de responsabilidade da supridora, no caso a CHESF.

3.2 - Metodologia de Cálculo dos Índices

No que diz respeito ao procedimento para os cálculos dos índices, utiliza-se o documento emitido pelo DNAEE, Manual de Implantação, como base, visto que neste estão contidas todas as expressões matemáticas para o cálculo dos referidos índices.

No entanto, para se determinar o número de consumidores atingidos em cada interrupção utiliza-se a expressão do critério de correlação entre o número de consumidores alimentados em baixa tensão (BT) e a potência instalada (P_{inst}) no conjunto considerado,

em kVA, excluindo, deste cálculo, as cargas dos consumidores da zona rural e dos consumidores alimentados em tensão primária de distribuição.

O número de consumidores atingidos por uma determinada interrupção, $Ca(i)$, deverá ser calculado por:

$$Ca(i) = (Pa(i) * \frac{C_{bt}}{P_{inst}}) + C_{zr} + C_{tpd} \quad (3.1)$$

onde:

$Ca(i)$ = número de consumidores, do conjunto considerado, atingidos na interrupção (i);

$Pa(i)$ = potência interrompida na ocorrência (i), relativa aos consumidores de baixa tensão (BT), excluindo os da zona rural (C_{zr});

C_{bt} = número de consumidores alimentados em baixa tensão (BT) do conjunto considerado, exceto os da zona rural;

P_{inst} = potência total instalada no conjunto considerado, relativa aos consumidores de baixa tensão (BT), excluindo os da zona rural (C_{zr});

C_{zr} = número de consumidores da zona rural atingidos na interrupção (i);

C_{tpd} = número de consumidores alimentados em tensão primária de distribuição atingidos na interrupção (i).

Este procedimento é feito devido o fato de que a companhia não tem dados confiáveis do número exato de consumidores atingidos em cada interrupção. Deste modo, torna-se mais fácil a obtenção deste valor fazendo-se uma estimativa de quantos consumidores estão sendo abastecidos por cada alimentador, a partir do valor total para o sistema e a relação deste com a potência instalada em cada alimentador. Tanto a indicação

do procedimento do cálculo da correlação quanto o emprego do mesmo estão citadas na Portaria n.º 46, de 17.04.78.

A CELB utiliza, ainda, um aplicativo para o cálculo dos índices, cuja entrada de dados é a mesma informação contida nas tabelas preenchidas pelo pessoal técnico, quando da ocorrência e verificação da interrupção, e tem como saída os índices calculados, agrupados por alimentador, planilhas e gráficos que representam os cálculos feitos. O aplicativo chama-se SICOD (Sistema Informatizado do Centro de Operação e Distribuição), tendo sido elaborado pelos próprios funcionários da concessionária, do setor de operação (COD).

Há, ainda, um outro aplicativo para o cálculo dos índices de qualidade fornecido pelo ANEEL, mas atualmente o mesmo não está em uso na concessionária, uma vez que a CELB dispõe de um similar. Este aplicativo faz parte do Programa de Implantação dos Índices de Qualidade de Energia da ANEEL, tendo sido elaborado pelo grupo de trabalho criado para estudar o tema QEE.

O aplicativo tem condições de calcular todos os índices contidos no Manual de Implantação, embora isto não seja feito devido o fato de que, por enquanto, não estão sendo coletados dados para os cálculos de todos os índices relacionados no Manual. Apresenta também a possibilidade de agrupar dados para se fazer uma evolução do comportamento dos índices, para períodos maiores que os da coleta feita, como apresentar-se-á adiante, no capítulo de “Apresentação dos dados coletados e cálculo dos índices”.

3.3 - Metodologia de Análise dos Resultados

Para a análise dos dados, utiliza-se, como referência, os índices contidos na Portaria DNAEE n.º 46, de 17.04.78, sendo esta até hoje utilizada pelas concessionárias como parâmetro de comparação dos índices de qualidade calculados.

Com relação aos índices utilizados em outros países, os valores calculados não podem ser comparados, visto que em alguns deles o tópico qualidade de energia já vem sendo estudado há mais tempo.

Tanto o monitoramento da qualidade quanto o investimento em tecnologia para se atingir um nível ótimo utilizados nestes países é, provavelmente, implementado de forma diversa e, talvez, mais rigorosa do que no Brasil, em alguns casos, além de as políticas de gerenciamento do fornecimento, e também da qualidade da energia, ser diferentes das adotadas no Brasil.

Ainda no caso das análises, procurou-se utilizar uma metodologia de avaliação que não apenas mostrasse os índices calculados e os comparasse com os da referência, para atestar a qualidade da energia oferecida pela companhia, como atualmente é feita pela mesma.

Tentativas de identificar a possível origem de problemas no sistema e sugerir procedimentos para melhorar o desempenho da concessionária afim de atingir índices melhores de qualidade e satisfação de seus clientes foi a principal intenção das análises feitas.

3.4 - Custos de Interrupção

Procurou-se, também, avaliar os custos de interrupção de energia calculados. Este cálculo é feito pela concessionária, e apresentado no relatório sobre o fornecimento de energia, em termos do custo não percebido pela empresa quando do não fornecimento de energia elétrica aos seus clientes.

Procurou-se, na bibliografia pesquisada, alguma referência a estes custos de interrupção e, segundo Borenstein et al. (1997), o custo de interrupção pode ser representado pela seguinte expressão:

$$C_M = \frac{\text{PIB}}{\varepsilon C} \quad (3.2)$$

onde:

C_M = custo marginal da interrupção;

PIB = produto interno bruto;

ε = elasticidade-consumo;

C = consumo de energia elétrica em determinado período.

Para o cálculo da expressão acima, necessita-se saber o valor do PIB do período a que se deseja obter o valor do custo de interrupção, podendo-se ter acesso ao mesmo em algumas fontes, como por exemplo o Balanço Energético Nacional, editado todos os anos pelo Ministério das Minas e Energia - MME. O mesmo pode ser dito com relação ao consumo de energia elétrica em determinado período (C).

Para a concessionária, o custo de interrupção é calculado pela estimativa do que a mesma deixaria de vender aos clientes, em termos de energia, levando-se em consideração o setor que foi afetado na interrupção, visto que para cada tipo de tarifa percebida existe um tipo de consumidor, devidamente agrupado por classe. Isto caracteriza que, para a concessionária, o custo de cada interrupção relaciona-se somente com a energia não fornecida, enquanto que para o cliente leva-se em consideração o custo da não produção de um bem, que não necessariamente é equivalente ao não fornecimento de eletricidade, no caso do consumidor industrial, ou não realização de um serviço, no caso do setor de serviços, ou, ainda, perda da qualidade de vida, no caso dos consumidores residenciais.

Capítulo 5

Análise dos Resultados

5.1 - Introdução

O que se pretende fazer, neste capítulo, é uma avaliação e análise complementar à que se faz na companhia, no sentido de contribuir com uma visão externa para o problema, que afeta tanto a concessionária quanto os seus clientes. Na empresa o que se faz é o cálculo dos índices e agrupamento dos mesmos em um relatório repassado mensalmente para o órgão regulador, com mais algumas informações suplementares coletadas que descrevem o funcionamento da concessionária, como índices de carregamento máximo das

Capítulo 4

Apresentação dos Dados Coletados e

Cálculo dos Índices

4.1 - Apresentação dos dados coletados

Para o agrupamento de dados, e conseqüente cálculo dos índices, foram utilizadas as planilhas de solicitação de reparo de defeito e de operações programadas da companhia. Assim, a amostra selecionada para se calcular os índices abrange a totalidade dos dados coletados, desde que caracterizados nos campos das planilhas de verificação.

A cada trimestre a CELB agrupa os dados obtidos sobre falta de fornecimento, tempo de execução do serviço de reparo e notificação de onde ocorreu o problema, identificando o equipamento e a causa do defeito, emitindo um relatório parcial, para depois compor o relatório anual sobre o fornecimento de energia no município de Campina Grande. Neste relatório já constam os índices para avaliação da qualidade da energia feita pela empresa (DEC e FEC), calculados com o auxílio do aplicativo instalado no setor de operação (COD).

O relatório compreende somente dados referentes ao município de Campina Grande, ficando fora do cálculo dos índices, e conseqüente avaliação da qualidade da energia de fornecimento, os distritos e demais municípios atendidos pela companhia. Assim, apesar de a companhia atender a 117.827 consumidores dentro de uma área de 1.789 km², só entram nos cálculos os dados referentes a 88.994 consumidores, contidos na área metropolitana de Campina Grande. Este procedimento deve influenciar nos cálculos finais dos índices, visto que o percentual dos dados que não entra nos cálculos pode ser considerado relevante para o total dos consumidores, bem como o comportamento da empresa com relação aos clientes destas áreas.

Os consumidores considerados para o cálculo dos índices estão agrupados nas classes industrial, comercial, residencial, serviços públicos e outros. Para abastecer os consumidores, a CELB dispõe de três subestações abaixadoras de 69/13,8 kV dentro de Campina Grande (Campina Grande Um – CGU, Campina Grande Dois – CGD e Bela Vista – BVT), com uma capacidade total instalada de 80 MVA.

O consumo médio, para o setor residencial, verificado pela companhia no último ano foi de 1.268 kWh/ano, com a tarifa média de fornecimento aplicada a 77,7 R\$/MWh e com as perdas verificadas no mesmo período atingindo 43 GWh e o consumo total em 449 GWh.

De acordo com os dados coletados, e utilizando as expressões já apresentadas, calculou-se os índices DEC e FEC, os quais resumidamente podem ser vistos como segue, para cada período distinto:

	DEC (h) – Sistema CELB		
	1996	1997	1998
Jan	1,05	2,03	1,00
Fev	1,76	1,85	1,28
Mar	1,51	2,14	2,07
Abr	1,14	1,04	0,93
Mai	1,79	1,21	1,04
Jun	0,94	1,74	0,53
Jul	1,02	1,74	1,56
Ago	1,14	3,75	1,24
Set	1,23	1,26	1,32
Out	2,95	1,04	1,00
Nov	0,96	1,02	0,94
Dez	1,21	2,89	1,17
Total	16,71	21,70	14,10

Tabela 4.1 – DEC mensal.

	FEC – Sistema CELB		
	1996	1997	1998
Jan	1,67	2,03	1,43
Fev	2,90	2,64	2,34
Mar	2,05	1,43	3,21
Abr	1,35	2,28	1,72
Mai	1,91	1,54	1,34
Jun	1,20	3,27	0,58
Jul	1,16	2,77	2,25
Ago	1,53	4,48	2,44
Set	1,20	2,18	2,39
Out	2,33	2,24	1,58
Nov	0,90	0,89	1,49
Dez	1,24	4,91	1,89
Total	19,44	30,68	22,65

Tabela 4.2 – FEC mensal.

Utilizando-se os mesmos procedimentos para o cálculo dos índices, comprovaram-se os valores obtidos pela companhia, o que era esperado, devido a mesma metodologia empregada. Comentários a respeito dos valores obtidos para os índices são feitos no capítulo seguinte, quando se faz a análise da qualidade de energia elétrica, em nível de fornecimento, do serviço prestado pela companhia.

Com relação a contribuição de cada setor, verifica-se:

DEC (h) – Setor			
	1996	1997	1998
CHESF	3,29	6,05	2,10
CELB Programadas	5,93	6,52	3,63
CELB Operação	7,49	9,24	7,43
Total	16,71	21,81	13,15

Tabela 4.3 – DEC por setor.

FEC – Setor			
	1996	1997	1998
CHESF	4,91	11,42	3,71
CELB Programadas	2,49	2,68	2,16
CELB Operação	12,04	16,59	10,62
Total	19,44	30,69	16,48

Tabela 4.4 – FEC por setor.

Faz-se, também, um agrupamento dos índices relacionando todos os alimentadores, e sua contribuição ao DEC/FEC de BT/AT, e subestações do sistema onde estão alocados tais alimentadores (CGU, CGD e BVT), os quais são mostrados a seguir, primeiramente pelas subestações.

DEC (h) – Subestações			
	1996	1997	1998
CGU	5,12	5,16	5,184
CGD	6,30	6,25	3,061
BVT	5,29	4,38	3,803
Total	16,71	15,79	12,048

Tabela 4.5 – DEC por subestação.

FEC – Subestações			
	1996	1997	1998
CGU	7,49	5,89	8,751
CGD	5,81	6,27	4,197
BVT	6,11	7,28	6,176
Total	19,41	19,44	19,114

Tabela 4.6 – FEC por subestação.

