

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA

ÊNFASE EM QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

**QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA – NORMAS E
REGULAMENTAÇÕES SOB A ÓTICA DO CONSUMIDOR**

Por

JUCINARA HERCULANO MERQUIADES DE ANDRADE

Monografia de final de curso

Prof. Eduardo Nohme

(Orientador)

Belo Horizonte

2012

JUCINARA HERCULANO MERQUIADES DE ANDRADE

**QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA – NORMAS E
REGULAMENTAÇÕES SOB A ÓTICA DO CONSUMIDOR**

Orientador: Prof. Eduardo Nohme

Monografia submetida à Banca Examinadora designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sistemas de Energia Elétrica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do *Certificado de Especialista em Sistemas de Energia Elétrica com ênfase em Qualidade da Energia Elétrica*.

Belo Horizonte, Junho/ 2012

JUCINARA HERCULANO MERQUIADES DE ANDRADE

Qualidade de energia elétrica – normas e regulamentações sob a ótica do consumidor

Monografia submetida à Banca Examinadora designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sistemas de Energia Elétrica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do *Certificado de Especialista em Sistemas de Energia Elétrica com ênfase em Qualidade da Energia Elétrica*.

Aprovada em 27 de março de 2012

Por:



Prof. Eduardo Nohme
(Orientador)



Prof. Glássio Costa de Miranda
(Relator)

A minha amada filha Ana Gabriela e ao meu esposo Kenison pela paciência e compreensão dispensadas. Ao Professor orientador Eduardo Nohme por todo incentivo. Aos colegas de trabalho da ECT e demais colegas e amigos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho. À ECT pelo patrocínio ao referido curso.

RESUMO

A ampla disponibilização da energia elétrica trouxe grandes benefícios para a população, que passou a depender dos recursos oferecidos por esse serviço, que transpôs os limites do conforto, para se tornar uma necessidade básica. A partir do momento em que esse recurso passa a fazer parte do cotidiano da sociedade, que, de forma natural, passa a ser mais exigente com o produto, e a qualidade da energia elétrica torna-se alvo de diversas discussões: de um lado consumidores exigindo seus direitos e buscando indenizações sob os danos causados aos equipamentos ou interrupções nos processos produtivos, de outro, fornecedores sujeitos a regulamentações que buscam garantir a disponibilização e integridade do serviço ofertado, com qualidade. É neste cenário que se insere o estudo em pauta, objetivando nesta monografia elencar as principais regulamentações existentes no Brasil, sob a ótica da qualidade de energia, de forma a obter um apontamento único sobre o assunto, focando nos aspectos relacionados ao consumidor, seus direitos e deveres. A pesquisa realizada envolveu um inventário bibliográfico sobre o tema, que vai desde a sua concepção, quando da implantação do sistema elétrico brasileiro, ao estado atual da arte, através de levantamentos de relatórios, dos procedimentos de aferição, legislação e instruções normativas que permeiam, e buscam manter o equilíbrio de interesses dos atores que atuam nesse setor.

Palavras-chaves: Energia Elétrica. Sistema Elétrico Brasileiro. Instruções Normativas. Setor.

ABSTRACT

The wide availability of electrical power has brought a lot of benefits to the population, who has been depending on the features offered by this service since then, which overtaken the comfort limits to become a basic necessity. From the moment on when this feature naturally becomes part of the daily society, they become pickier with the product. Thus, the power quality becomes the target of various discussions: in one side, there are consumers that want their rights and looking for some refund over the damages caused to the equipments or interruptions in the production processes; on the other hand, suppliers under regulations that seek to ensure the availability and integrity of the quality offered service. In this background this work is being studied, aiming to list the main existent regulations in Brazil, under the perspective of power quality in order to obtain a single note about the subject, focusing on aspects related to consumer, which involves rights and duties. The research has involved a literature inventory on the subject, ranging from its conception (when the implementation of the Brazilian electric system) until the current state of the art (through surveys of reports, checking procedures, legislation and normative instructions - all this seek to keep the balance of interests of people involved in this sector).

Keywords: electrical power. Brazilian Electric System. Normative Instructions. Sector.

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Denominação das variações de tensão de curta duração.....30

TABELA 02 - Aprimoramento das definições dos termos de VTCDs segundo NT, 29.....45

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01 - Estruturação das instalações geradoras quanto à fonte energética.....	18
GRÁFICO 02 - Perfil do setor de energia elétrica brasileiro – 1952 a 1962	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

USP	Universidade de São Paulo
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
CNAEE	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
CHESF	Companhia Hidrelétrica de São Francisco
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
PNE	Plano Nacional de Eletrificação
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
CHESF	Constituição da Central Elétrica de Furnas S.A
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
REVISE	Revisão Institucional de Energia Elétrica
COMASE	Comitê Coordenador das Atividades do Meio Ambiente no Setor Elétrico
GCOI	Grupo de Coordenação para Operação Interligada
SIN	Sistema Interligado Nacional
GCPS	Grupo de Coordenação do Planejamento do Sistema de Energia Elétrica
CRC	Conta de Resultado a Compensar
PND	Plano Nacional de Desestatização
RESEB	Reforma do Setor Elétrico Brasileiro
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ONS	Operador Nacional do Sistema
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
FLICKER	Fenômeno de Cintilação Luminosa
VTCD	Variações de Tensão de Curta Duração
VTLD	Variações de Tensão de Longa Duração
QEE	Qualidade de Energia Elétrica
CPST	Contratos de Prestação de Serviços de Transmissão
CCT	Contratos de Conexão ao Sistema de Transmissão
CUST	Contratos de Uso do Sistema de Transmissão
PROREDE	Procedimentos de Rede

DIT	Demais Instalações de Transmissão
PRODISP	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica
PST	Nível de Severidade de Cintilação de Curta Duração
PLT	Nível de Severidade de Cintilação de Longa Duração
FT	Fator de Transferência
PAC	Ponto de Acoplamento Comum

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	12
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Considerações gerais.....	12
1.2. Breve histórico.....	12
1.3. Organização do trabalho.....	14
CAPÍTULO II	15
2. HISTÓRICO DA ELETRICIDADE NO BRASIL E SUA REGULAMENTAÇÃO	15
2.1. Implantação da eletricidade no Brasil.....	15
2.2. Investimentos privados e capital estrangeiro (1898 – 1929).....	16
2.3. Nascimento da regulamentação.....	16
2.4. Políticas do governo (1940 – 1974).....	18
2.5. Crise do modelo estatal (1974 – 1990).....	20
CAPÍTULO III	22
3. DESESTATIZAÇÃO DO SETOR E O NASCIMENTO DOS ÓRGÃOS DE CONTROLE E DE REGULAMENTAÇÃO	22
3.1. Modelo centralizado.....	22
3.2. Crise no modelo centralizado.....	23
3.3. Reforma do setor elétrico brasileiro – RESEB.....	23
CAPÍTULO IV	25
4. ASPECTOS INERENTES À QUALIDADE: CONCEITUAÇÃO E DEFINIÇÕES CLÁSSICAS	25
4.1. Tensão em regime permanente (Conformidade de tensão elétrica).....	25
4.2. Fator de potência.....	26
4.3. Harmônicos.....	26
4.4. Desequilíbrio de tensão.....	27
4.5. Flutuação de tensão.....	28
4.6. Variações de tensão de curta duração.....	29

4.7. Variação da frequência.....	31
CAPÍTULO V.....	32
5. REGULAMENTAÇÕES EXISTENTES.....	32
5.1. Normatizações e Regulamentações Brasileiras vigentes.....	34
5.1.1. ONS.....	35
5.1.1.1. Procedimentos de Rede: PROREDE.....	35
5.1.2. ANEEL.....	37
5.1.2.1. Procedimentos de Distribuição: PRODIST.....	38
CAPÍTULO VI.....	39
6. PRODIST - MÓDULO 8	39
6.1. Revisão do Módulo 8 do PRODIST.....	39
6.1.1. Aprimoramento da Definição de Tensão Eficaz.....	40
6.1.2. Harmônicos.....	40
6.1.2.1. Aprimoramento dos termos e definições.....	40
6.1.2.2. Indicadores de desempenho (Harmônicos).....	41
6.1.3. Desequilíbrio de tensão.....	42
6.1.3.1. Aprimoramento dos termos e definições.....	42
6.1.3.2. Indicadores de desempenho (Desequilíbrio de tensão).....	43
6.1.3.3. Flutuação de tensão.....	44
6.1.3.4. Medição e apuração dos fenômenos.....	44
6.1.4. Variações de Tensão de Curta Duração.....	45
6.1.4.1. Aprimoramentos dos termos e definições.....	45
6.1.5. Discussões futuras.....	46
6.1.5.1. Instrumentos de medição.....	46
6.1.5.2. Viabilidade das Campanhas de Medição.....	48
CAPÍTULO VII.....	49
7. BREVE ANÁLISE CRÍTICA.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

A presença da eletrônica em parte expressiva dos equipamentos modernos, se, por um lado, torna esse tipo de carga mais sensível à qualidade da energia elétrica consumida, por outro, talvez, seja esta a principal responsável pelo comprometimento da tensão disponibilizada pelas concessionárias aos clientes. Esta realidade tem promovido diversos problemas, tanto para os consumidores, nos danos causados aos equipamentos ou interrupções nos processos produtivos, quanto para os fornecedores, em razão notadamente das falhas ou desligamentos de curta ou longa duração.

