



UNIVERSIDADE SALVADOR (UNIFACS)
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO
MESTRADO EM REGULAÇÃO DA INDÚSTRIA DE ENERGIA

MÁRIO SEIXAS CABUSSÚ

**O IMPACTO DO AMBIENTE CORROSIVO NA DEFINIÇÃO
DO CUSTO DE SERVIÇO DA DISTRIBUIÇÃO**

Salvador
2009

MÁRIO SEIXAS CABUSSÚ

**O IMPACTO DO AMBIENTE CORROSIVO NA DEFINIÇÃO
DO CUSTO DE SERVIÇO DA DISTRIBUIÇÃO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Regulação da Indústria de Energia, da Universidade Salvador (UNIFACS), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Regulação da Indústria de Energia.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz de Carvalho Valente.

Salvador
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

(Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Salvador - UNIFACS)

Cabussu, Mario Seixas

O impacto do ambiente corrosivo na definição do custo de serviço da distribuição/Mario Seixas Cabussu, 2009.

99 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Salvador – UNIFACS. Mestrado em Regulação da Indústria de Energia, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Andre Luiz de Carvalho Valente

1. Corrosão. 2. Poluição Industrial. 3. Salinidade I. Valente, Andre Luiz de Carvalho, orient. II. Título.

CDD 620.11223

MARIO SEIXAS CABUSSÚ

O IMPACTO DO AMBIENTE CORROSIVO NA DEFINIÇÃO DO CUSTO DE SERVIÇO DA DISTRIBUIÇÃO

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Regulação da Indústria de Energia, Universidade Salvador (UNIFACS), pela seguinte banca examinadora:

André Luiz de Carvalho Valente – Orientador _____
Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo (USP)
Universidade Salvador (UNIFACS)

Edgard Bacic de Carvalho _____
Doutor em Engenharia Química, The Pennsylvania State University, PSU, Estados Unidos.
Universidade Salvador (UNIFACS)

Caiuby Alves da Costa _____
Doutor em Electronique. Universite de Paris XI (Paris-Sud), U.P. XI, França.
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Salvador, 16 de outubro de 2009.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e saúde.

A minha esposa Silvana e os filhos Mário, Maira e Eric pelo carinho, paciência e compreensão devido ao tempo dedicado a conclusão desse trabalho.

Aos Dr. Kleber Portella, Dr. Paulo Inone e Mestre Piazza pelo aprendizado e segurança no trabalho de pesquisa e desenvolvimento P&D de isoladores na área de Periperi e excelentes seres humanos.

Aos engenheiros da Coelba Dailton Pedreira de Cerqueira e Cleuber Sobreira da Silva Chaves que participaram do trabalho de P&D de Poluição de isoladores na área de Periperi e estavam sempre dispostos enfrentar novos desafios.

Aos colegas de trabalho Flávio, Rogério, Mário Bomfim, Antonio Carlos, Paulo de Tarso, César Nogueira, Roberto Chagas e Heloina pelo compartilhamento e o aprendizado diário.

A Coelba por ter viabilizado o curso do Mestrado em Regulação da Indústria de Energia.

Aos professores do Mestrado pela transferência de conhecimentos e aprendizados.

O co-orientador Dr. Renato Araújo pela disponibilidade e de Cilicia uma facilitadora das negociações entre alunos e professores do mestrado.

Ao mestre Alberto Santana pelo incentivo, equilíbrio e apoio nas horas difíceis, produzindo energia para eu seguir sempre em frente, alcançando os objetivos merecidos.

Ao orientador prof. Dr. André Luiz de Carvalho Valente pelo foco e diretriz na dissertação.

Deus ilumine, retribua e multiplique a todos que direta ou indiretamente ajudaram na conclusão da dissertação