A diferença existente entre os totais da soma dos alimentadores e os totais das subestações deve-se a contribuição da Chesf, supridora da CELB, no cálculo dos índices.

Abaixo estão listados a contribuição dos alimentadores. No caso do alimentador 01M5 não há registros de dados para o ano 1996.

DEC (h) – Alimentadores			
Alimentador	1996	1997	1998
01L1	1,345	1.396	1,755
01L2	0,343	0.369	0,322
01L3	0,749	0.817	0,565
01L4	0,825	1.433	1,027
01L5	0,825	1.120	1,515
01Y2	0,114	0.175	0,021
01Y3	1,189	1.100	0,579
01Y4	0,009	0.008	0,015
01Y5	0,234	0.678	0,199
01Y6	1,922	4.288	2,246
01M1	0,590	1.051	0,682
01M2	1,004	0.733	0,899
01M3	1,149	0.492	0,662
01M4	2,680	1.247	0,519
01M5		0.857	1,040
Total	12,979	15.762	12,048

Tabela 4.7 – DEC por alimentador.

FEC - Alimentadores			
Alimentador	1996	1997	1998
01L1	1,435	1.822	2,738
01L2	0,328	0.455	0,257
01L3	0,550	1.332	0,511
01L4	0,724	2.279	2,141
01L5	1,052	1.600	2,903
01Y2	0,042	0.065	0,022
01Y3	1,652	1.546	0,853
01Y4	0,009	0.006	0,018
01Y5	0,211	0.981	0,256
01Y6	1,927	3.212	3,048
01M1	0,717	0.600	1,137
01M2	1,180	0.927	1,829
01M3	0,700	1.472	0,875
01M4	3,702	1.682	0,915
01M5		1.433	1,419
Total	14,228	19.412	19,125

Tabela 4.8 – FEC por alimentador.

Lista-se, a seguir, a contribuição aos índices calculados referentes às principais causas de interrupção.

DEC (h) - Principais Causas			
Causa	1996	1997	1998
Terceiros	1,344	2.222	2,076
P. Abalroado	1,338	0.424	0,723
Conexão	0,706	0.583	0,644
Meio Ambiente	0,696	0.874	0,834
Fio Partido	0,509	---	---
Isolador	---	1.489	0,683
Inst. Particular	---	---	0.1657
Outras Causas	2,068	2.385	2,418

Tabela 4.9 – DEC por causa.

FEC - Principais Causas			
Causa	1996	1997	1998
Terceiros	1,978	2.989	3,276
P. Abalroado	0,866	0.300	0,864
Conexão	0,853	0.693	0,817
Meio Ambiente	0.839	1.164	0,910
Fio Partido	0,388	---	---
Isolador	---	1.153	0,753
Inst. Particular	---	---	0.254
Outras Causas	3,012	3.287	10,544

Tabela 4.10 – FEC por causa.

Utilizando-se ainda os dados coletados das planilhas citadas, lista-se, a seguir, os registros que a mesma tem sobre as notas de reclamações (NR), feitas pelos clientes quando da ocorrência de alguma falta de energia ou defeito em equipamento devido a má qualidade da energia ou proveniente de outro fator, visto que estes equipamentos estão cada vez mais sensíveis às oscilações de tensão.

As tabelas estão separadas por grupos, condizentes com os períodos constantes nos relatórios emitidos pela concessionária, no caso todos os meses de 1996, 1997 e 1998. Primeiramente, agrupa-se as NR referentes às causas, de uma maneira geral, para cada período, mostrando-se, também, as NR relacionadas com as causas para cada nível de tensão, ou seja, alta tensão (AT), baixa tensão (BT) e ramal de serviço (RS).

Causa	1996	1997	1998
Falha em Conexão	3081	2106	1494
RS com Defeito	1662	2666	3435
Vandalismo	1036	1157	1423
Árvore na rede	898	1148	1489
Improcedente	750	----	----
Deslig/Relig	736	----	----
Defeito Interno	----	1113	986
Outras Causas	3480	4235	4167
Total	11643	12425	12994

Tabela 4.11 – Notas de Reclamação por causa (geral)

Nível de Tensão	1996	1997	1998
RS	8994	9264	9474
BT	1875	2315	2745
AT	766	810	739
Transmissão	8	36	36
Total	11643	12425	12994

Tabela 2.12 – Notas de Reclamação por nível de tensão

Lista-se, então, os dados referentes aos tempos de atendimento para se prestar o serviço solicitado e as notas de reclamações verificadas para cada mês.

Tempo de Atendimento (min)			
Mês	1996	1997	1998
Jan	40	47	50
Fev	46	43	53
Mar	48	47	62
Abr	55	49	50
Mai	50	52	47
Jun	56	49	49
Jul	54	43	60
Ago	49	51	55
Set	38	45	43
Out	43	50	58
Nov	44	60	45
Dez	44	73	52
Média	47.3	50	52

Tabela 4.13 – Tempo de atendimento

Notas de Reclamação			
Mês	1996	1997	1998
Jan	941	954	1043
Fev	1018	1086	979
Mar	1152	1071	1219
Abr	1327	1049	976
Mai	1080	1109	1160
Jun	1121	934	1005
Jul	1128	983	1145
Ago	1045	996	1196
Set	904	952	993
Out	813	986	1215
Nov	1007	1057	1063
Dez	1007	1248	1000
Média	1045.25	1035	1083
Total	12543	12425	12994

Tabela 4.14 – Notas de Reclamação

Estes dados são usados para se compor um quadro de avaliação de prestação de serviços junto aos clientes da companhia. Isto pode servir de base para se fazer um planejamento para tentar minimizar o tempo de atendimento, bem como diminuir o número de ocorrências de interrupção e, conseqüentemente, o número de notas de reclamação por falta de energia e de equipamentos danificados.

Comentários a respeito destas notas de reclamações são feitos no próximo capítulo, juntamente com a análise dos índices calculados.

Ainda com base nos dados coletados das planilhas, faz-se o cálculo da energia interrompida do período, anual, o qual mostra-se a seguir, para cada intervalo do exercício feito, bem como a percentagem de tal valor frente ao total do sistema. Este cálculo corresponde ao índice ENES, contido no Manual de Implantação, também calculado pela concessionária.

Energia Interrompida		
Ano	MWh Interrompidos	Porcentagem do Total do Sistema
1996	709,88	0,24%
1997	954,44	0,33%
1998	619,09	0,21%

Tabela 4.15 – Energia interrompida 1996, 1997 e 1998

Com relação aos custos de interrupção calculados pela concessionária, tem-se que devido às interrupções no sistema, a mesma deixa de vender energia, deixando de lucrar em média R\$ 1.837,72 por hora de interrupção no sistema ou cerca de 42,00 R\$/MWh não vendido.

4.2 – Dados e referências de outras companhias

A revista *Eletricidade Moderna* vem divulgando constantemente matérias sobre o tema QEE, devido a importância do mesmo atualmente, seja no meio acadêmico ou no dia-a-dia das empresas concessionárias e clientes. Há dois anos, seus editores idealizaram e implementaram um prêmio que pretendia servir como incentivo e reconhecimento ao trabalho de algumas distribuidoras com relação à qualidade de fornecimento.

A classificação baseia-se em indicadores de desempenho, entre eles os índices DEC e FEC e notas de reclamação, solicitados às empresas participantes do programa de implantação dos índices de qualidade, gerenciado pela ANEEL. Com estes indicadores, e

conseqüente tratamento dos dados obtidos, faz-se uma classificação das mesmas, premiando-se as mais eficientes em termos da qualidade da energia fornecida.

Apresenta-se a seguir os resultados desta classificação, de acordo com os indicadores conseguidos pelas companhias de distribuição de energia elétrica participantes do programa de implantação do índices, para os períodos de 1996 e 1997.

Na tabela listam-se as concessionárias em ordem alfabética, quando da divulgação da primeira premiação, na edição de novembro de 1997 da citada revista. Alguns índices que faltam na tabela não foram divulgados pelas companhias, com as mesmas não participando da classificação feita para o referido ano.

EMPRESA	UF	DEC (1996) h/cons/ano	FEC (1996) Vezez/cons/ano	DEC (1997) h/cons/ano	FEC (1997) vezez/cons/an o
Caiuá	SP	9,36	14,77	7,53	12,19
Cataguazes	MG	12,11	20,98	9,49	19,21
Ceam	AM	158,33	207,04	56,93	55,18
CEB	DF	20,57	29,32	-	-
CELB	PB	16,71	19,44	15,76	19,27
Celtins	TO	96,82	122,61	70,32	84,94
Cemat	MT	-	-	76,61	108,82
Cepisa	PI	-	-	74,90	56,80
Ceron	RO	-	-	9,10	9,50
CLFSC	SP	14,89	17,85	10,54	11,34
EEVP	SP	15,03	15,02	-	-
Energipe	SE	20,37	50,20	21,96	17,12
Enersul	MS	21,6	13,80	23,02	18,43
Santa Cruz	SP	-	-	10,34	11,34
V. Paranapanema	SP	-	-	16,19	15,54

--: não divulgado

Tabela 4.16 – DEC/FEC das empresas de porte médio 1996/1997 (Fonte: Revista EM)

Estes resultados, conseguidos por outras companhias, têm servido também como parâmetro de referência para as companhias com índices mais distantes dos exigidos pelas portarias regulamentadoras, bem como os procedimentos que as primeiras colocadas utilizam para se atingir tal eficiência servir também como referência para tal meta,

levando-se em consideração as particularidades de cada companhia e seu conjunto de clientes.

No primeiro ano da divulgação da classificação, a CELB ficou em sétimo lugar, para as concessionárias de médio porte, que possuem número de consumidores entre 100.000 e 500.000. As primeiras colocadas, como era esperado, foram as concessionárias do Sudeste do país, visto que já possuem há algum tempo um programa de qualidade de serviço. Já para o ano seguinte da classificação, a CELB ocupa a quinta colocação, baseada em notas de avaliação utilizadas pelos organizadores do evento de premiação.

No segundo ano, 1997, os índices repassados pela concessionária para a ANEEL não estão coincidentes com os calculados, até mesmo pela própria companhia, como pode-se comprovar comparando-se os mesmos nas tabelas 4.1 e 4.2 com a tabela 4.16, mostrada acima. Isto deve-se ao fato de que, ao ser repassado ao órgão regulador, foi subtraído dos índices a contribuição da supridora (CHESF), embora este procedimento não esteja nas portarias que regulamentam o assunto.

4.3 – Cálculo dos demais índices

A partir dos dados cedidos pela companhia, calculou-se, além dos índices DEC e FEC, outros cujas expressões constam do Manual de Implantação, embora ainda não estejam sendo incluídos no relatório final para se fazer a avaliação da qualidade do fornecimento de energia. Ainda não tem-se, também, valores de referência sobre estes índices, mas o método para o cálculo dos mesmos é o exposto no Manual de Implantação.

DEP (h) – Sistema CELB			
	1996	1997	1998
Jan	2,18	2,45	0,85
Fev	3,66	2,05	1,09
Mar	3,07	2,37	1,76
Abr	2,37	1,15	0,79
Mai	3,73	1,34	0,88
Jun	1,96	1,91	0,45
Jul	2,12	1,92	1,32
Ago	2,37	4,15	1,05
Set	2,56	1,39	1,12
Out	3,07	1,15	0,85
Nov	1,99	1,13	0,80
Dez	2,52	3,19	1,00
Total	31,60	24,21	11,96

Tabela 4.18 – DEP mensal 1996/97/98.

FEP – Sistema CELB			
	1996	1997	1998
Jan	2,72	2,39	1,09
Fev	2,36	3,11	1,78
Mar	3,34	1,69	2,44
Abr	2,19	2,69	1,31
Mai	3,11	1,82	1,02
Jun	1,96	3,85	0,44
Jul	1,89	3,27	1,71
Ago	2,49	5,28	1,85
Set	1,96	2,57	1,82
Out	3,79	2,64	1,20
Nov	1,47	1,05	1,13
Dez	2,02	5,71	1,44
Total	29,30	36,15	17,23

Tabela 4.19 – FEP mensal 1996/97/98.

subestações, notas de reclamações, informações sobre equipamentos danificados no período (mensal).

A CELB está em processo de privatização, com a provável venda prevista para o segundo semestre de 1999, sendo este um dos motivos pelo qual está participando do projeto de implantação dos índices de qualidade de energia.