Em resposta aos supostos transtornos causados, os consumidores promovem o crescimento dos pedidos de ressarcimento dos eventuais prejuízos decorrentes da má qualidade da energia elétrica disponibilizada. Paralelamente, os fornecedores de energia elétrica registram cotidianamente o comprometimento de sua imagem perante o público, fruto do desgaste das relações com seus clientes, gerado na equivocada interpretação e compreensão dos fatos ocorridos. Esta realidade, na maioria das vezes, tem origem nos aspectos relacionados aos direitos e deveres das partes, sejam pelas ainda incipientes regulamentações do setor, seja por mero desconhecimento do assunto.

Vários são os esforços despendidos pelos diversos agentes envolvidos na busca de uma disciplina clara, objetiva e de consenso, proporcionando, vez por outra, uma nova leitura e compreensão desta questão. Neste contexto, a investigação do estado atual desta arte e sua disponibilização como uma eventual fonte de consulta, torna-se bem oportuna. Assim sendo, o objetivo principal desta monografia é discorrer sobre o assunto, visando à elaboração de um documento que irá elencar e abordar as principais regulamentações existentes no Brasil, de forma a obter um apontamento único, tendo-se como foco o consumidor.

O trabalho realizado envolveu um levantamento bibliográfico sobre o tema, compreendendo relatórios, procedimentos, legislação, regulamentações e instruções normativas que permeiam e mantêm, no que tange a qualidade da energia elétrica, o equilíbrio de interesses dos atores que atuam no setor elétrico brasileiro, tendo-se como foco principal os aspectos relacionados ao consumidor, seus direitos e deveres.

1.2. Breve histórico

O serviço de energia elétrica brasileiro despontou ainda no período imperial, pela iniciativa do então imperador Dom Pedro II, promovendo subsídios para o desenvolvimento econômico, social e tecnológico brasileiro. Apesar de o objetivo inicial ter sido a iluminação pública, foi no setor privado que este encontrou sua maior ressonância, com conseqüente enraizamento.

No estágio inicial da distribuição da energia elétrica no Brasil, a preocupação básica centrava-se num compromisso biunívoco de equacionamento do serviço, ao consumidor facilitando o acesso e ao distribuidor garantindo o fornecimento. Com o passar do tempo, e uma vez atendidas as premissas básicas deste serviço, decorre então, um rápido desenvolvimento de atividades dele dependentes, tendo na energia elétrica um de seus principais insumos, não importando a qualidade do bem oferecido.

O desenvolvimento tecnológico dos equipamentos, com a incorporação de tecnologias mais modernas e avançadas e forte conteúdo eletrônico, tornou as cargas mais sensíveis e dependentes de fontes de energia elétrica de qualidade. No entanto, essa mesma tecnologia sensível à qualidade de energia elétrica, constituiu-se numa das principais causas do comprometimento das tensões distribuídas pelas concessionárias. Essa realidade fez emergir a discussão acerca das responsabilidades envolvidas que, sem amparo legal, promoviam conflitos insolúveis entre consumidores e fornecedores. Esses impasses suscitaram na sociedade e, mais particularmente, no setor elétrico a oportunidade de regulamentação das

obrigações, tanto dos fornecedores quanto dos consumidores, na perspectiva de contornar o problema.

A disponibilidade da energia elétrica estimulou o desenvolvimento de inúmeras atividades dela dependentes do setor e de tecnologias a cada dia mais avançadas, além de consumidores mais exigentes da necessidade de regulamentações que garantam não só a disponibilidade do serviço, mas também a qualidade do que lhes é ofertado. Neste cenário estão focados os estudos aqui apresentados, analisando os aspectos da qualidade tanto na sua evolução histórica como nos desafios atuais.

1.3. Organização do trabalho

O trabalho é apresentado em seis capítulos subsequentes, assim organizados:

- CAPITULO II: A história da disponibilização do serviço de energia no Brasil versus o despontar da legislação no setor;
- CAPITULO III: Desestatização do setor e o nascimento dos órgãos de controle e de regulamentação;
- CAPITULO IV: Aspectos inerentes à qualidade: conceituação e definições clássicas
- CAPITULO V: Regulamentações existentes
- CAPITULO VI: PRODIST - Módulo 8
- CAPITULO VII: Breve análise crítica – Conclusões

CAPÍTULO II

2. HISTÓRICO DA ELETRICIDADE NO BRASIL E SUA REGULAMENTAÇÃO

Visando contextualizar e substanciar o entendimento do conteúdo em estudo, se faz necessário conhecer a evolução do serviço de energia elétrica no País, ainda que de forma sucinta, conectando esta história ao nascimento das regulamentações do setor até o seu amadurecimento, particularmente no que diz respeito à qualidade de energia.

2.1. Implantação da eletricidade no Brasil

Com o objetivo de utilizar a luz elétrica na iluminação pública, Dom Pedro II concedeu a Thomas Edison o direito de introduzir no país os aparelhos e processos da sua invenção, sendo então, em 1879, constituída a primeira instalação de iluminação elétrica do país, gerada por meios mecânicos, na Estação Central da Estrada de Ferro D. Pedro II, na cidade do Rio de Janeiro (ELETROBRÁS, 2011). Dois anos depois foi instalada a primeira iluminação pública externa do país, através da Diretoria Geral dos Telégrafos, ainda na cidade do Rio de Janeiro, que iluminava um trecho do Jardim do Campo da Aclamação, atual Praça da República (ELETROBRÁS, 2011).

Após esses eventos de vanguarda à época, e com o objetivo de atender aos setores têxteis e de mineração do país, ocorreram várias iniciativas privadas para implantação e utilização da energia elétrica, que, em alguns casos, se associavam a setores públicos, visando atender a iluminação pública das cidades onde estavam instaladas. Neste período de pioneirismo podemos destacar os estados de Minas Gerais, que foi sede da primeira usina hidrelétrica do país, na cidade de Diamantina, e o estado do Rio Grande do Sul, que teve a sua Capital Porto Alegre como sendo a primeira a contar com a iluminação pública no Brasil. Até o ano de 1986 outras tantas hidrelétricas foram construídas, ainda através de iniciativas privadas e associações com setores públicos (ELETROBRÁS, 2011).

A energia elétrica teve sua produção e uso implantados no Brasil num período em que o país conheceu um grande desenvolvimento político, econômico e social. O novo regime republicano se consolidava e começava a sofrer transformações. A economia crescia a partir da riqueza da agro exportação e, ao mesmo tempo, diversificava-se e criavam-se as condições para a industrialização. A energia elétrica instalou-se no Brasil, a um só tempo, como consequência e como condição impostas pelas transformações da vida nacional (Departamento de engenharia elétrica/USP, 2011).

2.2. Investimentos privados e capital estrangeiro (1898 – 1929)

Neste período é crescente o interesse e o investimento no desenvolvimento do setor elétrico, destacando-se então a iniciativa para criação de empresas e de grupos nacionais, assim como a entrada de capital estrangeiro. Houve a implantação de diversas usinas hidrelétricas, com maior destaque para os estados de Rio de Janeiro e São Paulo, sendo neste último implantada a primeira usina hidrelétrica do país a contar com uma barragem com mais de 15 (quinze) metros de altura, situada no município de Santana do Parnaíba/SP (ELETROBRÁS, 2011).

Neste período surgem às primeiras regulamentações do setor, onde no ano de 1903 é aprovado pelo Congresso Nacional o primeiro texto de lei que disciplina o uso da energia elétrica no país, a Lei ° 1.145, de 31 de dezembro de 1903, regulamentada pelo Decreto Nº 5.407, de 27 de dezembro de 1904. As disposições aprovadas autorizavam e estabeleciam regras para o aproveitamento da força hidráulica para transformação em energia elétrica para os serviços federais, por via administrativa, ou por concessão (ELETROBRÁS, 2011).

2.3. Nascimento da regulamentação

Em julho de 1934 houve a promulgação do código das águas, pelo decreto nº 24.643, permitindo ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas, sendo definidos a caracterização jurídica das águas e o regime de concessões.

O código conferiu à união, em seu artigo 178, a atribuição de fiscalizar a produção, a transmissão, a transformação e a distribuição de energia hidroelétrica com o objetivo de assegurar serviço adequado, fixar tarifas razoáveis e garantir a estabilidade financeira das empresas. O texto já expressava a preocupação com a questão da qualidade da energia elétrica, ao dispor em seu art. 179:

“Art. 179 - Quanto ao serviço adequado a que se refere à alínea a do artigo precedente, resolverá a administração sobre:

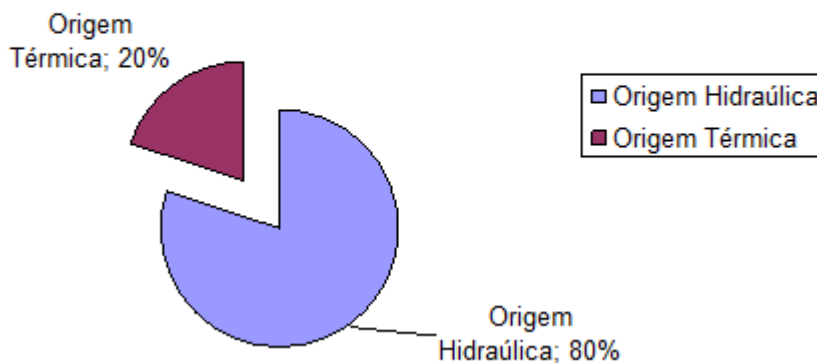
- a) **qualidade e quantidade do serviço;** (Grifo nosso),
- b) extensões;
- c) melhoramentos e renovação das instalações;
- d) processos mais econômicos de operação” (DECRETO Nº 24.643, DE 10 DE JULHO DE 1934).