RESUMO

A Resolução ANEEL 024/2000, no seu artigo 8º atribuiu 06 parâmetros para definição de conjuntos semelhantes: 1) área, 2) extensão primária, em Km², 3) a média mensal de energia consumida, em KWh, nos últimos 12 meses, 4) total de unidades consumidoras atendidas, 5) a potencia instalada em KVA e 6) se pertence ao sistema interligado. Aos conjuntos foram atribuídos metas de qualidade a serem alcançados ao longo do tempo. Em 2004 foi criada a resolução ANEEL 063 estabelecendo multa às violações dos conjuntos que não consigam alcançar os objetivos definidos. A hipótese na dissertação é que os efeitos da corrosão provocados pela poluição e salinidade causam impactos significativos nos custos dos serviços e que a utilização de novos materiais e equipamentos melhora os índices de qualidade, com um custo mais baixo que o padrão convencional. São mostrados os diversos padrões utilizados para construção de rede da Coelba utilizados na região Metropolitana de Salvador e Porto de Sauípe devido aos efeitos da corrosão salina e industrial, de maneira a garantir os indicadores de qualidade definidos pela ANEEL. Foi montado um experimento na subestação de Paripe, localizada a 2 km da orla marítima, na Baía de Aratu, na região Metropolitana de Salvador, com uma estação meteorológica, coletores de cloreto, um amostrador de partículas portátil e um sistema de captura de corrente de fuga em diversos isoladores de 15 kV, bem como, retirados materiais de campo da região para análise em laboratório, com o objetivo de avaliar o grau de corrosividade da região. Na Coelba existem 05 conjuntos com as mesmas características, sendo feitas comparações relativas aos diversos padrões adotados devido ao grau de agressividade com custos operacionais diferentes. Este estudo concluiu que teremos de adotar padrões de rede de distribuição de energia elétrica diferenciados, nos locais com elevada corrosão, a fim de garantir um custo do serviço elétrico mais adequado para a sociedade. O monitoramento das regiões com corrosão acentuada é imperativo para que se possa avaliar os materiais e seu desempenho ao longo do tempo, bem como passamos a adotar medidas mitigadoras para baixar o custo da manutenção e aumentar a disponibilidade da energia elétrica. Existem definições municipais ou federais que interferem diretamente nos padrões de rede e nos custos de manutenção e operação, como exemplo as áreas com patrimônio tombado e de preservação ambiental.

Palavras-chave: Corrosão. Salinidade. Poluição industrial.

ABSTRACT

ANEEL Resolution 024/2000, in its Article 8 gave 06 parameters for defining sets: 1) area, 2) primary extension, in square km, 3) the average monthly energy consumption in kWh over the past 12 months, 4) total consumer units served, , 5) the generating capacity in KVA and 6) belongs to the interconnected system. To the sets were assigned quality goals to be achieved over time. In 2004 was created ANEEL Resolution 063 establishing fines for the sets that fail to achieve the defined objectives. The hypothesis of this dissertation is that the effects of corrosion caused by pollution and salinity cause significant impacts on services costs and that the use of new materials and equipment improves the quality indexes with a lower cost than the conventional ones. The different standards used for network construction which Coelba uses in the metropolitan area of Salvador and Porto de Sauipe due to the effects of salt and industrial corrosion, so as to ensure the quality indicators defined by ANEEL are shown. An experiment was set at Paripe substation, located 2 km away from the seafront, on Aratu Bay, in the metropolitan area of Salvador, with a meteorological station, chloride collectors, a portable particle sampler and a leaking current capture system on many 15 kV insulators, as well as material taken from the field for laboratorial analysis, with the aim of evaluating the degree of corrosiveness of the region. In Coelba there are 05 sets with the same characteristics, being made relative comparisons between the adopted standards due aggressiveness degree and different operating costs. This study concludes that we have to adopt standards for differential electric power distribution in places with increased corrosion levels, to ensure a more appropriate cost of electric service for society. The monitoring of regions with high corrosion is imperative so that we can assess the materials and their performance over time, As we adopted mitigation measures to reduce the maintenance cost and increase the availability of electric power. There are municipal or federal definitions that directly affect the power network standards and the costs of maintenance and operation, as an example, the areas of heritage buildings and environmental preservation.