A companhia sempre foi bem vista pelos especialistas do setor elétrico, tanto no quesito rentabilidade quanto em qualidade do fornecimento. A análise interna sobre a qualidade do fornecimento da eletricidade é feita pelo setor de operação (COD), com base nos índices calculados.

5.2 – Índices Calculados Atualmente

Para a análise dos índices calculados, e para os quais se têm valores de referência (DEC e FEC), agrupam-se algumas tabelas com informações sobre os mesmos compondo uma evolução dos índices durante o período de coleta de dados a que se teve acesso, ou seja, os anos de 1996, 1997 e 1998.

Os valores limites para estes índices, apresentados no capítulo 2 com as portarias regulamentadoras do setor, serão os utilizados como referência para se fazer comentários sobre os cálculos feitos e resultados obtidos.

Primeiramente, apresenta-se a evolução do DEC (figura 5.1) e FEC (figura 5.2) por semestre, para o período compreendido entre janeiro de 1996 a junho de 1998.

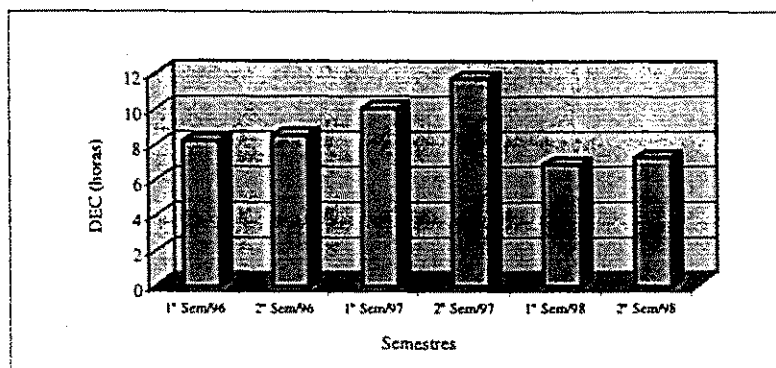


Figura 5.1 - Evolução semestral do DEC 1996-1998

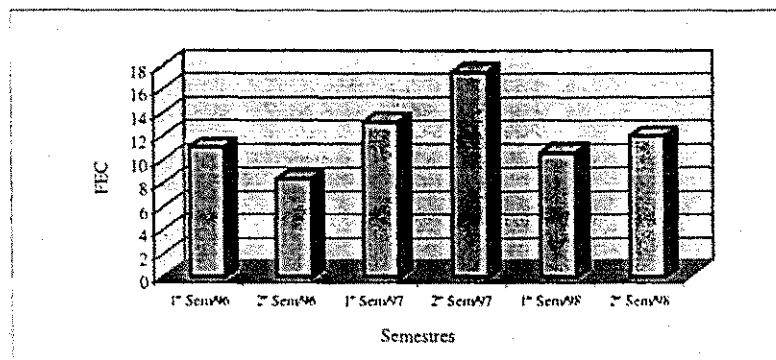


Figura 5.2 - Evolução semestral do FEC 1996-1998

Pelas figuras observa-se que durante o exercício de 1997 tanto o DEC quanto o FEC apresentaram um aumento considerável, respectivamente cerca de 17,62% e 57,89% em relação ao último semestre do ano anterior. No segundo semestre de 1997 o aumento relativo ao primeiro semestre deste mesmo ano foi de, respectivamente, 16,88% e 32,35% para DEC e FEC. Os mesmos índices caíram no primeiro semestre de 1998 a uma taxa de, respectivamente, 41,45% e 39,21% em relação ao semestre anterior. No segundo semestre voltaram a crescer em 5,55% e 13,37%, respectivamente para o DEC e FEC.

Pode-se considerar que o acentuado aumento em 1997 deveu-se a maior experiência do pessoal técnico em detalhar as ocorrências de interrupção e posterior utilização destes

dados para o cálculo dos índices, representando uma maior fidelidade dos índices calculados com a real situação do fornecimento de eletricidade pela companhia para este ano. Pelas tabelas as quais se teve acesso, nota-se também uma maior abrangência das áreas supridas pela concessionária cujas informações também entram nos cálculos dos índices, embora ainda haja algumas áreas que não estão incluídas nas consideradas para o cálculo dos índices, fato este que deveria ser repensado pela companhia, visto que a meta do programa do órgão regulador é ter informação sobre toda a área suprida por cada companhia distribuidora para melhor caracterizar a qualidade do serviço prestado.

Com relação ao decréscimo para o exercício de 1998 não se identificou a causa de tal comportamento, para se fazer uma análise mais precisa. Não se teve acesso, para este ano, às planilhas contendo as interrupções para o cálculo dos índices, com os valores dos índices calculados sendo os divulgados pela companhia, não tendo, assim, informações se houve algum tipo de correção, como do caso apresentado dos índices de 1997, de onde foi divulgado apenas os valores referentes à companhia, sem a contribuição da supridora.

Outro fator que deve ter contribuído para o decréscimo pode ser relacionado com o cálculo do critério de correlação, cujo valor não representa com exatidão o número de consumidores atingidos em cada interrupção. Todos os meses este valor é calculado, de acordo com a expressão mostrada em capítulo anterior, e seu valor médio, atualmente, segundo o setor de operação, está em torno de 1,91. A utilização deste valor médio tende a considerar o comportamento de cada setor, para cada alimentador, como se fosse bem próximo, o qual provavelmente não o é, como percebe-se pelo dados apresentados.

Assim, presume-se que a partir do segundo ano da implantação do programa, 1997, as informações sobre as interrupções ocorridas foram mais detalhadas, contribuindo para um melhor quadro de apresentação sobre os referidos índices, embora a utilização do critério de correlação minimize alguns aspectos que deveriam ser observados e detalhados

para um melhor conhecimento sobre a qualidade da energia da companhia. Este procedimento tende a ser dispensado, por recomendação do próprio órgão regulador, além da utilização de informações para cálculo dos índices sobre todos os consumidores supridos pela companhia, e não apenas algumas áreas, como é feito atualmente.

Com relação aos valores obtidos para os índices, verifica-se que os mesmos estão abaixo do limite estabelecido pela Portaria n° 046 de 1978, que para o DEC é de 30 horas anuais e para o FEC é de 45 interrupções anuais, para um sistema aéreo com mais de 50.000 consumidores, no qual o sistema da companhia se enquadra.

A principal meta do programa de implantação é, após ter alcançado índices inferiores aos limites estabelecidos, tentar atingir o menor índice possível a cada ano e manter esta característica decrescente apesar do aumento constante da carga, não refletindo os investimentos para se alcançar tal meta em maiores despesas para os clientes, via aumento de tarifa, pelo menos enquanto permanecer como uma empresa estatal.

Como ferramenta de auxílio para o alcance desta meta, a companhia fez uma previsão do comportamento dos índices para os próximos cinco anos, considerando uma redução de 10% para os índices a cada ano. Os valores de tal previsão são os seguintes:

Ano	DEC	FEC
1999	13,51	15,23
2000	12,15	13,71
2001	10,93	12,33
2002	9,83	11,09
2003	8,84	9,98

Tabela 5.1 – Previsão 1999-2003 para DEC e FEC

Tais valores calculados na previsão dificilmente serão atingidos, pois na realidade os valores dos índices tendem a crescer a cada ano, embora com uma margem aceitável, o

qual, inclusive, é permitido pelo órgão regulador, visto o crescimento da carga de cada concessionária ser esperado, contanto que não tenda a ultrapassar os valores de referência. Contudo, a companhia pode utilizar este referencial de previsão para calibrar os índices dos próximos anos, fazendo com que os relatórios dos índices de qualidade divulgados sejam cada vez "mais irreais.

Abaixo mostra-se a evolução mensal dos mesmos índices.

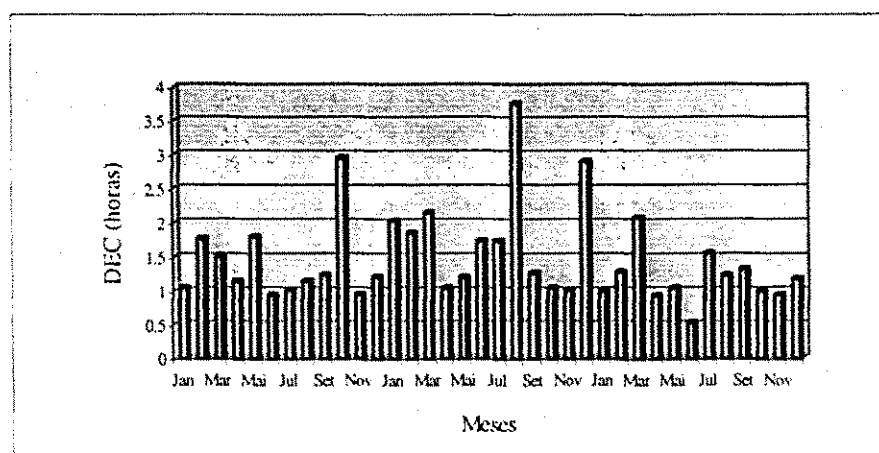


Figura 5.3 - Evolução mensal do DEC 1996-1998

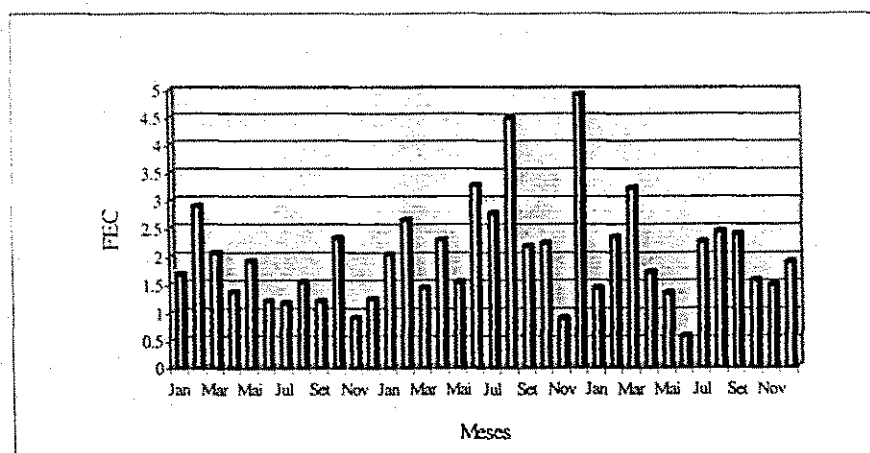


Figura 5.4 - Evolução mensal do FEC 1996-1998

Da figura percebe-se que os meses que mais contribuíram para o DEC não foram os mesmos para os exercícios de 1996 a 1998, não podendo-se identificar, neste caso, alguma causa relacionada com um mês específico que ocasione mais interrupções, dependendo esta principalmente do bom funcionamento do sistema e das cargas ligadas a este. Entretanto, nota-se que a incidência de índices mais elevados é maior no segundo semestre de cada ano, como pode-se observar pelas figuras.

Tentando-se relacionar este fato a alguma causa, pressupõe-se que a mesma pode ser decorrência do término do inverno e chegada do verão, bem característicos nesta região serrana, quando há uma sensível mudança da temperatura média ambiente, exercendo influência sobre os componentes e equipamentos do sistema.

Outro aspecto relevante neste fato é a não incidência de crescimento no mês de junho, quando se promove na cidade a festa de São João, a qual dura um mês inteiro, onde observa-se um crescimento considerável da demanda, principalmente no centro da cidade. Durante este período, bem como durante a Micarande, outra festa popular tradicional da cidade, embora esta com duração de aproximadamente quatro dias no primeiro semestre, a prioridade de atendimento de solicitações de manutenção é para esta área, visto que há uma pressão governamental e empresarial maior para assegurar o abastecimento sem interrupção. Isto pode provocar o não atendimento de outros pedidos de manutenção em bairros e causas que não estejam incluídas nesta prioridade, aumentando, assim, o tempo e a frequência de interrupção, ocasionado pela falta de manutenção, e conseqüente aumento dos índices. Contudo, não observa-se estas informações nos dados coletados, talvez por falta de equipes para averiguar tais ocorrências, visto que a prioridade não é para este serviço, durante estes períodos.

A seguir, mostra-se a contribuição ao DEC de cada setor da companhia, para os períodos citados.