Tendo sido esta a primeira citação em lei, pode-se inferir ser o código de águas, o primeiro marco regulatório do setor nos aspectos inerentes à qualidade da energia elétrica.

Em 1938 foi criada a Divisão de Águas do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), do Ministério da Agricultura, que se tornou órgão técnico do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE) atuando na regulamentação e fiscalização das empresas de energia elétrica no país. Somente em 1965 este conselho foi substituído pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), do Ministério da Minas e Energia (ELETROBRÁS, 2011). Nesta época, as instalações geradoras de energia elétrica existentes no país estavam estruturadas quanto à fonte energética, sendo em torno de 80% (oitenta por cento) da potência instalada de origem hidráulica e 20% (vinte por cento) de origem térmica, estes dados podem ser conferidos no gráfico 01 – Estruturação das instalações geradoras quanto à fonte energética – Final do período (USP, 2011).

GRÁFICO 01

Estruturação das instalações geradoras quanto à fonte energética - Final do período [USP, 2011]



fonte: USP (2011)

2.4. Políticas do governo (1940 – 1974)

Visando aumentar a taxa de crescimento e disciplinar melhor a produção e distribuição de energia elétrica, que até então estava em mãos de empresas estrangeiras, o governo ampliou seu papel e passou a atuar diretamente no setor elétrico. Um dos primeiros passos foi à criação da Companhia Hidrelétrica de São Francisco (CHESF), em 1945, que imediatamente iniciou a construção da usina de Paulo Afonso. Em 1952 foram criadas as Centrais Elétricas de Minas Gerais (CEMIG), mais recentemente denominada Companhia Energética de Minas Gerais, com cinco empresas regionais e suas subsidiárias.

Em abril de 1954 há a promulgação de projetos de lei concernentes ao Plano Nacional de Eletrificação e a criação das Centrais Elétricas Brasileiras S.A – ELETROBRÁS, substituindo o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), do Ministério da Minas e Energia. O projeto de criação da Eletrobrás foi concretizado apenas com a Lei n.º 3.890-A, de 25 de abril de 1961 (Departamento de engenharia elétrica/USP, 2011).

O Plano Nacional de Eletrificação (PNE) delineava uma profunda reestruturação setorial, prevendo um programa de expansão da geração de energia elétrica no país a partir da exploração de seu potencial hidráulico e a intervenção do Estado nas

áreas de geração e transmissão. A propriedade das novas instalações geradoras passaria a concentrar-se em empresas controladas pelo governo federal e pelos governos estaduais (Departamento de engenharia elétrica/USP, 2011)

No governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961), houve estímulo e aquecimento da economia brasileira, pautado pela estratégia desenvolvimentista, ocorrendo o crescimento da produção industrial, destacando-se os setores de equipamentos de transporte, de material elétrico e de comunicações, mecânico e siderúrgico como os setores mais modernos e dinâmicos da indústria brasileira (Departamento de engenharia elétrica/ USP, 2011).

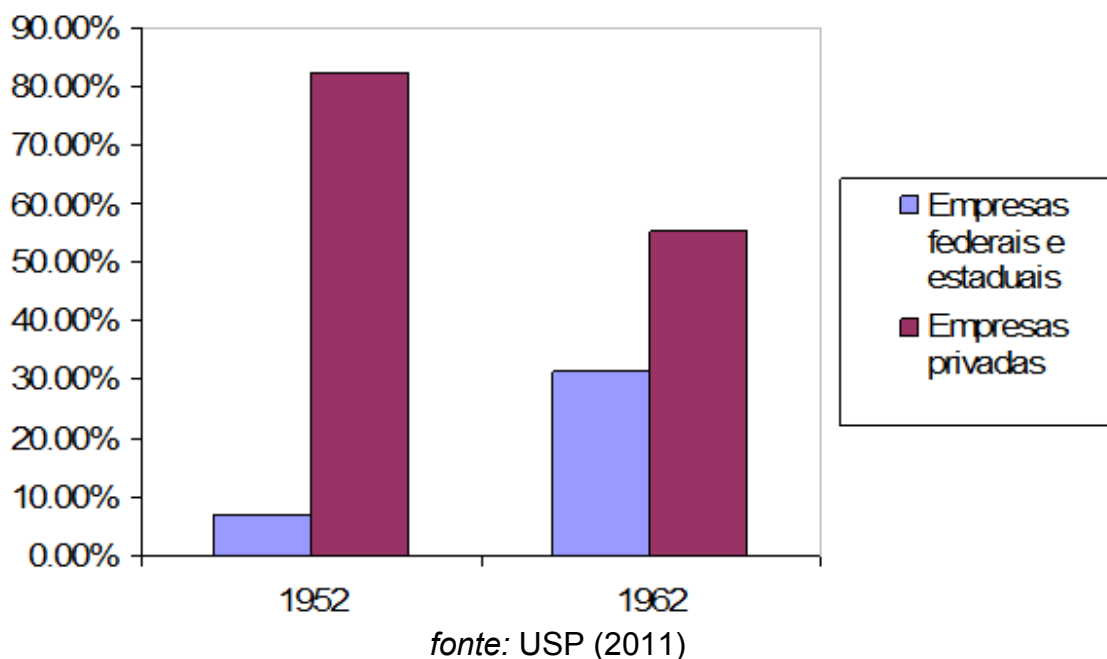
No âmbito federal, destaca-se, além da já mencionada criação da CHESF, a constituição da Central Elétrica de Furnas S.A. em 1957, posteriormente denominada Furnas Centrais Elétricas S.A., responsável pela construção da Usina Hidrelétrica de Furnas. Em 1960, também no âmbito federal, foi organizada a Companhia Hidrelétrica do Vale do Rio Paraíba, com o objetivo de promover a construção da Usina Hidrelétrica Funil (Departamento de engenharia elétrica/USP, 2011).

No âmbito privado destaca-se para o período a expansão do parque gerador das empresas do Grupo Light, que promoveu a construção da Usina Hidrelétrica Henry Borden II e da Usina Termelétrica Piratininga, no estado de São Paulo, e das Usinas Hidrelétricas Nilo Peçanha e Pereira Passos, no estado do Rio de Janeiro (Departamento de engenharia elétrica/USP, 2011).

Ao final do ano de 1962, como decorrência dos incentivos promovidos pelo PNE, observou-se uma alteração no perfil do setor de energia elétrica brasileiro, verificando-se o aumento das empresas federais e estaduais na geração, O gráfico 02 descreve esta situação (Departamento de engenharia elétrica/USP, 2011).

GRÁFICO 02

**Perfil do setor de energia elétrica brasileiro -
1952 a 1962 [USP,2011]**



Com a lei 5.655 de 1971, o governo promoveu importantes mudanças na legislação tarifária brasileira, quando foi estabelecida a garantia de 10% a 12% de retorno sobre o capital investido, a ser computada na tarifa. A medida visava dar sustentação financeira ao setor e serviu também para financiar sua expansão. Foi um período em que o setor desenvolveu sólidas bases financeiras. Havia, entretanto, enormes diferenças no custo de geração e distribuição entre as diversas regiões. Na tentativa de amenizar esta disparidade, o governo instituiu, em 1974, a equalização tarifária mantida por um sistema no qual as empresas superavitárias transferiam recursos para as deficitárias (NEOENERGIA, 2011).

2.5. Crise do modelo estatal (1974 – 1990)

A organização do sistema Eletrobrás ocorrida ao longo dos anos 60 e 70 garantiu o significativo crescimento do setor. No entanto, fatores como mudanças nas regras dos mercados financeiros internacionais, aliados às mudanças de cunho político, econômico e social no país, em decorrência dos ciclos dos governos militares,

reverteram o processo de expansão, ainda na primeira metade da década de 80 (Departamento de engenharia elétrica/USP, 2011).

Em 1985 consolidou-se o processo de transição democrática no país, que passou a ser presidido por um civil. Também neste ano foi constituído o programa nacional de conservação da energia elétrica (PROCEL), que tinha, dentre outros, o objetivo a racionalização do uso da energia elétrica, com a eliminação de desperdício, ao incentivar o aumento da eficiência dos equipamentos elétricos e dos processos industriais (Departamento de engenharia elétrica/USP, 2011).

Em 1988 houve a promulgação da revisão institucional de energia elétrica (REVISE), com o objetivo de promover análise geral da situação do setor de energia elétrica, realizando debates sobre legislação, em especial uma revisão do código de águas, tarifas, e do modelo institucional do setor (ELETROBRÁS, 2011). Também no ano de 1988 houve a criação do Comitê Coordenador das Atividades do Meio Ambiente no Setor Elétrico (COMASE), que visava estabelecer diretrizes, metodologias, normas e procedimentos, inerentes às atividades relativas ao meio ambiente, nos planos de expansão dos sistemas elétricos (ELETROBRÁS, 2011).