Key-words: Corrosion. Salinity. Industrial Pollution

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Poste estragado devido à salinidade	42
Figura 2 -	Isolador híbrido – corrosão elevada	43
Figura 3 -	Isolador convencional	43
Figura 4 -	Isolador de pedestal também utilizado na orla marítima	43
Figura 5 -	Mão francesa de ferro galvanizado	44
Figura 6 -	Mão francesa de alumínio	44
Figura 7 -	Condutor primário de alumínio nu	45
Figura 8 -	Condutor primário de cobre nu	45
Figura 9 -	Condutor protegido instalado na Avenida Manuel Dias da Silva	46
Figura 10 -	Cruzeta de madeira	47
Figura 11 -	Cruzeta de concreto	47
Figura 12 -	Dados cartográficos	54
Figura 13 -	Registro fotográfico dos coletores instalados na SE_Paripe: a) de cloretos; e, b) o coletor de sulfato (instalado no interior da caixa de madeira em treliça).	56
Figura 14 -	Arranjo experimental utilizado para as medidas de resistência de isolamento em isoladores. Foto ilustrando a montagem dos eletrodos entre a cabeça do isolador e o pino de sustentação.	57
Figura 15 -	Diagrama unifilar do monitoramento da corrente de fuga e de descargas parciais dos isoladores na SE_Paripe.	58
Figura 16 -	Vista inferior da instalação	58
Figura 17 -	Processo de análise dos valores de pico da corrente de fuga e registro de dados meteorológicos.	59
Figura 18 -	Detalhe das conexões nos isoladores	59
Figura 19 -	Vistas superiores e inferiores dos isoladores com depósito de sujidades em sua superfície.	65
Figura 20 -	Imagem do teste da propriedade ferromagnética do pó retirado da saia dos isoladores da SE_Paripe. Resultado positivo	66
Figura 21 -	Difratogramas de raios X: a) Pó_saia do isolador, MP_1; b) Pó_minério, MP_3; e, c) Pó_filtro de ar, MP_2.	68

Figura 22 -	Curva de distribuição granulométrica do MP_3	68
Figura 23 -	Curva de distribuição granulométrica do MP_1 (nas saias dos isoladores).	69
Figura 24 -	Correntes de fuga. a) do isolador como retirado da RD; b) após uma primeira lavagem; e, c) após segunda lavagem com procedimento manual para a retirada das sujidades depositadas.	70
Figura 25 -	Isolador de vidro. a) como retirado da RD; b) após uma primeira lavagem; e, c) após segunda lavagem com procedimento manual para a retirada das sujidades depositadas	70
Figura 26 -	Correntes de fuga de 04 isoladores submetidos a testes elétricos no barramento da SE_Paripe, Ba – amostra 1 a 4	71
Figura 27 -	Correntes de fuga de 04 isoladores submetidos a testes elétricos no barramento da SE_Paripe, Ba – amostra 5 a 8	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Resumo da Reestruturação o setor Elétrico	24
Quadro 2 -	Principais Comparações entre a Portaria DNAAE 046/1978 e a Resolução ANEEL 024/2000	29
Quadro 3 -	Isolador de porcelana, tipo pino S57, marrom, envelhecido naturalmente	62
Quadro 4 -	Isolador de porcelana, tipo 5058, novo, na cor cinza	62
Quadro 5 -	Isolador tipo pino 5331, híbrido, novo	63
Quadro 6 -	Isolador de vidro, tipo pino VFO85, envelhecido naturalmente no campo	63
Quadro 7 -	Isolador de vidro, tipo pino, revestido com borracha tipo silicone	64
Quadro 8 -	Isolador de porcelana, tipo 5058, novo, na cor cinza, revestido com borracha de silicone.	64
Quadro 9 -	Isolador de porcelana, tipo pilar, novo, na cor cinza.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Composições químicas (% p/p) das amostras de pó: MP_1, MP_2 e MP_3, obtidas por EDS.	66
Tabela 2 -	Quantidade de descargas parciais em isoladores instalados na SE_Paripe, BA, registrada durante os meses de novembro de 2006 a janeiro de 2007.	73
Tabela 3 -	DEC Salvador Subúrbio – 2003 a 2006	78
Tabela 4 -	FEC Salvador Subúrbio – 2003 a 2006	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μV	Micro Volt
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALCAN	Indústria de Alumínio em Camaçari
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
Ca	Cálcio
CEMIG	Companhia de Eletricidade de Minas de Gerais
CESP	Companhia de Eletricidade de São Paulo
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
COPEL	Companhia de Eletricidade do estado do Paraná
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
DIC	Número de horas, em média, que o cliente ficou sem energia
DIMIC	Duração máxima de interrupção continua por unidade consumidora
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EDS	Técnica de Microscopia eletrônica para identificação de componentes químicos
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A
EPDM	Borracha de Etileno-Propileno-Dieno
ER	Empresa de Referência
ESDD	Massa condutiva equivalente de sal por cm^2 (área)
Fe	Ferro
FEC	Frequência Equivalente por Unidade Consumidora
FIC	Número de vezes, em média, que o cliente ficou sem energia
IEC	International Electrotechnical Commission
Kgf	Quilograma-força
Kn	Quilo-nilton
kW	Quilowatt
kVA	Quilovolt-ampère
kWh	Quilowatt-hora
LACTEC	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

mA	Mile Ampere
mcm	Mil circular mil
Mn	Manganês
MP	Material Particulado
O&M	Operação e Manutenção
RD	Rede de Distribuição
RFC	Produto comercial indicado para remover ferrugem de substratos ferrosos
RMS	Região Metropolitana de Salvador
RPI	retail price index
SE	Subestação