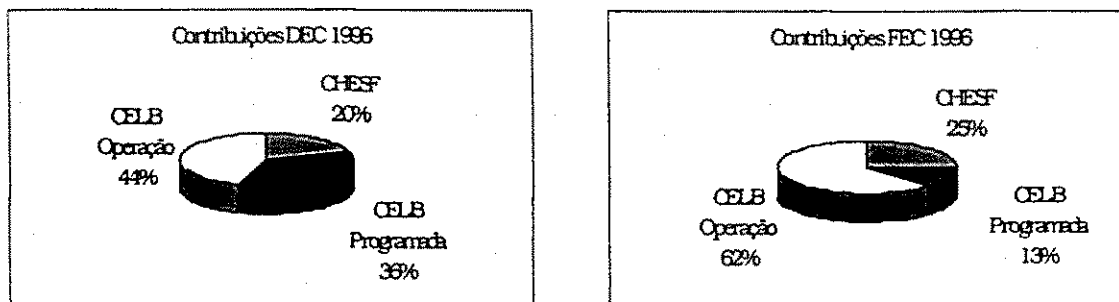


Figura 5.5 - Contribuições ao DEC e FEC, por setor, 1996

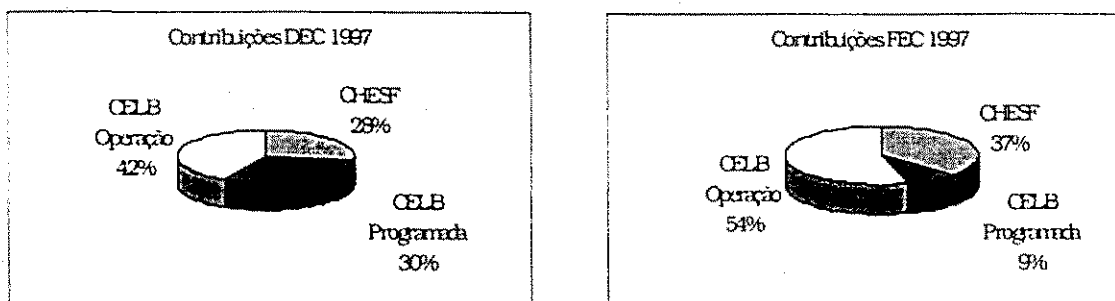


Figura 5.6 - Contribuições ao DEC e FEC, por setor, 1997

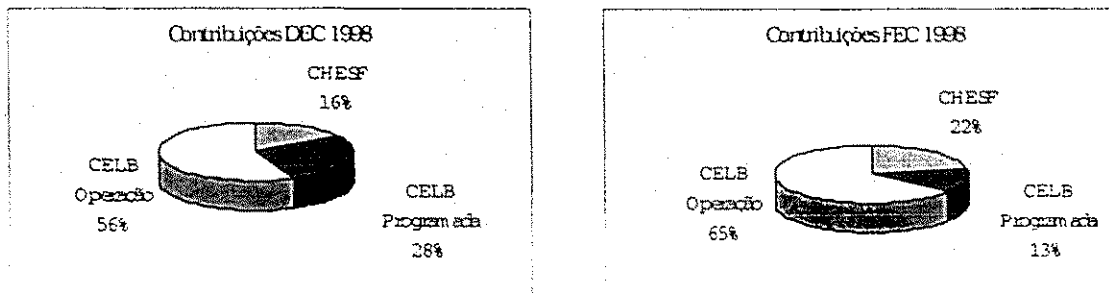


Figura 5.7 - Contribuições ao DEC e FEC, por setor, 1998

Percebe-se, pelas figuras 5.5, 5.6 e 5.7, que a maior contribuição ao DEC deve-se ao setor de operação da companhia, ou seja, às interrupções não previstas e não oriundas da supridora, a Chesf. Apesar disto, a soma das contribuições da supridora e das interrupções programadas da companhia ainda é maior que a contribuição da operação, para os anos de 1996 e 1997, caracterizando assim um funcionamento do sistema razoável, devendo-se

verificar as causas relacionadas com interrupções devidas estas contribuições e procurar alternativas para minimizar este aspecto.

Analisando-se as mesmas figuras, para o caso do FEC, o setor de operação também é responsável pela maior contribuição nas interrupções, sendo que para este índice a contribuição desse setor ainda supera a soma das contribuições dos demais, denotando que o maior número de interrupções é devido a fatores externos.

Mostra-se agora a contribuição ao DEC para cada subestação.

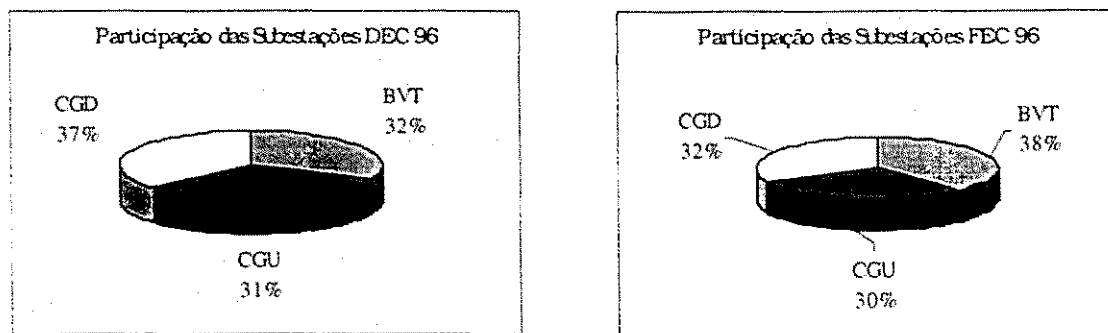


Figura 5.8 - Participação das subestações no DEC e FEC 1996

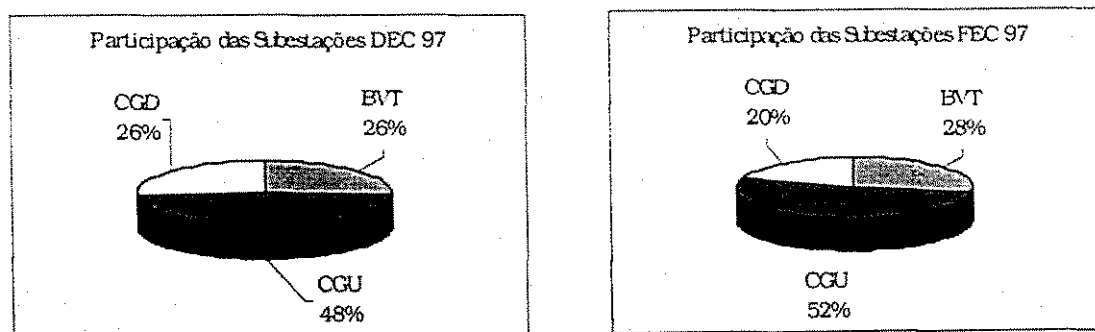


Figura 5.9 - Participação das subestações no DEC e FEC 1997

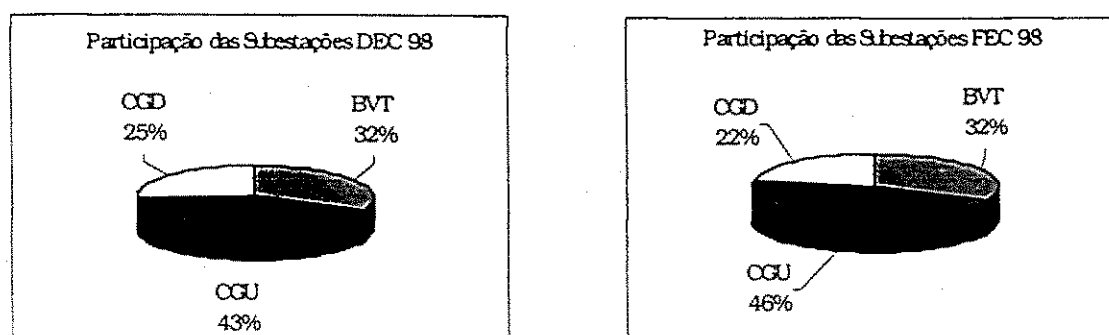


Figura 5.10 - Participação das subestações no DEC e FEC 1998

Pelo que se observa nas figuras 5.8, 5.9 e 5.10, a participação das subestações no DEC é equilibrada, apesar de nos anos de 1997 e 1998 a contribuição da subestação CGU ser consideravelmente superior às demais. Esta subestação fica localizada em José Pinheiro, atendendo aos bairros de José Pinheiro, Catolé, Mirante, Santo Antonio, Alto Branco, Estação Velha, Centro, Quarenta e os distritos de Galante, Massaranduba, Lagoa Seca, Campinote e Alvinho. Esta contribuição pode estar relacionada com o critério de prioridade de atendimento e manutenção preventiva dos equipamentos do sistema utilizada pela companhia.

Os alimentadores estão alocados em cada subestação da seguinte maneira:

Subestações	Alimentadores
CGU	01L1, 01L2, 01L3, 01L4, 01L5
CGD	01Y2, 01Y3, 01Y4, 01Y5, 01Y6
BVT	01M1, 01M2, 01M3, 01M4, 01M5

Tabela 5.3- Subestações e alimentadores da CELB.

De acordo com os dados apresentados no capítulo anterior, os alimentadores que mais contribuíram para o DEC foram 01M4 em 1996 e 01Y6 em 1997 e 1998. O alimentador 01M4 está alocado na subestação BVT, no bairro da Bela Vista, e o

alimentador 01Y6 fica na subestação CGD, no bairro do Velame. Os diagramas unifilares de tais alimentadores, mostrando as áreas onde os mesmos atuam estão no Anexo 5.

Ambos os alimentadores citados não apresentam número considerável de indústrias incluídas na sua área de suprimento, ficando o setor industrial, em sua maior parcela, sendo suprido por outro alimentador. Este fato denota uma maior preocupação da companhia em garantir um fornecimento ótimo para o setor industrial, principalmente, seja através de freqüente manutenção nos equipamentos dos alimentadores responsáveis pela alimentação deste setor, ou por uma maior eficiência no atendimento de eventuais problemas, visto que para este setor, os prejuízos seriam maiores, tanto para a empresa concessionária como para os consumidores.

A contribuição, ao DEC e FEC, das principais causas de interrupção é mostrada nas figuras 5.11 a 5.13.