Finalmente, por meio da Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, foi extinto o Ministério das Minas e Energia, que foi substituído pelo Ministério da Infraestrutura (ELETROBRÁS, 2011).

CAPÍTULO III

3. DESESTATIZAÇÃO DO SETOR E O NASCIMENTO DOS ÓRGÃOS DE CONTROLE E DE REGULAMENTAÇÃO

Quando do início do governo do Presidente Fernando Henrique Cardoso, em 1995, foi estabelecida como prioridade a consolidação do plano Real. Para atender este objetivo, setores do governo entendiam como necessária a reforma e privatização de diversos setores da economia estatizados, dentre estes o setor elétrico.

Segundo PRONI (2005) processo de privatização, especificamente do setor elétrico, foi motivado pelo esgotamento da capacidade de financiamento do Estado e pela intenção de estimular o aumento da eficiência com a competição, mediante a reestruturação do setor.

3.1. Modelo centralizado

O sistema elétrico brasileiro foi organizado de forma centralizada, modelo este de gestão implantado após a criação da Eletrobrás.

No modelo centralizado empresas públicas federais e estaduais assumiram um papel fundamental na geração, transmissão e integração de sistemas isolados e na distribuição de energia. A centralização e a coordenação permitiram o planejamento e a construção de obras hidráulicas de grande porte, de grandes sistemas de transmissão e da interconexão dos sistemas hidrelétricos que produziram uma melhora substancial dos serviços de eletricidade no país e a redução nos custos de fornecimento, pelos efeitos de economia de escala (GOLDENBERG, 2003).

A Eletrobrás era a protagonista do modelo centralizado, exercia o controle acionário da maioria dos ativos de transmissão e geração, controlava os ativos de energia nuclear e detinha controle sobre a usina de Itaipu. A Eletrobrás também era organizadora de duas entidades setoriais, o Grupo de Coordenação para Operação Interligada, denominado de GCOI, responsável pelo controle da operação do

Sistema Interligado Nacional – SIN, e o Grupo de Coordenação do Planejamento do Sistema de Energia Elétrica, o GCPS, este último com o objetivo de projetar a demanda de energia elétrica e de definir os investimentos necessários para expansão do setor, com base nas previsões macroeconômicas (FERREIRA, 2000)

3.2. Crise no modelo centralizado

No início dos anos 80 (oitenta) o Brasil passou por uma forte crise fiscal e estagnação econômica. A crise da dívida externa, oriunda da exploração da taxa de juros norte-americana, afetou o financiamento do setor elétrico. Nesse cenário o governo passou a utilizar como ferramenta de combate à inflação as tarifas dos serviços do setor público (GOLDENBERG, 2003).

Com a contenção das tarifas elétricas, foi criada a remuneração média do setor, com base na equalização tarifária, onde empresas mais eficientes acabavam por ser penalizadas, já que tinham que transferir recursos para empresas menos eficientes, o que, sob a ótica administrativa, acabava por estimular a ineficiência das empresas. Nesse cenário foi criada a Conta de Resultado a Compensar – CRC, surgindo assim à crise de inadimplência e a acumulação de dívidas do setor (JANUZZI, 2007).

No início dos anos 90 o modelo centralizado, ainda em operação, mostrava-se ineficiente economicamente e com elevada dívida. Nesse contexto, é instaurado o Plano Nacional de Desestatização (PND), no governo do então presidente Fernando Collor de Mello (1990 – 1992).

3.3. Reforma do setor elétrico brasileiro – RESEB

A reforma do setor elétrico só teve início no governo do Presidente Fernando Henrique Cardoso, e consistia na redefinição do papel do estado no setor, objetivando:

- A separação entre as atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização.

- Privatização, transferindo para o setor privado a responsabilidade pela realização dos investimentos, além de fornecer recursos para o erário público.
- Competição na geração e na comercialização, propiciando um grande estímulo para o aumento da eficiência e a redução dos preços.
- Livre acesso às redes de transmissão e distribuição, permitindo efetivamente a competição na produção e na comercialização.

Traçado os objetivos pretendidos pelo projeto Reforma do Setor Elétrico Brasileiro, foi criada uma estrutura regulatória descentralizada, composta pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e por duas entidades de direito privado, o Operador Nacional do Sistema (ONS), e o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE).

A ANEEL foi instituída através da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, cabendo-lhe proceder com as fiscalizações das permissionárias e concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica, de concessionárias de transmissão de energia elétrica e do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS.

Os trabalhos do RESEB evidenciaram a necessidade do estabelecimento de padrões técnicos de cumprimento obrigatório pelos agentes setoriais para a utilização dos sistemas elétricos das distribuidoras, propondo-se a elaboração de procedimentos de distribuição, com a finalidade de regular os arranjos necessários ao planejamento e operação dos sistemas de distribuição e para a implantação e manutenção das conexões de sistemas (PRODIST, 2011).

CAPÍTULO IV

4. ASPECTOS INERENTES À QUALIDADE: CONCEITUAÇÃO E DEFINIÇÕES CLÁSSICAS

Qualidade de energia elétrica é uma característica de um sistema elétrico que se apresenta isento ou com número restrito de distúrbios manifestados através de desvios de tensão, em sua forma de onda, amplitude, frequência ou fase angular, que poderiam ocasionar em falha ou operação inadequada de um equipamento consumidor.

A literatura considera as variações de tensão de curta duração (interrupções, afundamentos e elevações de tensão), as variações de tensão de longa duração (subtensões e sobretensões), os harmônicos, os desequilíbrios de tensão e a flutuação de tensão, que causa o fenômeno de cintilação luminosa (flicker), como os fenômenos que a afetam a qualidade da energia elétrica.

Sob a ótica do PRODIST os fenômenos relativos à qualidade do produto em regime permanente ou transitório são: tensão em regime permanente; fator de potência; harmônicos; desequilíbrio de tensão; flutuação de tensão; variações de tensão de curta duração; variação de frequência.

Cada um dos fenômenos citados será tratado a seguir à luz da legislação atual (SILVA, 2010).

4.1. Tensão em regime permanente (Conformidade de tensão elétrica)

A conformidade da tensão elétrica refere-se à comparação do valor de tensão obtido por medição apropriada, no ponto de conexão, em relação aos níveis de tensão especificados como adequados, precários e críticos (PRODIST, 2011).

4.2. Fator de potência

Razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativas e reativa, consumidas em um mesmo período especificado (PRODIST, 2011).

O valor do fator de potência deverá ser calculado a partir dos valores registrados das potências ativa e reativa (P, Q) ou das respectivas energias (EA, ER), utilizando-se as seguintes expressões: (PRODIST, 2011).

$$(1) \quad f_p = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad \text{ou} \quad \frac{EA}{\sqrt{EA^2 + ER^2}}$$

4.3. Harmônicos

Harmônicos constituem-se em uma das formas de distorção para tensões e correntes elétricas, caracterizadas por sinais senoidais com frequências múltiplas e inteiras da frequência fundamental, as quais são provocadas por cargas não lineares conectadas à rede elétrica (ANEEL, 2011).

As distorções harmônicas provocam efeitos indesejados no funcionamento de diversos equipamentos, tais como: sobreaquecimento, elevação de perdas e redução da vida útil de cabos e transformadores, redução do rendimento de motores trifásicos, ressonância em bancos de capacitores, mau funcionamento de dispositivos de proteção, entre outros.

Na Seção 8.1 do Módulo 8 do PRODIST, Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, define-se que: “as distorções harmônicas são fenômenos associados com deformações nas formas de onda das tensões e correntes em relação à onda senoidal da frequência fundamental”.

O PRODIST trata ainda das seguintes definições associadas à distorção harmônica:

- Distorção harmônica individual: Grandeza que expressa o nível individual de uma das componentes que totalizam o espectro de frequências de um

sinal distorcido, normalmente referenciada ao valor da componente fundamental.

- Distorção harmônica total: Composição das distorções harmônicas individuais que expressa o grau de desvio da onda em relação ao padrão ideal, normalmente referenciada ao valor da componente fundamental.
- Ordem harmônica: Número representativo do espectro de frequências associado com uma onda distorcida.
- Tensão fundamental: Amplitude ou valor eficaz correspondente à componente fundamental – frequência fundamental – da tensão analisada.

A norma ABNT NBR IEC 61000-4-30 – Técnicas de medição e ensaio – Métodos de medição de qualidade da energia, que é uma adaptação da norma internacional IEC 61000-4-30, traz as seguintes definições relacionadas com harmônicas:

- Componente fundamental: componente cuja frequência é a frequência fundamental.
- Frequência fundamental: frequência no espectro, obtida a partir de uma transformada de Fourier de uma função temporal, que serve de referência a todas as outras frequências do espectro.
- Componente harmônica: qualquer das componentes que tenha uma frequência harmônica. O seu valor é expresso normalmente em valor eficaz.
- Frequência harmônica: frequência que é um múltiplo inteiro da frequência fundamental. A relação entre a frequência harmônica e a frequência fundamental é a ordem harmônica (notação: h).

4.4. Desequilíbrio de tensão

Em um sistema trifásico ideal, as tensões nas três fases possuem a mesma amplitude e estão defasadas entre si de 120 graus. O desequilíbrio de tensão em um sistema elétrico trifásico é uma condição na qual as fases apresentam tensão com módulos diferentes entre si, ou defasagem angular entre as fases diferentes de 120 graus ou, ainda, as duas condições simultaneamente.