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 2 - O CONTEXTO REGULATÓRIO	19
2.1 O MODELO DO SETOR ELÉTRICO	19
2.1.1 O Modelo Tradicional do Setor Elétrico	20
2.1.1.1 O monopólio natural	21
2.1.1.2 Novas abordagens regulatórias	23
2.2 QUALIDADE DO SERVIÇO	28
2.2.1 Indicadores de Qualidade	30
2.2.2 Indicadores de Qualidade Individual	31
2.2.3 Indicadores de Qualidade Coletivos	32
2.3 EMPRESA DE REFERÊNCIA	34
2.3.1 ER e os custos de O&M (Operação e Manutenção)	36
2.4 CONCLUSÃO	36
CAPÍTULO 3 – ANÁLISE DO EFEITO DA POLUIÇÃO E/OU SALINIDADE NA REDE ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO	39
3.1 OS EFEITOS DA POLUIÇÃO E SALINIDADE NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO	39
3.2 POLUIÇÃO	40
3.3 ATMOSFERA SALINA E AS REDES DE DISTRIBUIÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR	42
3.4 POLUIÇÕES E O SEU EFEITO NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO	48
3.5 PROCESSO DE CONTAMINAÇÃO DOS ISOLADORES DE 15 KV	48
3.6 TEORES DE CONTAMINAÇÃO	49
3.7 DESCARGAS SUPERFICIAIS E TRILHAMENTO ELÉTRICOS EM ISOLADORES	53
3.8 ESTUDO DE CASO	53
3.8.1 Investigação dos poluentes	54
3.8.2 Resultados e Discussão	65
3.9 CONCLUSÕES	74

CAPÍTULO 4 – EFEITOS DA POLUIÇÃO OU SALINIDADE NA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR E PORTO DE SAUÍPE (UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA)	76
4.1 INTRODUÇÃO	76
4.2 QUALIDADE DA EVOLUÇÃO DO SERVIÇO NO CONJUNTO SALVADOR SUBÚRBIO	77
4.3 SITUAÇÃO PROPOSTA	80
4.4 CONJUNTOS SALVADOR ORLA E LAURO DE FREITAS, CAMAÇARI E MATA DE SÃO JOÃO E PORTO DE SAUÍPE - ORLA MARÍTIMA	82
4.5 SITUAÇÃO PROPOSTA	84
4.6 CONCLUSÃO	88
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO	91
5.1 INTRODUÇÃO	91
5.2 CONCLUSÕES	91
5.3 RECOMENDAÇÕES	94
REFERÊNCIAS	96

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Em torno da década de 50, o desenvolvimento do setor energético brasileiro ocorria predominantemente através das empresas estatais, financiado basicamente por recursos externos ou pelas próprias tarifas cobradas pelos serviços prestados pelas empresas. Este contexto levou a criação de um setor elétrico bem estruturado em torno da Eletrobrás, com empresas geradoras federais (exceção da CESP em São Paulo, da CEMIG em Minas Gerais e da COPEL no Paraná, empresas controladas pelos respectivos governos estaduais) e empresas distribuidoras basicamente controladas pelos governos estaduais.

A elevada inflação a partir dos anos 80 decorrente da crise fiscal do estado brasileiro e da redução dos recursos externos acarretou uma dificuldade crescente na área de infraestrutura que necessita de elevados investimentos levando o governo, a partir da década de 90, após a implantação do plano Real e respectiva estabilidade monetária, a dar início a um processo de privatizações das empresas de serviço público no Brasil.

Para o setor elétrico que apresenta características de monopólio natural, houve necessidade de se criar mecanismos regulatórios mais eficientes, simulando um mercado competitivo. Os atuais modelos de regulação indicam a desverticalização do setor, introduzindo a competição, quando possível (caso de geração e comercialização de energia elétrica) e criando novos aparatos regulatórios onde as características de monopólio natural sejam ainda marcantes (caso da transmissão e da distribuição de energia elétrica).