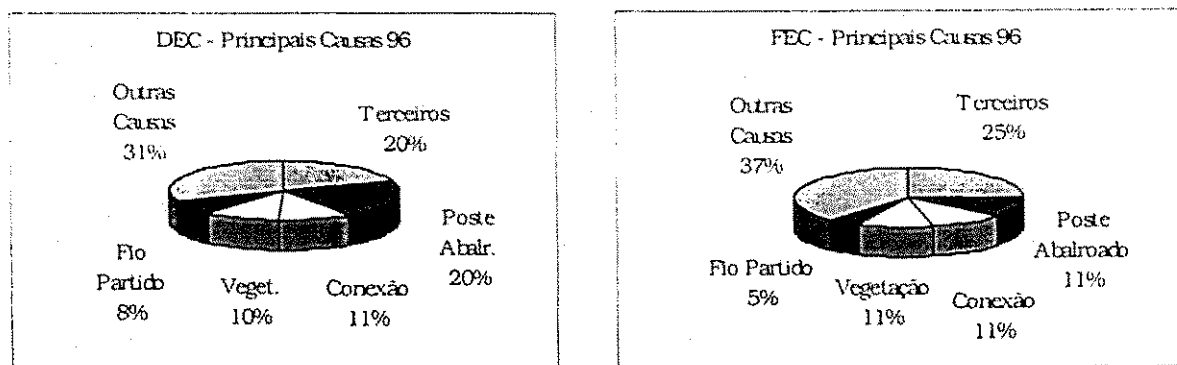


Figura 5.11- Principais causas de interrupção, para o DEC e FEC 1996

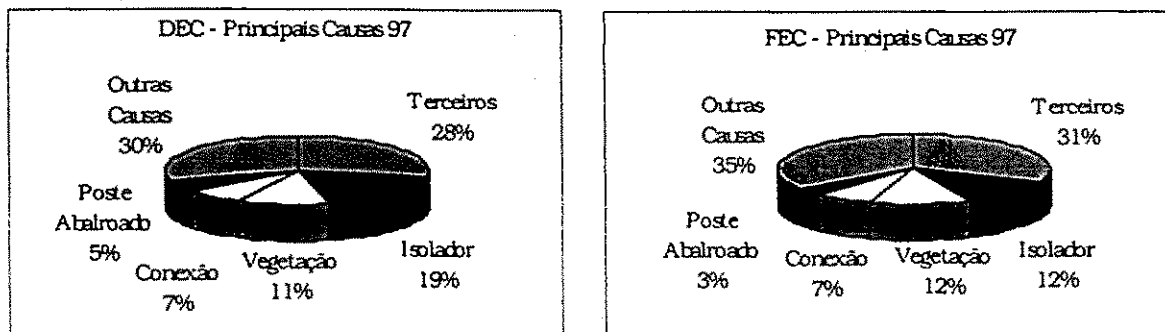


Figura 5.12 - Principais causas de interrupção, no DEC e FEC 1997

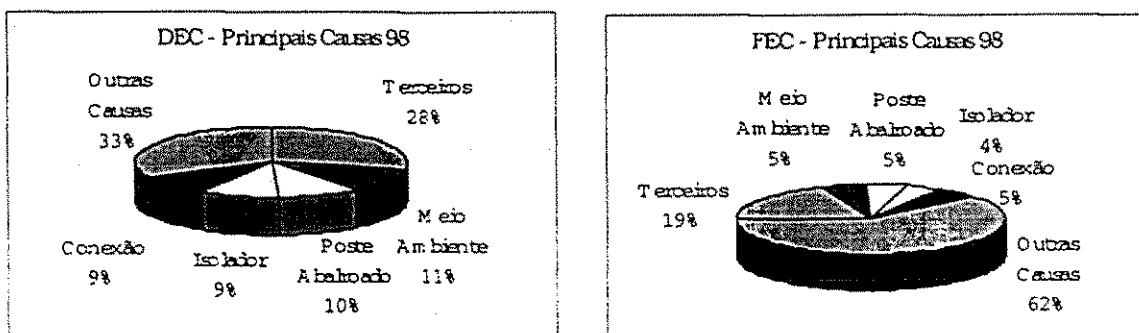


Figura 5.13 - Principais causas de interrupção, para DEC e FEC 1998

Para os três anos consecutivos as maiores participações nas causas de interrupção foram Outras e Terceiros. Na categoria Terceiros estão incluídos danos causados por pessoas, no sistema aéreo ou equipamentos do sistema alocados nos postes, podendo ser classificado também como vandalismo. Já a categoria Outras refere-se a causas não discriminadas nas demais categorias, as quais a companhia não inclui nas causas de prioridade no atendimento.

Para uma melhor discriminação da categoria Outras, a concessionária deveria proceder uma reclassificação para identificar que causas reais estariam contribuindo para número elevado de ocorrência desta categoria. Do modo como é feita, esta classificação pode encobrir importantes informações sobre o funcionamento do sistema e da atuação da companhia frente a estes problemas, não contribuindo, portanto, para melhorar a qualidade

do serviço prestado. Esta situação poderia ser minimizada pelo estudo detalhado dos fatores que contribuem para o aumento da incidência de tais causas, e posterior análise e tentativa de solução de problemas, seja através de uso de equipamentos mais eficientes ou manutenção preventiva.

Com relação a causa Terceiros, nota-se que seria necessária uma melhor conscientização da população em relação ao produto e serviço pelo qual estão pagando, sendo esta a melhor forma de a concessionária assegurar a diminuição de tais interrupções. Tal conscientização deveria ser incentivada pela companhia, com campanhas educativas para sensibilizar a população para o problema, demonstrando mais uma deficiência da companhia, até o momento, para solucionar tal problema.

Com base nos índices calculados, verifica-se que a companhia está de acordo com as portarias regulamentadoras, no tocante ao fornecimento de energia elétrica, enquadrando-se nos limites exigidos pelas mesmas, embora possa melhorar, em um patamar considerável, sua atuação e, conseqüentemente, a qualidade do serviço. Deve-se levar em conta, entretanto, que este enquadramento dentro dos limites exigidos não caracteriza um serviço como sendo de qualidade, funcionando apenas como instrumento para aplicação de penalidades pelo órgão regulador.

Embora as maiores interrupções devam-se a causas aparentemente não concernentes a companhia, com sua previsão de ocorrência sendo de difícil determinação, esta deveria procurar seguir o planejamento feito pelo setor de operação afim de diminuir as interrupções programadas, as quais acarretam prejuízos para seus clientes, principalmente da classe industrial.

Um planejamento mais eficaz deveria ser implementado também para tentar diminuir as demais interrupções, seja através de identificação real das causas das

interrupções com base em estudos mais detalhados, ou através da manutenção preventiva principalmente nos setores passíveis de maiores incidências de falha do sistema.

5.3 - Notas de Reclamações

As Notas de Reclamações (NR), apresentadas no capítulo anterior, referem-se às informações dadas pelos clientes, via telefone, quando da interrupção de eletricidade ou qualquer outro defeito no sistema, ocasionando danos em equipamentos deste ou dos clientes.

As NR são anotadas e agrupadas por causas, depois de verificadas por pessoal técnico, e constituem-se no único meio de diálogo entre a concessionária e seus clientes, enquanto ainda não está se fazendo a pesquisa para se obter resultados para o índice de Satisfação do Consumidor (SAC).

Abaixo, mostra-se a contribuição por nível de tensão e causa geral para as NR's verificadas em cada exercício anual observado.

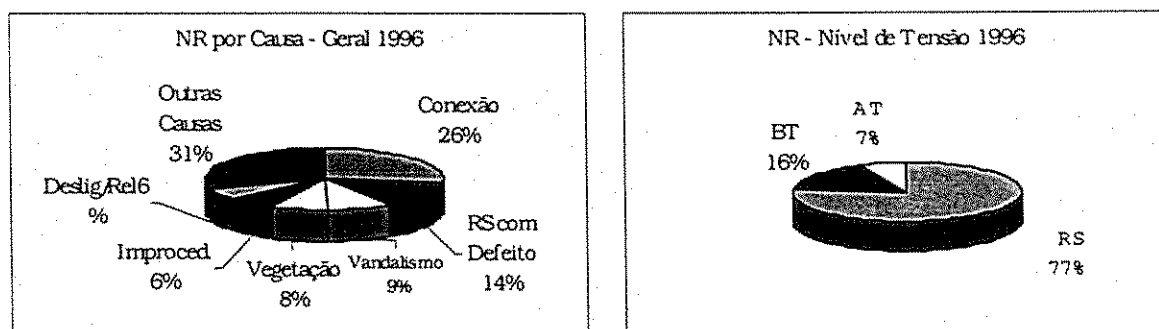


Figura 5. 14 – NR por nível de tensão e causa geral 1996

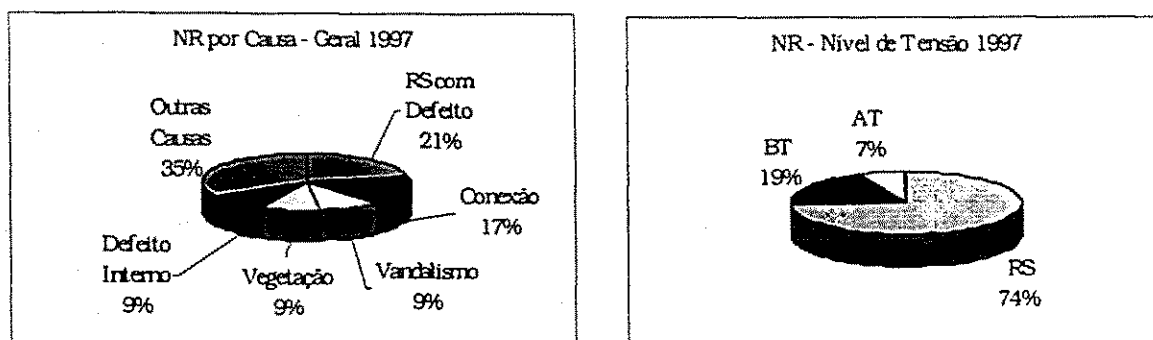


Figura 5.15 – NR por nível de tensão e causa geral 1997

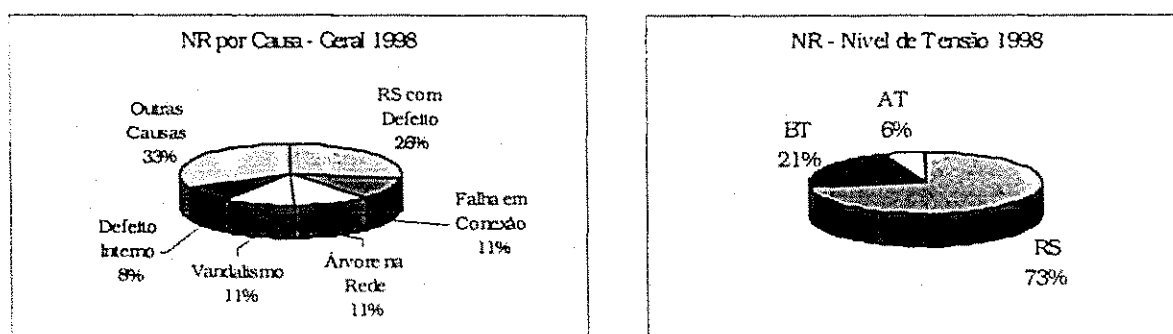


Figura 5.16 – NR por nível de tensão e causa geral 1998

Pelo observado nas figuras 5.14, 5.15 e 5.16, vê-se que as reclamações devem-se basicamente às mesmas causas nos três anos consecutivos, ficando a maior percentagem, mais uma vez, com a categoria Outras Causas, onde inclui-se causas não contidas nas relacionadas na listagem no Anexo 1, onde mostra-se o critério de prioridade de atendimento.

Verifica-se, também, que para as demais causas a incidência maior de reclamações deve-se às condições dos equipamentos da companhia, com sua má operação ou manutenção acarretando falhas no sistema. Nota-se, mais uma vez, a contribuição quase que uniforme do vandalismo como causa de defeitos, e conseqüente reclamação, no

funcionamento do sistema, mostrando, mais uma vez, a necessidade de campanha de conscientização junto à população para minimizar este problema.

Já para o nível de tensão, as reclamações ocorrem mais no ramal de serviço (RS), fato esperado, já que este é o responsável pelo suprimento da maioria dos consumidores da companhia, ou seja, pelo setor residencial, comercial, público e outros, ficando de fora o setor industrial, geralmente alimentado em alta tensão (AT), sendo que neste último nível apresentam-se os menores índices de reclamação a companhia, de onde observa-se a prioridade que é dada a este setor, em termos de assegurar a continuidade de fornecimento de energia e o processo produtivo.

Para o caso dos tempos de atendimento (TA) devido às reclamações feitas pelos clientes quando da ocorrência de algum defeito no sistema, verifica-se que os mesmos têm aumentado a cada ano, conseqüência direta do aumento de reclamações sem que haja mais equipes para reparar os defeitos, embora com pouca margem de aumento, caracterizando, em parte, uma necessidade de aprimoramento na estrutura de atendimento por parte da companhia para com os clientes, como mostra a figura 5.17 para a evolução dos Tempos de Atendimento médios.

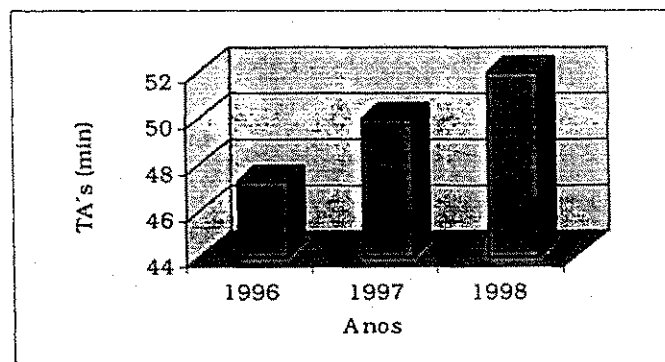


Figura 5.17 – Tempo de Atendimento médio 1996 - 1998

5.4 – Demais Índices Calculados

Para os demais índices calculados neste estudo, apresentados no capítulo anterior, não se tem, até o momento, valores de referência para se fazer a análise dos mesmos, apesar de que pretende-se incluí-los, juntamente com os índices DIC e FIC, em futuros relatórios de avaliação da qualidade de fornecimento pelas concessionárias de energia elétricas no país.