O desequilíbrio de tensão provoca efeitos no sistema elétrico, tais como sobreaquecimentos e redução da vida útil em motores, transformadores e cabos, mau funcionamento e falhas dos dispositivos de proteção.

O PRODIST define desequilíbrio de tensão como sendo o desvio máximo da média das correntes ou tensões trifásicas, dividido pela média das correntes ou tensões trifásicas, expresso em percentual.

4.5. Flutuação de tensão

As flutuações de tensão são oscilações provocadas por cargas variáveis. O principal efeito destas oscilações de tensão são cintilações em sistemas de iluminação, que provocam uma sensação desagradável aos olhos humanos (KAGAN et. al, 2005).

Cargas industriais que exibem variações contínuas e rápidas na magnitude da corrente de carga podem causar variações na tensão que são frequentemente referidas como flicker ou oscilação. Porém, flutuação de tensão é um fenômeno eletromagnético, enquanto flicker é o resultado indesejável da flutuação de tensão em algumas cargas, principalmente, em sistemas de iluminação (ANEEL, 2011).

No Módulo 8 do PRODIST a flutuação de tensão é definida como uma variação aleatória, repetitiva ou esporádica do valor eficaz da tensão. A determinação da qualidade da tensão de um barramento do sistema de distribuição quanto à flutuação de tensão tem por objetivo avaliar o incômodo provocado pelo efeito da cintilação luminosa (Efeito Flicker) no consumidor final, que tenha seus pontos de iluminação alimentados em baixa tensão.

4.6. Variações de tensão de curta duração

Dentre os diversos problemas relacionados à qualidade do produto, observam-se os relativos aos níveis de tensão que se refletem nas variações de tensão de curta duração (VTCD) e variações de tensão de longa duração (VTLD). Fenômenos como afundamentos, elevação e interrupção momentânea ou temporária de tensão integram os fenômenos referentes à classe das VTCD; e subtensão, sobretensão e interrupção sustentada são alocadas à classe das VTLD.

A Variação de Tensão de Curta Duração – VTCD é um evento aleatório de tensão caracterizado por desvio significativo, por curto intervalo de tempo, do valor eficaz da tensão (PROREDE, 2011).

A VTCD refere-se normalmente à tensão fase neutro e é descrita monofasicamente pelos parâmetros amplitude e duração.

A amplitude da VTCD é definida pelo valor extremo do valor eficaz da tensão em relação à tensão nominal do sistema no ponto considerado, enquanto perdurar o evento (PROREDE, 2011).

A duração da VTCD é definida pelo intervalo de tempo decorrido entre o instante em que o valor eficaz da tensão em relação à tensão nominal do sistema no ponto considerado ultrapassa determinado limite e o instante em que essa variável volta a cruzar esse limite (PROREDE, 2011).

Segundo o IEEE as variações de tensão de curta duração são classificadas de acordo com a tabela a seguir:

Tabela 01 - Denominação das variações de tensão de curta duração

Classificação	Denominação	Duração do Evento	Amplitude do Evento
Variações de Curta Duração (Short duration variations)	Afundamento Instantâneo (Instantaneous sag)	0,5 – 30 ciclos	0,1 – 0,9 pu
	Elevação Instantânea (Instantaneous swell)	0,5 – 30 ciclos	1.1 – 1.8 pu
	Interrupção Momentâneo (Momentary Interruption)	0,5 ciclo– 3 segundos	< 0,1 pu
	Afundamento Momentâneo (Momentary sag)	30 ciclos – 3 segundos	0,1 – 0,9 pu
	Elevação Momentânea (Momentary swell)	30 ciclos – 3 segundos	1.1 – 1.4 pu
	Interrupção Temporária (Temporary Interruption)	3 segundos – 1 minuto	< 0,1 pu
	Afundamento Temporário (Temporary sag)	3 segundos – 1 minuto	0,1 – 0,9 pu
	Elevação Temporária (Temporary swell)	3 segundos – 1 minuto	1.1 – 1.2 pu
Variações de Longa Duração (Long duration variations)	Interrupção Sustentada (Interruption, sustained)	> 1 minuto	0,0 pu
	Subtensão (Undervoltage)	> 1 minuto	0,1 – 0,9 pu
	Sobretensão (Overvoltage)	> 1 minuto	1.1 – 1.2 pu

fonte: IEEE - Std 1159

Quanto à classe das VTCD o PRODIST apresenta as seguintes definições constantes do Módulo 1:

- Afundamento momentâneo de tensão: Evento em que o valor eficaz da tensão do sistema se reduz, momentaneamente, para valores abaixo de 90% e acima de 10% da tensão nominal de operação, durante intervalo superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a 3 (três) segundos.
- Afundamento temporário de tensão: Evento em que o valor eficaz da tensão do sistema se reduz, momentaneamente, para valores abaixo de 90% e acima de 10% da tensão nominal de operação, durante intervalo superior a 3 (três) segundos e inferior a 3 (três) minutos.
- Amplitude da variação de tensão de curta duração: Corresponde ao valor extremo do valor eficaz da tensão em relação à tensão de referência no ponto considerado.
- Elevação momentânea de tensão: Evento em que o valor eficaz da tensão do sistema se eleva, momentaneamente, para valores acima de 110% da tensão nominal de operação, durante intervalo superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a 3 (três) segundos.

- Elevação temporária de tensão: Evento em que o valor eficaz da tensão do sistema se eleva, momentaneamente, para valores acima de 110% da tensão nominal de operação, durante intervalo superior a 3 (três) segundos e inferior a 3 (três) minutos.
- Interrupção: Descontinuidade do neutro ou da tensão disponível em qualquer uma das fases de um circuito elétrico que atende a unidade consumidora ou ponto de conexão.
- Interrupção de longa duração: Toda interrupção do sistema elétrico com duração maior ou igual a 3 (três) minutos.
- Interrupção momentânea de tensão: Toda interrupção do sistema elétrico com duração menor ou igual a 3 (três) segundos.
- Interrupção temporária de tensão: Toda interrupção do sistema elétrico superior a 3 (três) segundos e inferior a 3 (três) minutos.
- Variação momentânea de tensão: Abrange os eventos com duração inferior ou igual a 3 (três) segundos, na forma de interrupção, afundamento e elevação de tensão.
- Variação temporária de tensão: Compreende os eventos com duração superior a 3 (três) segundos e inferior a 3 (três) minutos, na forma de interrupção, afundamento e elevação de tensão.

4.7. Variação da frequência

Variações na frequência de um sistema elétrico são definidas como sendo desvios no valor da frequência fundamental deste sistema. A frequência do sistema de potência está diretamente associada à velocidade de rotação dos geradores que suprem a rede elétrica. Pequenas variações de frequência podem ser observadas como resultado do balanço dinâmico entre carga e geração no caso de alguma alteração.

Conforme o PRODIST o sistema de distribuição e as instalações de geração a ele conectadas devem, em condições normais de operação e em regime permanente, operar dentro dos limites de frequência situados entre 59,9 Hz e 60,1 Hz.

CAPÍTULO V

5. REGULAMENTAÇÕES EXISTENTES

Antes de iniciarmos as discussões deste capítulo é importante equalizarmos alguns entendimentos, ressaltando que os termos aqui utilizados, que serão adotados como referência, balizam-se nas documentações disponibilizadas na ANEEL. Faremos também uma vinculação com o histórico temporal da regulamentação no âmbito da qualidade de energia.

Os sistemas elétricos de potência podem ser divididos, de forma conceitual, de acordo com suas funções na cadeia: geração, transmissão e distribuição. Sob essa ótica, a função dos sistemas de distribuição é a promoção do acesso ao sistema elétrico para os mais diversos usuários. No Brasil, a distribuição de energia elétrica é um serviço público prestado por empresas permissionárias e concessionárias, conforme regulamentaram, em termos gerais, a Lei nº 145, de 31 de dezembro de 1903, e o Decreto nº 5.704, de 10 de dezembro de 1904, assunto tratado no subitem 2.2 desta lei (Relatório ANEEL 444, 2011).

Os aspectos relativos à qualidade da energia elétrica não foram tratados nas regulamentações acima citadas, ocorrendo a primeira citação legal, ainda que de forma restrita, no Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, o Código de Águas, conforme fora tratado no capítulo 2, subitem 2.2 deste código. Esta norma conferiu obrigação às distribuidoras de prestar um serviço público e distribuição de energia elétrica com qualidade.

Destacamos que a qualidade do serviço também fora, e é tratada em constituição, tendo a primeira citação ocorrida na Constituição da República Federativa do Brasil de 1967, em seu art. 160:

“Art 160 - A lei disporá sobre o regime das empresas concessionárias de serviços públicos federais, estaduais e municipais, estabelecendo:

*I - **obrigação de manter serviço adequado**; (Grifo nosso).*

II - tarifas que permitam a justa remuneração do capital. “

Na sequência, destaca-se o disposto na atual Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, em seu art. 175:

“Art. 175. Incumbe ao Poder Público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos.

Parágrafo único. A lei disporá sobre:

I - o regime das empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos, o caráter especial de seu contrato e de sua prorrogação, bem como as condições de caducidade, fiscalização e rescisão da concessão ou permissão;

II - os direitos dos usuários;

III - política tarifária;

IV - a obrigação de manter serviço adequado.” (BRASIL, 2011) (Grifo nosso).