A inclusão de tais índices (DEP, FEP, DIC e FIC) não iria causar muita diferença na avaliação da qualidade do fornecimento de energia pela CELB, visto que os mesmos representam a mesma condição de avaliação dos índices já calculados, ou seja, a verificação da qualidade de fornecimento tendo como parâmetro a interrupção de energia para os consumidores finais, não importando a classe na qual estejam alocados, embora se faça distinção de prioridade para assegurar o fornecimento ótimo dependendo da classe.

A companhia tem projetos de fazer avaliações da qualidade baseada em outros índices, tais como o NEV e DEV, que consideram a violação de tensão como parâmetro para os problemas da qualidade de fornecimento de energia.

Tais índices, para ser calculados, precisam de um tipo particular de medidor, conhecido como MUG – Medidor Universal de Grandezas, o qual a companhia ainda não adquiriu em número suficiente para coletar dados representativos, não sendo possível, deste modo, a medição dos parâmetros relacionados com violação de tensão com os clientes da companhia. Neste caso seria determinada uma amostra representativa do número total de clientes, como está detalhado no Manual de Implantação, com critério de escolha de elementos da amostra aleatório e instalar-se-ia os medidores nestes pontos de consumo pelo tempo necessário para a coleta de dados necessários para o cálculo dos referidos índices.

A obtenção dos dados com este tipo de medidor seria direta, com o mesmo registrando todos os intervalos, horários e duração das violações de tensão ocorridas no consumidor em que estivesse alocado no período, bem como o nível a que chegou a tensão durante a violação. Utilizar-se-ia, então, a expressão contida no Manual de Implantação e apresentada em capítulo anterior para o cálculo dos índices para este caso.

A obtenção de tais índices seria de muita importância, pois com a posse destes seria possível se fazer uma avaliação da energia efetivamente fornecida aos clientes pela concessionária, ao contrário do que se faz com os atuais índices calculados, os quais avaliam a qualidade de fornecimento levando-se em consideração apenas a falta da mesma para os clientes, não se fazendo a avaliação das condições e características da energia no momento da entrega até a carga.

Com relação aos custos de interrupção, cujos valores são apresentados no capítulo anterior, os mesmos são calculados pela empresa levando-se em consideração os gastos com reparo de problemas, os quais entram no cálculo das tarifas, e com a perda de faturamento devido à energia não suprida, com este custo não entrando no cálculo das tarifas repassadas para os consumidores. Para se chegar a estes valores, da forma mais representativa possível para cada concessionária, deve-se fazer levantamentos de campo específicos para cada empresa, afim de contabilizar os gastos com material e mão de obra utilizados durante um reparo. Um estudo mais aprofundado de como são obtidos estes valores e como os mesmos são repassados nas tarifas seria importante.

Capítulo 6

Conclusões

A qualidade da energia elétrica se tornou um fator de suma importância para o setor de energia no país, visto sua cobrança por parte do órgão regulador do sistema e dos consumidores, principalmente do setor industrial, o mais afetado por problemas dessa natureza.

Para garantir a qualidade da energia elétrica disponível para os consumidores, as concessionárias estão sendo levadas a fazer avaliações internas de como a distribuição de energia está sendo executada, e o que poderia ser feito para minimizar os danos causados pela má qualidade da energia entregue ao consumidor final, identificando as causas para tal ocorrência.

De acordo com o estudo feito, percebe-se que a qualidade da energia elétrica fornecida pela CELB está de acordo com as exigências legais do órgão regulador, embora o

critério utilizado e os índices calculados indiquem somente a qualidade de energia em termos de continuidade do fornecimento, não considerando a qualidade quando da sua alimentação contínua, pela qual se observa haver considerável variação, e conseqüentemente, violação de tensão.

Para minimizar esta situação, seria mais indicado o planejamento e execução de medidas e cálculos de índices que considerem este aspecto, de violação de tensão e flutuação de tensão, com a implantação de medições feitas para se detectar tais ocorrências e, a partir destes dados, se calcular os índices NEV e VEV, entre outros, bem como informações sobre harmônicos no sistema e indicadores de qualidade da prestação dos serviços da empresa concessionária.

Um das medidas de maior relevância seria fazer um estudo para se obter uma descrição mais detalhada das causas de interrupção de energia, pois, pelos dados apresentados, sua contribuição maior deve-se, principalmente, àquelas que ainda não foram devidamente descritas/especificadas (Outras Causas), não conhecendo-se, portanto, sua origem e qual procedimento a ser tomado para diminuir tal ocorrência.

Outra medida importante seria uma campanha de conscientização e educação da população, visando diminuir a contribuição referente ao vandalismo nas interrupções de energia e, conseqüente, custos adicionais no preço da energia repassados para os próprios consumidores.

Pelo trabalho que é feito na empresa, para cálculo dos índices de qualidade da energia, e divulgado em um relatório de desempenho para o órgão regulador, os índices calculados representam apenas o comportamento da companhia como prestadora de serviço, e não a real qualidade do produto, no caso a energia elétrica.

Com um planejamento mais eficiente poder-se-ia melhorar o desempenho da companhia, tanto na abrangência dos dados para cálculo dos índices quanto na maior

fidelidade dos valores do mesmos, ou até no cálculo de outros índices, contribuindo para um melhor detalhamento do fornecimento da energia elétrica no município.

Outro procedimento útil para melhorar o desempenho da companhia seria fazer o gerenciamento pelo lado da carga, principalmente para consumidores fora da categoria residencial. O detalhamento da carga de um consumidor só é feito quando do cadastramento do mesmo na companhia, não se tendo conhecimento se sua carga aumenta com o passar dos anos e que tipo de carga o mesmo está usando, o que pode contribuir para o desempenho do sistema e afetar outros consumidores que estejam alocados na mesma região. Os medidores de demanda utilizados não detectam se as cargas instaladas estão interferindo no sistema.

Como sugestão, para uma possível continuação e maior abrangência deste trabalho, poderia ser indicado um estudo mais aprofundado sobre o real impacto e contribuição dos custos adicionais relativos às interrupções nas tarifas cobradas aos consumidores. O material a que se teve acesso foi insuficiente para se fazer uma análise consistente a respeito deste assunto, principalmente com respeito aos valores calculados pela companhia e os usados como referência, não compatíveis.

Outra sugestão de estudo possível, para melhor verificar a contribuição das cargas para a qualidade da energia, seria a investigação de como os procedimentos de implantação de medidas de eficiência energética, através da substituição, feita pela companhia, de alguns equipamentos por outros mais eficientes, está degradando, ou não, a forma de onda da tensão, e, conseqüentemente, a qualidade da energia, principalmente pela introdução de harmônicos no sistema, como no caso das lâmpadas de vapor de sódio e de mercúrio implantadas no setor de iluminação pública, por exemplo.

Um melhor detalhamento da qualidade, baseado em outros índices, serviria não somente para se ter um melhor conhecimento da qualidade do serviço oferecido pela companhia, como também para identificar outras possibilidades de melhoria da qualidade.

ANEXOS

Anexo I

a) Causas de Interrupção

<u>CÓDIGO CAUSA</u>	<u>NOME DA CAUSA</u>
1	Externa Programada
2	Externa Não Programada
3	Programada Manutenção
4	Não Programada Manutenção
5	Programada Construção
6	Não Programada Construção
7	Programada não Clas. Anterior
8	Descarga Atmosférica
9	Meio Ambiente - Vegetação
10	Meio Ambiente - Outros
11	Abalroamento Poste
12	Terceiros
13	Falha Humana
14	Falha Instalação Particular
15	Sobrecarga
16	Falha de TRAFO
17	Falha em Para Raio
18	Falha do Isolador
19	Fio Partido
20	Falha da Conexão
21	Falha em Outros Comp.
22	Não Programada não Clas. Ant.
23	Manobras

b) Prioridades de atendimento das causas

CÓDIGO	CAUSA	CAUSA	PRIORIDADE
10		Fio Partido Alta Tensão	1
12		Fio Partido Baixa Tensão	2
16		Ramal Partido	3
1		Abalroamento	4
15		Poste Quebrado / Tombado	5
7		Faiscamento	6
9		Falta De Energia Geral	7
8		Falta De Energia A Consumidor	8
11		Falta De Fase	9
3		Cartucho Arriado	10
2		Arvore Tocando Na Rede	11
4		Choque Em Instalação	12
5		Choque Em Poste	13
14		Objeto Estranho Na Rede	14
18		Tensão Alta	15
20		Tensão Oscilante	16
19		Tensão Baixa	17
17		Religamento Do Ramal	18
6		Desligamento De Ramal	19
13		Medidor Defeituoso	20
21		Outros	21

c) Causa Reclamação Real

CÓDIGO CAUSA	CAUSA OPERAÇÃO
1	Falha em Conexão
2	Arvore Tocando na Rede
3	Vandalismo
4	Rede Descalibrada
5	Interferência de IP
6	Defeito Interno
7	R.S. com Defeito
8	Desligamento / Religamento
9	Condutor Partido
10	Defeito no Medidor
11	Contoneira Danificada
12	Oscilação na Tensão
13	Trafo Avariado
14	Trafo em Regime de Sobrecarga
15	Falha em Aterramento
16	Manobras
17	Área Interditada por Outros
18	Defeito Transitório
19	Falha em Isolamento
20	Cruzeta Danificada
21	Chave com Falha
22	Equipamento Sub-Dimensionado
23	Cartucho Arreado
24	Defeito em Pára-Raio
25	Objeto Estranho na Rede
26	Descarga Atmosférica
27	Poluição Ambiental
28	Ventania
29	Falha em Ferragem
30	Poste Abalroado
31	Improcedente
32	Falha Humana
33	Outros
34	Desconhecida

Anexo 2 - Questionários do Índice de Satisfação do Consumidor

Questionário I

CLASSE RESIDENCIAL

1. Houve falta de energia elétrica em sua residência nos últimos 15 dias?
 1. sim 2. não sabe 3. não
2. Se houve, quantas vezes ocorreu?
 0. não sabe ___ vezes
3. Se houve, quanto tempo durou a interrupção em minutos?
 0. não sabe ___ minutos
4. Quando faltou energia elétrica, o tempo que ela demorou para voltar foi:
 1. demorado 2. razoável 3. rápido
5. O(A) Sr.(a) toma conhecimento antecipado dos desligamentos de energia elétrica programados?
 1. não 2. de vez em quando 3. Sim
6. Em sua residência ocorre algum destes problemas?
 1. queima freqüente de eletrodomésticos
 2. queima freqüente de lâmpadas
 3. desligamento freqüente do disjuntor ou queima de fusível
 4. diminuição do nível de iluminação
 5. as lâmpadas ficam piscando
 6. choque elétrico em paredes, chuveiros, torneiras etc.
 7. interferência provocada por aparelhos elétricos
 8. não ocorre nenhum problema
- 7.