Conforme mostrado nos capítulos anteriores, o setor elétrico foi palco de inúmeras e intensas mudanças, acompanhadas, ainda que de forma morosa, pelas alterações das leis. Atualmente, após a instituição da ANEEL, o cenário, no contexto legal, encontra-se mais amadurecido, onde os principais instrumentos normativos são regidos por leis e decretos.

É importante destacar também o entendimento conceitual entre continuidade e qualidade da energia elétrica, conceitos esses muito confundidos, mas caracteristicamente bem distintos, pois a Qualidade da Energia elétrica: abrange tanto a continuidade quanto questões mais técnicas relacionadas à forma de onda da tensão disponibilizada ao consumidor ou às potências ativas e reativa processadas, sendo considerados diversos fatores, como componentes harmônicas, desequilíbrios, flutuações, entre outros (ANEEL NT 29, 2011).

No Brasil, o acompanhamento da QEE teve seu início com as Portarias DNAEE nº 46/1978, que trata da continuidade e nº 47/1978, que trata da tensão em regime permanente. Com a edição da Portaria DNAEE nº 046/78, o setor elétrico brasileiro iniciou o processo de quantificação do desempenho das distribuidoras, em relação à continuidade. Esta Portaria estabeleceu um conjunto de indicadores e padrões a serem cumpridos pelas distribuidoras (Relatório ANEEL 444, 2011).

O segundo grande marco regulatório em termos de continuidade do serviço foi à publicação da Resolução ANEEL nº 024/2000, que objetivou padronizar a forma de apurar, tratar e informar os dados relativos à continuidade do serviço. Tal regulamento incorporou todos os avanços dos regulamentos e contratos assinados anteriormente (Relatório ANEEL 444, 2011).

Com relação à qualidade do produto, foco da nossa discussão, a regulamentação relativa ao tema iniciou-se com a publicação da Portaria DNAEE nº 47/1978, que estabeleceu limites de tensão em regime permanente a serem respeitados pelas concessionárias de distribuição. Esta portaria foi revogada em 2001, com a publicação da Resolução ANEEL nº 505/2001, que trouxe avanços como a obrigatoriedade da medição amostral trimestral pelas distribuidoras e os requisitos para a medição de tensão de sete dias (ANEEL, 2011).

5.1. Normatizações e Regulamentações Brasileiras vigentes

Com o advento da reestruturação do setor e a privatização de grande parte das empresas do setor elétrico, assuntos já abordados em capítulos anteriores, ocorreram o surgimento de instituições cujos objetivos são o de fiscalizar as empresas do setor. O ONS e a ANEEL são os principais órgãos reguladores do setor de energia elétrica brasileiro, e responsáveis pelas principais regulamentações das questões de qualidade de energia, que abordaremos na sequência.

Não obstante deste cenário, merece destaque a ABNT, responsável pela tradução e adaptação aos padrões brasileiros, da norma internacional IEC 61000-4-30, de grande referencia no setor, inclusive para os órgãos acima citados.

A norma ABNT NBR IEC 61000-4-30 trata das técnicas de medição e ensaio de qualidade da energia. Essa norma relaciona os parâmetros técnicos de referência para o controle da qualidade da energia elétrica, como: frequência, magnitude da tensão, cintilação (Flicker), variações de tensão de curta duração (VTCD), interrupção de tensão, desequilíbrio de tensão, tensões transitórias, tensões harmônicas, tensões inter-harmônicas, sinais de controle sobre a tensão de suprimento e mudanças rápidas de tensão.

A norma objetiva igualar os resultados obtidos por medições de um mesmo fenômeno, realizado por equipamentos distintos, e para tanto, orienta quanto aos procedimentos para se fazer avaliação e integração no tempo e nos valores medidos. No entanto, os principais papéis no cenário das regulações e fiscalização do setor elétrico brasileiro são reservados ao ONS e à ANEEL.

5.1.1. ONS

O Operador Nacional do Sistema Elétrico é uma pessoa jurídica de direito privado, sob a forma de associação civil, sem fins lucrativos, criado em 26 de agosto de 1998, pela Lei nº 9.648/98, com as alterações introduzidas pela Lei nº 10.848/04 e regulamentado pelo Decreto nº 5.081/04.

O ONS é responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

5.1.1.1. Procedimentos de Rede: PROREDE

Os Procedimentos de Rede são documentos de caráter normativo, elaborados pelo ONS, com participação dos agentes, e aprovados pela ANEEL, que definem os procedimentos e os requisitos necessários à realização das atividades de planejamento da operação eletroenergético, administração da transmissão, programação e operação em tempo real no âmbito do Sistema Interligado Nacional -

SIN. As revisões dos módulos dos Procedimentos de Rede foram aprovadas pela ANEEL através do Despacho SRT/ANEEL nº 2744/2010 e da REN nº 372/2009.

Segundo o ONS, os principais objetivos dos Procedimentos de Rede são:

- Legitimar, garantir e demonstrar a Transparência, Integridade, Equanimidade, Reprodutibilidade e Excelência da Operação do Sistema Interligado Nacional;
- Estabelecer, com base legal e contratual, as responsabilidades do ONS e dos Agentes de Operação, no que se referem a atividades, insumos, produtos e prazos dos processos de operação do sistema elétrico;
- Especificar os requisitos técnicos contratuais exigidos nos Contratos de Prestação de Serviços de Transmissão - CPST, dos Contratos de Conexão ao Sistema de Transmissão - CCT e dos Contratos de Uso do Sistema de Transmissão - CUST.

O PROREDE é composto de 25 módulos, sendo os submódulos 2.8 e 3.6 diretamente voltados à questão da qualidade de energia.

SUBMÓDULO 2.8 - *Gerenciamento dos indicadores de desempenho da rede básica e dos barramentos dos transformadores de fronteira, e de seus componentes.*

Este submódulo apresenta os indicadores de desempenho da rede básica e dos barramentos dos transformadores de fronteira relacionados à Qualidade de Energia Elétrica – QEE e os valores limites de referência.

Apresenta também os processos de gerenciamento dos indicadores – apuração, acompanhamento do desempenho e divulgação de resultados – bem como os processos relativos ao gerenciamento, pelos indicadores, da QEE na rede básica e dos barramentos dos transformadores de fronteira, tais como o tratamento de violações e a análise de novos acessos (ONS, 2011).

SUBMÓDULO 3.6 - *Requisitos técnicos mínimos para a conexão às instalações de transmissão.*

Define os requisitos técnicos mínimos para a conexão dos acessantes à rede básica, aos barramentos dos transformadores de fronteira e às Demais Instalações de Transmissão – DIT.

Os requisitos técnicos mínimos aplicáveis às novas instalações de conexão às DIT devem atender às normas e os padrões técnicos da concessionária de transmissão detentora da instalação acessada e da concessionária ou permissionária de distribuição em cuja área de concessão se situa a DIT acessada (ONS, 2010).

5.1.2. ANEEL

A ANEEL é uma autarquia independente, dotada de autonomia decisória, e responsável por regular o setor elétrico brasileiro.

Sob a luz da ANEEL a qualidade da energia elétrica - QEE é dividida em três áreas: qualidade comercial, qualidade do produto e qualidade do serviço ou fornecimento. A qualidade comercial está associada ao atendimento dispensado pela distribuidora aos seus usuários, e envolve todas as formas de transação entre os mesmos. A qualidade, ou continuidade, do fornecimento, mensura a confiabilidade do sistema, e é normalmente avaliada pela frequência e duração das interrupções de longa duração. Já a qualidade do produto abrange uma série de distúrbios associados à forma de onda da tensão (ANEEL NT 29, 2011).

Visando centralizar todos os aspectos de regulação a serem seguidos pelas empresas concessionárias e permissionárias de serviços de distribuição de energia elétrica, a ANEEL publicou no ano de 2008 o PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, composto por oito Módulos, em forma de manual, que incorporou os dispositivos da Resolução ANEEL nº 505/2001. Até então, a regulamentação relativa à qualidade do produto se restringia aos níveis de tensão em regime permanente, não havendo nenhuma disposição relativa a outros fenômenos causadores de perturbações na forma de onda de tensão (Relatório ANEEL 345, 2008).

5.1.2.1. Procedimentos de Distribuição: PRODIST

A ideia do PRODIST nasceu dos apontamentos das conclusões do Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro – RESEB, ainda na segunda metade da década de 90 (Relatório ANEEL 345, 2008).

O PRODIST é um documento regulatório que padroniza as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica. O documento disciplina o relacionamento entre os agentes setoriais no que se refere aos sistemas elétricos de distribuição de propriedade das concessionárias, ou que sejam permissionárias de serviço público de distribuição, incluindo todas as redes e linhas de distribuição de energia elétrica em tensão inferior a 230 kV, seja em baixa tensão (BT), média tensão (MT) ou alta tensão (AT).

O PRODIST é composto de oito módulos, assim constituídos:

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

O processo de elaboração do PRODIST baseou-se nos princípios de modicidade tarifária, direitos e deveres equilibrados, função da distribuição de energia elétrica, tratamento isonômico para usuários da rede e um sistema de informações sistemáticas e permanentes de modo a auxiliar nos processos de regulação, fiscalização e mediação da ANEEL. Para sua concepção foi considerado o disposto em outros regulamentos da Agência, com destaque para a interface com a Rede Básica, complementando de forma harmônica os Procedimentos de Rede (Relatório ANEEL 345, 2008).