CÓDIGO	7. O(A) SR.(A) TEM:	1	2	3
		SIM	QUANTOS?	NÃO
1	RÁDIO			
2	TV EM CORES			
3	AUTOMÓVEL			
4	BANHEIRO			
5	GELADEIRA			
6	MÁQUINA DE LAVAR ROUPA			
7	ASPIRADOR DE PÓ			
8	VÍDEO CASSETE			
9	RÁDIO RELÓGIO			
10	MICROCOMPUTADOR			

8. Se SIM (itens 8 e 9 - pergunta n.º 7), nos últimos 15 dias você percebeu se o relógio do seu vídeo cassete ou rádio relógio ficou piscando, devido a falta de energia elétrica?
 1. sim 2. não sabe 3. não
9. Se SIM (item 10 - pergunta n.º 7), você tem tido problema com o uso do computador pessoal causado por interrupção de energia elétrica?
 1. sim 2. não sabe 3. não

Questionário II

CLASSE INDUSTRIAL E COMERCIAL E SERVIÇOS
ATENDIDAS EM BAIXA TENSÃO

1. Houve falta de energia elétrica em sua empresa nos últimos 15 dias?
 1. sim 2. não sabe 3. não
2. Se houve, quantas vezes ocorreu?
 0. não sabe ____ vezes
3. Se houve, quanto tempo durou a interrupção em minutos?
 0. não sabe ____ minutos
4. Quando faltou energia elétrica, o tempo que ela demorou para voltar foi:
 1. demorado 2. razoável 3. rápido
5. O(A) Sr.(a) toma conhecimento antecipado dos desligamentos de energia elétrica programados?
 1. não 2. de vez em quando 3. sim
6. Nessa empresa, ocorre variação de tensão elétrica?
 1. sim 2. não sabe 3. não
7. Nessa empresa, existe equipamento sensível à variação de tensão, frequência ou forma de onda?
 1. sim 2. não sabe 3. não
8. Se **SIM**, tem ocorrido algum problema no funcionamento desse equipamento atribuível à qualidade do fornecimento de energia elétrica?
 1. sim 2. não sabe 3. não
9. Nessa empresa, ocorreu nos últimos trinta dias, interrupção de curtíssima duração?
 1. sim 2. não sabe 3. não
10. Se **SIM**, qual o tipo de transtorno causado?
 1. Interrupção de processamento de dados
 2. Religação de iluminação
 3. Interrupção do processo produtivo
 4. Perdas de mercadoria
 5. Perdas de materiais
 6. Aquecimento do ambiente
 7. Funcionamento inadequado de equipamento
 8. não causou nenhum transtorno

Questionário III

CLASSE INDUSTRIAL E COMERCIAL E SERVIÇOS
ATENDIDAS EM ALTA TENSÃO

1. Houve falta de energia elétrica em sua empresa nos últimos 15 dias?
 1. sim 2. não sabe 3. não
2. Se houve, quantas vezes ocorreu?
 0. não sabe ___ vezes
3. Se houve, quanto tempo durou a interrupção em minutos?
 0. não sabe ___ minutos
4. Quando faltou energia elétrica, o tempo que ela demorou para voltar foi:
 1. demorado 2. razoável 3. rápido
5. O(A) Sr.(a) toma conhecimento antecipado dos desligamentos de energia elétrica programados?
 1. não 2. de vez em quando 3. sim
6. Nessa empresa, ocorre variação de tensão elétrica?
 1. sim 2. não sabe 3. não
7. Nessa empresa, existe equipamento sensível à variação de tensão, frequência ou forma de onda?
 1. sim 2. não sabe 3. não
8. Se **SIM**, tem ocorrido algum problema no funcionamento desse equipamento atribuível à qualidade do fornecimento de energia elétrica?
 1. sim 2. não sabe 3. não
9. Nessa empresa, ocorreu nos últimos trinta dias, interrupção de curtíssima duração?
 1. sim 2. não sabe 3. não
10. Se **SIM**, qual o tipo de transtorno causado?
 1. Interrupção de processamento de dados
 2. Religação de iluminação
 3. Interrupção do processo produtivo
 4. Perdas de mercadoria
 5. Perdas de materiais
 6. Aquecimento do ambiente
 7. Funcionamento inadequado de equipamento
 8. não causou nenhum transtorno

Apuração dos dados coletados nos Questionários anteriores:

QUALIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA									
DADOS DE ENTRADA PARA OS ÍNDICES DE QUALIDADE									
SATISFAÇÃO DO CONSUMIDOR									
QUESTIONÁRIO I - CLASSE RESIDENCIAL									
REGIÃO <input style="width: 100px;" type="text"/>					BIÊNIO <input style="width: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px;" type="text"/>				
QUESTÃO	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E _r
1									
2									
3									
4									
5									
6	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
8									
9									

Os valores numéricos da coluna "VALOR ATRIBUÍDO" são calculados com base nas respectivas questões dos questionários anteriores.

QUALIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA
DADOS DE ENTRADA PARA OS ÍNDICES DE QUALIDADE
SATISFAÇÃO DO CONSUMIDOR

QUESTIONÁRIO II - CLASSE INDUSTRIAL E COMERCIAL E
SERVIÇOS ATENDIDAS EM BAIXA TENSÃO

REGIÃO

BIÊNIO

 /

QUESTÃO	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈		E _r
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									

QUALIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA
DADOS DE ENTRADA PARA OS ÍNDICES DE QUALIDADE
SATISFAÇÃO DO CONSUMIDOR

QUESTIONÁRIO III - CLASSE INDUSTRIAL E COMERCIAL E
SERVIÇOS ATENDIDAS EM ALTA TENSÃO

REGIÃO

BIÊNIO /

QUESTÃO	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈		E _T
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									

BI	HORA REC	HORA ACI	HORA CHE	HORA TER	COD CAUSA	NOM CAUSA	DATA
2631/97	:	:	08:00	10:45	3	Programada Manutencao	01/10/97
2633/97	:	:	08:40	11:00	3	Programada Manutencao	01/10/97
2634/97	:	:	09:27	09:59	4	Nao Programada Manutencao	01/10/97
2636/97	06:24	06:24	06:24	07:49	20	Falha da Conexao	02/10/97
2637/97	08:18	08:18	08:18	08:45	12	Terceiros	02/10/97
2638/97	:	:	08:54	10:36	3	Programada Manutencao	02/10/97
2639/97	:	:	08:38	10:30	3	Programada Manutencao	02/10/97
2640/97	:	:	09:06	11:59	3	Programada Manutencao	02/10/97
2641/97	:	:	11:03	13:34	3	Programada Manutencao	02/10/97
2642/97	:	:	14:15	16:33	3	Programada Manutencao	02/10/97
2645/97	:	:	15:06	16:24	4	Nao Programada Manutencao	02/10/97
2646/97	16:40	16:40	16:40	17:10	20	Falha da Conexao	02/10/97
2647/97	:	:	07:35	11:00	3	Programada Manutencao	03/10/97
2648/97	08:57	08:57	08:57	09:36	22	Nao Programada nao Clas. Ant.	03/10/97
2649/97	08:28	08:28	08:28	08:54	19	Fio Partido	03/10/97
2650/97	08:54	08:54	08:54	09:34	20	Falha da Conexao	03/10/97
2651/97	:	:	09:12	10:48	4	Nao Programada Manutencao	03/10/97
2652/97	:	:	09:00	09:10	3	Programada Manutencao	03/10/97
2653/97	09:56	09:56	09:56	10:32	20	Falha da Conexao	03/10/97
2654/97	12:39	12:39	12:39	13:14	9	Meio Ambiente-Vegetacao	03/10/97
2655/97	:	:	14:36	16:45	3	Programada Manutencao	03/10/97
2656/97	:	:	14:09	17:30	3	Programada Manutencao	03/10/97
2657/97	:	:	14:20	17:25	3	Programada Manutencao	03/10/97
2658/97	:	:	14:57	15:49	4	Nao Programada Manutencao	03/10/97
2659/97	14:26	14:26	14:43	15:09	12	Terceiros	03/10/97
2660/97	14:20	14:20	14:00	15:20	22	Nao Programada nao Clas. Ant.	03/10/97
2661/97	15:16	15:22	15:26	15:36	9	Meio Ambiente-Vegetacao	03/10/97
2662/97	19:00	19:00	19:00	19:29	9	Meio Ambiente-Vegetacao	03/10/97
2663/97	20:10	20:10	20:10	20:42	9	Meio Ambiente-Vegetacao	03/10/97
2664/97	21:08	21:24	21:27	22:08	21	Falha em Outros Comp.	03/10/97
2665/97	:	:	05:22	05:30	1	Externa Programada	04/10/97

NOME ORE	COD ORE	NIVEL TEN	CHAVE	URB RUR	ALI	SUB	TIPOCHAVE	VIA INTE
ALEXAND,VANILT	01		21094	U	Y6	CGD	FUSIVEL	105
SERGIO,ODENILS	02		20676	U	L5	CGU	FUSIVEL	30
ALEXAND,VANILT	01		21261	U	M2	BVT	FUSIVEL	75
SERGIO,ODENILS	02		23440	U	M1	BVT	FUSIVEL	75
SERGIO,ODENILS	02		21104	U	Y6	CGD	FUSIVEL	75
SERGIO,ODENILS	02		24340	U	L5	CGU	FUSIVEL	45
SERGIO,ODENILS	02		2174	U	L2	CGU	FUSIVEL	112,5
SERGIO,ODENILS	02		31278	U	Y6	CGD	FUSIVEL	360
SERGIO,ODENILS	02		2183	U	L2	CGU	FUSIVEL	75
RICARDO,PEDRO	03		20948	U	M4	BVT	FUSIVEL	50
RICARDO,PEDRO	03		24077	U	L5	CGU	FUSIVEL	75
RICARDO,PEDRO	03		2487	U	L4	CGU	FUSIVEL	45
SERGIO,ODENILS	02		20163	U	Y3	CGD	FUSIVEL	75
SERGIO,ODENILS	02		20966	U	Y6	CGD	FUSIVEL	75
SERGIO,ODENILS	02		23401	U	M2	BVT	FUSIVEL	90
SERGIO,ODENILS	02		23413	U	M2	BVT	FUSIVEL	45
SERGIO,ODENILS	02		21131	U	Y6	CGD	FUSIVEL	45
SERGIO,ODENILS	02		21133	U	Y6	CGD	FUSIVEL	45
SERGIO,ODENILS	02		20711	U	M2	BVT	FUSIVEL	75
SERGIO,ODENILS	02		23884	U	M2	BVT	FUSIVEL	112,5
RICARDO,PEDRO	03		20846	U	M5	BVT	FUSIVEL	75
RICARDO,PEDRO	03		2841	U	M5	BVT	FUSIVEL	75
RICARDO,PEDRO	03		21468	U	M5	BVT	FUSIVEL	45
RICARDO,PEDRO	03		2727	U	M2	BVT	FUSIVEL	112,5
RICARDO,PEDRO	03		21139	U	Y6	CGD	FUSIVEL	45
RICARDO,PEDRO	03		23099	U	L3	CGU	FUSIVEL	75
RICARDO,PEDRO	03		2299	U	L3	CGU	FUSIVEL	75
RICARDO,PEDRO	03		2299	U	L3	CGU	FUSIVEL	75
RICARDO,PEDRO	03		2177	U	L2	CGU	FUSIVEL	75
RICARDO,PEDRO	03		2299	U	L3	CGU	FUSIVEL	75
JULIO,AFRANIO	04		4M1BVT		M1	BVT		1238

KVA INT	TEMPO	OBS. E	NR
45	1	PD 391	
0	1	PODAGEN DE ARVORES.	
0	1	TRAF0 ABERTO PARA COLOCACAO DE COBERTURA ISOLANTE.	
0	1	FALHA DA CONEXAO DO FLY-TAP DA FASE "A".	0010291/97
0	1	TRAF0 C/ELOS ROMPIDOS "AB"DEVIDO A PESSOAL DA TELPA(STELRE).	0010296/97
0	1	DESLIGAMENTO PARA COLOCACAO DE COBERTURA ISOLANTE	
0	1	PROGRAMACAO DE PODA	
210	1	PD-390/97. DESLOCAMENTO DE POSTE DE AT.	
0	1	PROGRAMACAO DE PODA	
0	1	PD-397/97. RECONDUTORAMENTO DE RD/BT E BALANCEAMENTO DE CARGAS	
0	1	DESLIGAMENTO NAO PROGAMADO PELO DPMD, SUBSTITUICAO DE POSTE EM BT.	
0	1	DEFEITO OCASIONADO POR FALHA EM CONEXAO.	0010309/97
0	1	PD-392/97 MANUTENCAO PREVENTIVA.	
0	1	TRAF0 ABERTO P/ MUDANCA DE TAP.	
0	1	CABO DE BT PARTIDO NA AREA DO 3413, NA FASE (B).	
0	1	TRAF0 ABERTO P/EMENDAR CABO DE BT PARTIDO NA FASE (B).	
0	1	NAO PROGR. DESLOCAMENTO DE POSTE DE BT.	
0	1	PD-398/97 MUDANCA DE TAP.	
0	1	CABO DE BT "NEUTRO"PRESTES A PARTIR. FOI ABERTO E COLOC. EMENDA.	0010331/97
0	1	TRAF0 DESLIGADO PELO COD PARA PODACAO DE ARVORE CRITICA.	0010332/97
0	1	PD-400/97. RENIV. DE RD/BT E TRANSF. DE CARGAS DO 1468 P/ 0846.	
0	1	PD 395/97 DPMD	
0	1	PD 395/97 DPMD	
0	1	TRAF0 DESLIGADO PARA SER SUBSTITUIDO POR UM DE 30 KVA.	
0	1	VANDALISMO NA BT (PIPA).	0010340/97
0	1	RENIVELAMENTO E PODAS EM B.T. TURMA (O) + (G)...	
0	1	TRAF0 ABERTO PARA CORPO DE BOMBEIROS...	0010343/97
0	1	TRAF0 ABERTO PARA FECHAMENTO DE PULOS DE B.T.	0010343/97
0	1	PODA DE URGENCIA...	0010363/97
0	1	ARMACAO SOLTOU DEVIDO A FIO 4 MM PARTIU-SE ...	0010365/97
1530	1	ALIVIO DE CARGA S/E BVT, SOLIC. CHESF. TRANSFERENCIA P/ 11M5.	