CAPÍTULO VI

6. PRODIST - MÓDULO 8

Em razão da importância deste documento, este capítulo tratará exclusivamente do módulo 8 do PRODIST.

O texto do Módulo 8 estabelece procedimentos relativos à qualidade da energia elétrica, dividindo-se em dois grandes grupos: a qualidade do produto energia elétrica e a qualidade do serviço prestado pelas distribuidoras. Nesse sentido, o Módulo 8 define os conceitos e os parâmetros pertinentes e aborda mecanismos que possibilitam à ANEEL fixar referências para alguns indicadores de qualidade da energia elétrica [NT02262008_PRODIST_SRD ANEEL].

Neste módulo são encontradas as definições sobre os fenômenos de qualidade, os critérios e valores de referência, e os procedimentos relativos à qualidade do produto em regime permanente ou transitório: tensão em regime permanente; fator de potência; harmônicos; desequilíbrio de tensão; flutuação de tensão; variações de tensão de curta duração; variação de frequência, fenômenos esses já tratados no Capítulo IV.

A primeira versão dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST foi aprovada por meio da Resolução Normativa n. 345, de 16 de dezembro de 2008. Posteriormente, a Resolução Normativa n. 395, de 15 de dezembro de 2009, aprovou a Revisão 1 dos oito módulos do PRODIST. Atualmente encontra-se vigente o texto oriundo da terceira revisão, aprovado por meio da Resolução Normativa n. 444, de 6 de setembro de 2011.

6.1. Revisão do Módulo 8 do PRODIST

Em julho de 2011, a ANEEL lançou uma nova consulta pública, por meio da nota técnica nº 29, objetivando iniciar uma discussão sobre os indicadores relativos à qualidade do produto energia elétrica, de forma a viabilizar a análise do serviço

prestado pelas distribuidoras e, também, o aperfeiçoamento da regulamentação existente.

Na consulta são discutidos os pontos mais relevantes sobre os fenômenos: Desequilíbrio de Tensão, Harmônicos, Flutuação de Tensão e Variações de Tensão de Curta Duração. São abordados aspectos como o estado da arte, regulamentos de referência e definições sobre o assunto.

Além da abordagem quanto aos fenômenos que caracterizam a qualidade do produto, a consulta também traz a discussão de pontos ainda não consensuados, sejam eles: Instrumentos de medição e viabilidade das campanhas de medição.

Abaixo seguem resumos dos pontos identificados pela ANEEL como necessários para discussão:

6.1.1. Aprimoramento da Definição de Tensão Eficaz

Proposta de adequação da definição de Tensão Eficaz nos termos a seguir:

- A Tensão Eficaz corresponde à raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos valores instantâneos de uma grandeza, calculado sobre um intervalo de tempo especificado.

6.1.2. Harmônicos

6.1.2.1. Aprimoramento dos termos e definições

Proposta de inclusão das definições dos termos a seguir:

- Componente fundamental: componente do sinal elétrico cuja frequência é a fundamental (60 Hz).
- Componente harmônica: qualquer componente do sinal elétrico que tenha uma frequência harmônica.

- Frequência fundamental: frequência que serve de referência a todas as outras frequências do espectro, definida a partir do número de pólos e da velocidade de rotação dos geradores síncronos que alimentam o sistema brasileiro, sendo equivalente a 60 Hz.
- Frequência harmônica: frequência que é um múltiplo inteiro da frequência fundamental (60 Hz).
- Tensão harmônica: valor da tensão eficaz de ordem harmônica n.

Proposta de alteração da definição de ordem harmônica, constante no Módulo I, para:

- Ordem harmônica: Número representativo do espectro de frequências associado com uma onda distorcida, definido como a relação entre a frequência harmônica e a frequência fundamental.

6.1.2.2. Indicadores de desempenho (Harmônicos)

Na versão atual, não há definição de indicadores de desempenho para harmônicos, desse modo, foi proposta a adoção de indicadores fundamentados nos Procedimentos de Rede, em consonância com a norma NBR IEC 61000-4-30, para a comparação com os valores de referência. O texto proposto para inclusão no PRODIST é o seguinte:

“Módulo 8 – PRODIST

(...)

Os valores dos indicadores de distorção harmônica (DITH% e DTT%) a serem comparados com os valores limites são assim obtidos:

(a) determina-se o valor que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de 1 dia (24 horas), considerando os valores dos indicadores integralizados em intervalos de 10 (dez) minutos, ao longo de 7 (sete) dias consecutivos; e

(b) o valor do indicador corresponde ao maior entre os sete valores obtidos anteriormente, em base diária.

(...)”

Foram ainda inseridos os seguintes pontos para discussão:

- As definições e termos empregados no PRODIST referentes a Harmônicos requerem modificações, adequações ou complementações?
- Os indicadores de desempenho diários propostos são adequados? Outros percentuais devem ser usados?
- Os indicadores semanais propostos são adequados (maior valor dentre os percentuais diários)?
- Há necessidade de criação de indicadores de harmônicos das correntes elétricas?

6.1.3. Desequilíbrio de tensão

6.1.3.1. Aprimoramento dos termos e definições

A alteração proposta visa tornar menos complexa a definição vigente, passando a adotar definição semelhante à apresentada pela norma NBR IEC 61000-4-30, seja:

- Desequilíbrio de tensão: condição do sistema trifásico em que os valores eficazes das tensões de linha, e/ou os ângulos de fase entre as tensões de linha consecutivas não são todos iguais.

No fórum das alterações também foram inseridas as definições de fórmulas de cálculo do desequilíbrio, consonantes com a NBR IEC 61000-4-30, que, no entanto, alerta, em nota, quanto à possibilidade de obtenção de resultados distintos, quando da utilização destas formulações. Neste contexto a ANNEL abre discussão quanto à necessidade de se manter a forma atual no módulo, uma vez que já dispomos no mercado de instrumentos que podem nos ofertar a medição dos ângulos de fase.

Pontos para discussão:

- As definições e termos empregados no PRODIST referentes à Desequilíbrio de Tensão requerem modificações, adequações ou complementações?
- Há a necessidade de manter no PRODIST a fórmula de cálculo do desequilíbrio de tensão?
- Há a necessidade de medição do fator de desequilíbrio de sequência zero?

6.1.3.2. Indicadores de desempenho (Desequilíbrio de tensão)

Também não são contemplados no PRODIST os indicadores de desempenho para desequilíbrio de tensão. Desta forma a revisão propõe a inclusão de indicadores, fundamentados pelos procedimentos de rede, os quais estão consonantes com a NBR IEC 61000-4-30, sendo proposta a inclusão do seguinte texto:

“(…)

5.3.4 O valor do indicador de desequilíbrio (FD%) a ser comparado com o valor de referência é assim obtido:

(a) determina-se o valor que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de 1 dia (24 horas), considerando os valores dos indicadores integralizados em intervalos de 10 (dez) minutos, ao longo de 7 (sete) dias consecutivos; e

(b) o valor do indicador corresponde ao maior entre os sete valores obtidos anteriormente, em base diária.

(…)”

Pontos para Discussão:

- Os indicadores de desempenho diários propostos são adequados? Outros percentiis devem ser usados?

- Os indicadores semanais propostos são adequados (maior valor dentre os percentis diários)?

6.1.3.3. Flutuação de tensão

Para esse fenômeno a revisão propõe apenas a inclusão de definição no Módulo 1, visto que a mesma só é encontrada no Módulo 8. Sendo proposta a inserção do seguinte texto:

“Flutuação de Tensão: é uma variação aleatória, repetitiva ou esporádica do valor eficaz da tensão.”

Pontos para Discussão:

- As definições e termos empregados no PRODIST referentes à Flutuação de Tensão requerem modificações, adequações ou complementações?

6.1.3.4. Medição e apuração dos fenômenos

Quanto a este fenômeno a revisão faz referência às limitações dos equipamentos disponíveis no mercado, que não são capazes de medir as diversas grandezas e os diversos tipos de fenômenos de QEE. Desta forma a revisão traz os seguintes pontos para discussão:

- Há necessidade de apuração dos PST (Nível de severidade de cintilação de curta duração) e PLT (Nível de severidade de cintilação de longa duração) na distribuição de energia elétrica?
- Considerando que há uma forte tendência de substituição das lâmpadas incandescentes pelas lâmpadas fluorescentes, os efeitos de Flicker (severidade do efeito visual da cintilação), deixarão de ser um problema expressivo de qualidade da energia elétrica?

- Há necessidade de apuração do fenômeno de Flicker nas campanhas de medição?
- Os valores de FT (Fator de transferência) adotados no PRODIST estão adequados ou necessitam de revisão?