CONS. FEC	DATA CAD	CONS PART	KVA INTT	CONCLUIDA
S	01/10/97	1	150S	
S	01/10/97	0	30S	
S	01/10/97	0	75S	
S	02/10/97	0	75S	
S	02/10/97	0	75S	
S	02/10/97	0	45S	
S	02/10/97	0	112,5S	
S	02/10/97	3	570S	
S	02/10/97	0	75S	
S	02/10/97	0	50S	
S	02/10/97	0	75S	
S	02/10/97	0	45S	
S	03/10/97	0	75S	
S	03/10/97	0	75S	
S	03/10/97	0	90S	
S	03/10/97	0	45S	
S	03/10/97	0	45S	
S	03/10/97	0	45S	
S	03/10/97	0	75S	
S	03/10/97	0	112,5S	
S	03/10/97	0	75S	
S	03/10/97	0	75S	
S	03/10/97	0	45S	
S	03/10/97	0	112,5S	
S	03/10/97	0	45S	
S	03/10/97	0	75S	
S	03/10/97	0	75S	
S	03/10/97	0	75S	
S	03/10/97	0	75S	
S	03/10/97	0	75S	
S	03/10/97	17	2768S	

Anexo 5: Diagramas unifilares dos alimentadores

a) Alimentador 01M4

b) Alimentador 01Y6

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas

- 1 – ABREU, J. P.; ARANGO, H.; OLIVEIRA, J. C.; BUENO, A. M. E SILVA, S. R.:
“Reflexões sobre Qualidade da Energia”. I SBQEE’96, Uberlândia, Minas
Gerais, Junho/1996. EFEI, UFU, CEMIG, UFMG.

- 2 – ABREU, J. P. G.; CARVALHO FILHO, J. M.; OLIVEIRA, O. P.: “Reflexos da
conservação na qualidade da energia elétrica”. II SBQEE’97, São Lourenço,
Minas Gerais, Novembro/1997.

- 3 – ANDRADE, W. T. O.; CANTON, G.; CARVALHO, M. L.: “Auditoria em sistemas
elétricos: inovando a aferição do desempenho”. CPFL. Eletricidade Moderna,
pp. 92-101, Dezembro/1996.

- 4 – ARRUDA, A. A. C.; ROCHA, A. C. O.; GUARANI, A. P.; MISHIMA, A. S.;
ALVES, G. M.; ARAÚJO, J. M.: “Qualidade de Energia: panorama do sistema
elétrico brasileiro”. 6^o Erlac, Foz do Iguaçu, Paraná, Maio-Junho/1995.
Eletricidade Moderna, pp. 44-53, Setembro-1995.

- 5 – AYELLO, F. P.: “Sistema de monitoramento da qualidade da energia elétrica”.
CONLADIS, São Paulo, Setembro/1998. Grupo Schneider.

- 6 - BARBAT, C.; COUTRY, S.; RABEJAC; GRAVE; FARBES: "A parceria da qualidade entre concessionárias, instaladores e consumidores". 13^o Cireg, Bruxelas, Bélgica, Maio/1995. *Eletricidade Moderna*, pp. 100-108, Janeiro/1996.
- 7 - BONATTO, B. D.; MERTENS JR., E. A.; FERNANDES, F.: "Diagnóstico da qualidade da energia no sistema de distribuição". CONLADIS, São Paulo, Setembro/1998.
- 8 - BONFIL, C.; MARTINEZ-CANALES, J. F.; CAVALLÉ, F.: "Estudos de Perturbações: suas causas e efeitos nas redes de MT". 12^o Cired, Birmingham, Reino, Maio/1993. *Eletricidade Moderna*, pp. 114-122, Maio/1995.
- 9 - BORENSTEIN, C. R.; CARMARGO, C. C. B.: "O Setor Elétrico no Brasil - Dos Desafios do Passado às Alternativas do Futuro". São Paulo: Sagra Luzzatto. 1997.
- 10 - BRONZEADO, H. S.; RAMOS, A. J. P.; OLIVEIRA, J. C.; ABREU, J. P. G.; ARRUDA, A. A. C.; BRANDÃO, A. C.: "Uma proposta de nomenclatura nacional de termos e definições associados à qualidade da energia elétrica". II SBQEE'97, São Lourenço, Minas Gerais, Novembro/1997.
- 11 - BRUGNONI, M.: "La evolución de la calidad de la energía en las redes de distribución eléctrica de la zona metropolitana de Buenos Aires". CONLADIS, São Paulo, Setembro/1998.

- 12 – CAMPOS, D. C.; NUNES, J. V. C.; SILVA, N. S. V.: “Redução do DEC através de ações de melhoria de qualidade”. II SBQEE'97, São Lourenço, Minas Gerais, Novembro/1997.
- 13 – CARDOSO, A. F.; FLEURY, M. E. V.; LAGE, W. FL: “Perdas de energia: totais, técnicas e não-técnicas”. XIII SNPTEE, Camboriú, Santa Catarina, Outubro/1995. *Eletricidade Moderna*, pp. 109-115, Janeiro/1996.
- 14 – CCON – Comitê Coordenador de Operações Norte/Nordeste: “Simpósio Sobre Qualidade de Energia Elétrica”. Recife, Dezembro/1997.
- 15 – CIPOLI, J. A.: “Engenharia de distribuição”. Rio de Janeiro: Qualitymark. 1993.
- 16 – COPEL: “Reforma do Setor Elétrico”. Anais. Foz do Iguaçu, Maio/1996.
- 17 – DACONTI, J. R.; RAMOS, A. J. P.; BRONZEADO, H. S.: “Panorama sobre modernos equipamentos utilizados para melhorar a qualidade de energia elétrica em sistemas de distribuição”. II SBQEE'97, São Lourenço, Minas Gerais, Novembro/1997.
- 18 – DNAEE: “Manual de Implantação Qualidade de Fornecimento de Energia Elétrica”. Versão 1.0. Novembro/1996.
- 19 – ELETROBRÁS, COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO: “Planejamento de sistemas de distribuição”. Rio de Janeiro: Campus. 1986.

- 20 - ELETROBRÁS, COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO: "Desempenho de Sistemas de Distribuição". Rio de Janeiro: Campus. 1982.
- 21 - ESTRABOM, A. C.; MORAIS, D; BOCCUZZI, C. V.; TSUTIYA, O. N.: "Estabelecimento de índices de continuidade de fornecimento de energia elétrica da Eletropaulo". II SBQEE'97, São Lourenço, Minas Gerais, Novembro/1997.
- 22 - FONSECA, L. C. A.; FARIAS, J. S. M.: "Avaliação da qualidade da tensão através da medição dos distúrbios de caráter permanente no sistema de transmissão". I SBQEE'96, Uberlândia, Minas Gerais, Junho/1996. CHESF.
- 23 - FREIRE, E.A.: "Avaliação dos Custos Adicionais das Faturas Devido ao Uso Irracional de Energia Elétrica". Dissertação. UFPB - Campus II. Campina Grande, Dezembro/1996.
- 24 - GOUVÊA, M. R.; KAGAN, N.; VALENTE, A. L. C.; ARANGO, H.: "Planejamento agregado de investimentos em sistemas de distribuição". *Eletricidade Moderna*, pp. 131-137. Set/1994.
- 25 - HEGGSET, J.; KJOLLE, G.; NORDBY, M.; LANGSETH, P.: "Sistema de registro de interrupção no fornecimento de energia na Noruega". 13^o Cired, Bruxelas, Bélgica, Maio/1995. *Eletricidade Moderna*, pp. 110-117, Agosto/1996.

- 26 – MORAIS, M. L.; CAMARGO, I. M. T.: “Análise de custos envolvidos na melhoria do desempenho de alimentadores de distribuição”. CONLADIS, São Paulo, Setembro/1998.
- 27 – NOGUEIRA, G. M. F.: “Avaliação de performance dos serviços oferecidos pela Companhia de Eletricidade da Borborema/CELB aos consumidores industriais de alta tensão – Uma abordagem da qualidade em serviços”. Dissertação, UFPB – Campus I. João Pessoa, 1995.
- 28 – PEREIRA, F. C.; OLIVEIRA, J. C.; OLIVEIRA, A.; VILAÇA, A. L. A.: “Uma proposta de procedimento para análise da qualidade da energia elétrica”. II SBQEE'97, São Lourenço, Minas Gerais, Novembro/1997.
- 29 – RAMOS, A. J. P.; BRONZEADO, H. S.; LIMA, M. V. B. C.: “Integração e ações entre consumidores e concessionárias na busca da qualidade”. I SBQEE'96, Uberlândia, Minas Gerais, Junho/1996. *Eletricidade Moderna*, pp. 82-96, Dezembro/1996.
- 30 – RAMOS, A. J. P.; BRONZEADO, H. S.; LIMA, M. V. B. C.: “A qualidade da energia elétrica sob ponto de vista da responsabilidade compartilhada: uma visão condominial”. I SBQEE'96, Uberlândia, Minas Gerais, Junho/1996.
- 31 – RAMOS, A. J. P.; LIRA, D. P. C. P.; BRONZEADO, H. S.: “Monitoração da qualidade da energia elétrica – aspectos práticos”. II SBQEE'97, São Lourenço, Minas Gerais, Novembro/1997.

- 32 – RELATÓRIO FINAL DO GT CC.01 CIGRÉ/CIRED (CIGRÉ 37.07, CIRED 6): “A interação entre o planejamento de sistemas de transmissão e de distribuição”. 13^o Cired, Bruxelas, Bélgica, Maio/1995. Eletricidade Moderna, pp. 54-74, Setembro/1995.
- 33 – REVISTA ELETRICIDADE MODERNA: “Perfil do Setor de Energia Elétrica 1998”. Eletricidade Moderna, pp. 66-149. Ed. Aranda. Ano XXVI, n^o 292, Julho/1998.
- 34 – ROSA, L. P.; TOLMASQUIM, M. T.; PIRES, J. C. L.: “A Reforma do Setor Elétrico no Brasil e no Mundo – Uma Visão Crítica”. São Paulo: Relume Dumará. 1998.
- 35 – ROSÉS, R.; VARGAS, A.: “Sistema integrado para el cálculo de indices de calidad en redes eléctricas de distribución”. CONLADIS, São Paulo, Setembro/1998. ASINELSA S.A.
- 36 – SILVA, S. R.; MOREIRA, A. F.: “Compensador série para correção de mergulho de tensão”. I SBQEE'96, Uberlândia, Minas Gerais, Junho/1996. UFMG.
- 37 – THOMAZ, W.; BORDINI, W. P.; HASSIN, E. S.: “Qualidade do fornecimento de energia elétrica”. CONLADIS, São Paulo, Setembro/1998. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

- 38 – VIDAL, P.; ANDREONI, A. M.: “Una propuesta de generación de señales de gestión apartir del control de calidad del servicio técnico de distribución”.
CONLADIS, São Paulo, Setembro/1998. Energia San Juan S.A./ASINELSA
S.A.
- 39 – VILELA, J. H.; SOUTO, O. C. N.; OLIVEIRA, J. C.: “Análise computacional da
qualidade de energia elétrica através do simulador SABER”. II SBQEE’97, São
Lourenço, Minas Gerais, Novembro/1997.
- 40 – WOODLEY, N. H.; SARKOZI, M.; SUNDARAN, A.; TAYLOR, G. A.: “Energia
customizada: a solução para concessionárias e consumidores”. 13^o Cired,
Bruxelas, Bélgica, Maio/1995. Eletricidade Moderna, pp. 68-75, Abril/1996.
- 41 – RELAÇÃO DE SITES ACESSADOS: Electrotek (<http://www.electrotek.com>) , PQ
Network (<http://www.pqnet.electrotek.com>), MTE Corporation
(<http://www.mtecorp.com>), PowerCET Corporation (<http://www.powercet.com>),
PQToday (<http://www.pqtoday.com>), Power Quality Assurance Magazine
(<http://www.powerquality.com>), Cepel (<http://www.ccpel.br>), Eletrobrás
(<http://www.eletrabras.gov.br>), Furnas Centrais Elétricas S. A.
(<http://www.furnas.com.br>), Escola Federal de Engenharia de Itajubá – EFEI
(<http://www.efei.mg.br>), ANEEL (<http://www.aneel.org.br>)