6.1.4. Variações de Tensão de Curta Duração

6.1.4.1. Aprimoramentos dos termos e definições

A revisão proposta identificou necessidade do aperfeiçoamento dos termos e definições, assim como a inclusão de novas terminologias, sejam:

Tabela 02 – Aprimoramento das definições dos termos de VTCDs segundo NT, 29

Fenômeno	Definição	
	PRODIST	Sugestão de Melhoria
Interrupção	Descontinuidade do neutro ou da tensão disponível em qualquer uma das fases de um circuito elétrico que atende a unidade consumidora ou ponto de conexão.	Retirar do texto do Módulo 1
Interrupção de longa duração	Toda interrupção do sistema elétrico com duração maior ou igual a 3 (três) minutos.	Descontinuidade do neutro ou da tensão disponível em qualquer uma das fases de um circuito elétrico que atende a unidade consumidora ou ponto de conexão com duração maior ou igual a 3 (três) minutos.
Interrupção momentânea de tensão	Toda interrupção do sistema elétrico com duração menor ou igual a 3 (três) segundos.	Evento em que o valor eficaz da tensão do sistema se reduz, momentaneamente, para valores abaixo de 0,1 p.u, durante intervalo menor ou igual a 3 (três) segundos.
Interrupção temporária de tensão	Toda interrupção do sistema elétrico superior a 3 (três) segundos e inferior a 3 (três) minutos.	Evento em que o valor eficaz da tensão do sistema se reduz, momentaneamente, para valores abaixo de 0,1 p.u, durante intervalo superior a 3 (três) segundos e inferior a 3 (três) minutos.

ANEEL (2011)

Sendo sugeridos os seguintes pontos de discussão:

- As definições e termos empregados no PRODIST referentes aos fenômenos de VTCD requerem modificações, adequações ou complementações?
- Indicadores de desempenho fundamentado em frequência de ocorrência como os empregados pelo ONS são aplicáveis a realidade das distribuidoras brasileiras?

6.1.5. Discussões futuras

Além das discussões sobre os fenômenos listados anteriormente, a revisão chama a atenção para futuras discussões sobre os instrumentos de medição e as campanhas de medição, pontos merecedores de novas abordagens.

6.1.5.1. Instrumentos de medição

A abordagem desse tema no relatório de revisão se deve ao fato da seção 8.3 do Módulo do PRODIST apontar para instituições de uma campanha de medição, objetivando levantar o perfil dos fenômenos característicos, e regulamentados, de qualidade de energia. Porém, não há padronização e certificação dos instrumentos de medição disponíveis no mercado e, por conseguinte, um mesmo fenômeno, quando medido por dois equipamentos diferentes pode apresentar resultados diferentes. Tal fato pode dificultar a implementação das campanhas de medição pela ANEEL, visto que as amostras coletadas poderão apresentar muitas incertezas.

Um passo foi dado com o advento da publicação da NBR IEC 61000-4-30, que trata de métodos de medição de qualidade da energia, como também de requisitos de desempenho dos instrumentos de medição. Um dos pontos definidos pela norma é a classificação dos instrumentos para cada necessidade específica, definindo três classes:

- Classe A: Esta classe é usada onde medições precisas são necessárias, por exemplo, para aplicações contratuais que podem exigir soluções de disputas, verificação de conformidade com padrões

etc. Qualquer medição de um parâmetro executada com dois instrumentos diferentes que obedecem às exigências da Classe A, ao medir os mesmos sinais, produz resultados iguais dentro da incerteza especificada para o parâmetro.

- Classe B: Esta classe é definida com a finalidade de se evitar a continuidade da fabricação de projetos obsoletos de muitos instrumentos existentes.
- Classe S: Esta classe é usada para aplicações estatísticas tais como pesquisas ou avaliações de qualidade de energia, possivelmente com um subconjunto limitado de parâmetros. Embora utilize intervalos equivalentes de medição como Classe A, os requisitos de processamento da Classe S são menores.

Nesse cenário a revisão traz à pauta de discussão os seguintes pontos:

- Como viabilizar as campanhas de medição, visto que muitos instrumentos de medição não atendem as especificações da NBR IEC 61000-4-30 ou a outras padronizações?
- A classe S é adequada para medições dos fenômenos, considerando principalmente os eventos de VTCD?
- A taxa de aquisição de 32 amostras/ciclo é suficiente para se medir os fenômenos, principalmente os eventos de VTCD?
- Os transdutores disponíveis no mercado têm resposta em frequência que atendem a essa taxa de amostragem, considerando PST (Nível de severidade de cintilação de curta duração) e PLT (Nível de severidade de cintilação de longa duração)?
- Atualmente, os custos dos instrumentos de medição podem inviabilizar a campanha de medição proposta pela ANEEL?
- Atualmente, há instrumentos de medição no mercado a custos acessíveis e com confiabilidade que atendam a medição de harmônicos, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão e VTCD?

6.1.5.2. Viabilidade das Campanhas de Medição

Além dos supostos pontos de limitação das campanhas de medição, discutidos no subitem anterior, há também algumas definições a serem equalizadas de forma a viabilizar as campanhas de medição dos fenômenos de qualidade do produto.

O relatório técnico da revisão propõe a definição dos fenômenos a serem medidos, pontuando como relevantes os harmônicos, o desequilíbrio de tensão e as VTCDs, deixando livre para as contribuições a inserção de mais fenômenos nas definições.

Uma vez definidos os fenômenos, a próxima etapa é a padronização dos medidores e transdutores, conforme normas brasileiras ou normas internacionais consagradas.

Também carecem ser definidos:

- Quantidade de pontos de medição estatisticamente representativa;
- Alocação dos pontos na rede de distribuição (medições em subestações, alimentadores, consumidores, ponto de acoplamento comum (PAC), etc.);
- Periodicidade (acompanhamento periódico ou permanente);
- Responsabilidade pelos custos associados.

Uma vez definido todos os pontos abordados, fenômenos, instrumentos adequados, pontos de medição, entre outros, pode-se por fim ter clareza da estrutura da campanha de medição propriamente dita.

Cabe ressaltar a necessidade de discussão da análise das cargas conectadas ao sistema de distribuição, de forma a atribuir também responsabilidade às cargas causadoras de distúrbios.

CAPÍTULO VII

7. BREVE ANÁLISE CRÍTICA

Atualmente a regulamentação é aplicada apenas na rede básica, embasada nos Procedimentos de Rede do ONS, onde já existe a obrigatoriedade dos agentes que se conectam a ela fazerem medições para avaliar a qualidade no respectivo ponto de conexão.

Apesar da aprovação do PRODIST pela ANEEL no final de 2008, ainda não há exigência de medições dos agentes que fazem uso dessa rede. Como também não há obrigatoriedade da realização de avaliações da qualidade nos circuitos elétricos internos dos consumidores, sejam eles industriais, comerciais ou residenciais, como forma de garantir a integridade e o bom funcionamento de seus equipamentos e processos, assim como da eliminação daqueles eventuais causadores de anomalias no sistema.

Mesmo com a publicação da norma ABNT NBR IEC 61000-4-30, ainda não há regulamentação que estipule quais protocolos devem ser atendidos pelos instrumentos a serem utilizados nas campanhas de medição, como forma de garantir que os resultados obtidos tenham um significado válido quando comparado com os limites recomendados para os padrões técnicos de referência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no sistema elétrico nacional. PRODIST.** Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. 2011.

FERREIRA, Carlos Kawall Leal. **Privatização do setor elétrico no Brasil** - Fev.2000. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Energia_Eletrica/200002_6.html. Acesso em: 23 Out. 2011.

GOLDENBERG, José e PRADO, Luiz Tadeu Siqueira. **Reforma e crise do setor elétrico no período FHC.** Tempo soc., São Paulo, v.15, n.2, Nov. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20702003000200009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 Out. 2011.

JANNUZZI, Antônio Cezar. **Regulação da qualidade de energia elétrica sob o foco do consumidor.** Universidade de Brasília, departamento de engenharia elétrica. Brasília, 2007.

NBR IEC 61000-4-30. **Técnicas de medição e ensaio. Métodos de medição de qualidade da energia, Compatibilidade Eletromagnética.** ABNT, 67p, Rio de Janeiro, 2011.

ONS (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO). **Requisitos técnicos mínimos para a conexão às instalações de transmissão. submódulo 3.6.** 16/09/2010. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>.

ONS (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO). **Gerenciamento dos indicadores de desempenho da rede básica e dos barramentos dos transformadores de fronteira, e de seus componentes. submódulo 2.8.** 11/11/2011. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>.

PRONI, M. W. e LYRIO, P. M.. **A privatização do setor elétrico e seus impactos sobre o trabalho.** Revista Gestão Industrial, v. 01, n.01: pp. 138-166, 2005.

SILVA, Selênio Rocha Silva. **EEE535 Qualidade da energia elétrica.** Material de aula. Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade federal de Minas Gerais. *Curso de especialização em sistemas de energia elétrica, Belo Horizonte, 2010.*

SUBMÓDULO 2.8. **Gerenciamento dos indicadores de desempenho da rede básica e dos barramentos dos transformadores de fronteira, e de seus componentes.** PROCEDIMENTOS DE REDE. ONS, 2010. Disponível em: www.ons.org.br. Acesso em: Out, 2011

SITES DA INTERNET:

<http://www.portalsaofrancisco.com.br>

<http://www.sel.eesc.sc.usp.br/pt/pt/protecao/conteudodehistoricoibrazil.htm>

<http://www.eletronbras.gov.br>

<http://www.memoria.eletronbras.com>

<http://www.neoenergia.com/section/historico-setor-eletrico.asp>

<http://www.sel.eesc.sc.usp.br/protecao/conteudodehistoricobrasil.htm>

<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20702003000200009>.