Uma das inovações regulatórias da reestruturação do setor elétrico no Brasil foi à introdução do método de tarifação do tipo *price-cap*, substituindo a tradicional tarifa pelo custo do serviço. Esta nova ferramenta regulatória estimula a eficiência econômica através da redução constante das tarifas pelo *fator X*, simulando um mercado competitivo através da redução anual das tarifas. Para isto a composição do *fator X* prevê a análise dos custos operacionais gerenciáveis, denominado de parcela B, e a satisfação do cliente, entre outros parâmetros.

Nos últimos anos, no Brasil, ocorreram as primeiras revisões tarifárias. Neste processo foi incorporada outra inovação regulatória com a introdução da figura da *empresa de referência*, ferramenta necessária para redução da assimetria de

informação entre agências reguladoras e as concessionárias. Essas imposições regulatórias simulam um ambiente empresarial que torne natural a busca de eficiência técnica-econômica e conseqüente equilíbrio econômico-financeiro das concessionárias.

Por outro lado, a transferência dos monopólios públicos para monopólios privados tornou necessária a explicitação de mecanismos de controle de qualidade. As resoluções 024/2000, 046/2004, 047/2004, 143/2005 da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), órgão regulador do setor elétrico brasileiro, determinaram formas mais complexas de controle de qualidade, trazendo novos desafios aos gestores do setor elétrico.

A resolução ANEEL 024/2000 visa agrupar conjuntos de consumidores das diversas concessionárias através de técnicas estatísticas conhecidas como "clusters", onde conjuntos com qualidades diferentes poderão ser representados por um único padrão, baseado nas técnicas de *Benchmark* e *Yardstick Competition*. (TANURE, 2000, p. 9).

No seu artigo 8º atribuiu seis parâmetros para definição dos conjuntos: a) área; b) extensão primária, em Km²; c) a média mensal de energia consumida, em kWh, nos últimos 12 meses; d) total de unidades consumidoras atendidas; e) a potência instalada em kVA; f) se pertence ao sistema interligado. Esses parâmetros viabilizam agrupar conjuntos com indicadores de qualidade semelhantes e definir metas a serem alcançadas ao longo do tempo.

Em 2004 através da Resolução 063 foram estabelecidas multas às violações dos conjuntos que não conseguirem alcançar os objetivos definidos.

Algumas variáveis importantes para as concessionárias de energia elétrica que comprometem os indicadores de qualidade da energia elétrica não foram levadas em consideração. Na Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba), por exemplo, a corrosão provocada pela exposição da rede aérea nua a salinidade, a poluição urbana ou industrial tem trazido sérios problemas de aceleração da degradação dos materiais, comprometendo diretamente a confiabilidade do seu sistema elétrico.

Novos materiais e equipamentos poderiam ser utilizados, em locais com elevada corrosão, de maneira a se manter os índices de qualidade definidos pela Aneel com um custo adequado para a sociedade, maximizando seus benefícios.

Por outro lado, a empresa de referência não prevê o uso desses materiais e equipamentos. Seria necessária a utilização de mais de um padrão de rede elétrica, de maneira a se adequar os materiais e os equipamentos às condições específicas do ambiente.

Desta forma, a questão a ser colocada nesta dissertação se fixa na necessidade da empresa de referência aceitar a utilização de mais de um padrão de rede aérea para o cálculo do seu custo de serviço.

A hipótese aqui assumida é que os efeitos da corrosão provocados pela poluição e salinidade causam impactos significativos nos custos dos serviços e que a utilização de novos materiais e equipamentos melhora os índices de qualidade, com um custo mais baixo que o padrão convencional.

O objetivo desta dissertação é apresentar a caracterização de áreas com elevada agressividade, definindo alternativas de materiais e equipamentos aplicáveis e promover uma discussão sobre a necessidade de incorporação de novos padrões na modelagem da empresa de referência, buscando alcançar os índices de qualidade estabelecidos pela Aneel com custos menores comparando-se os ciclos de vidas, maximizando dessa maneira os ganhos para a sociedade.

Serão analisados aqui nesta dissertação os seguintes problemas teóricos:

- a) A regulação com o seu novo modelo, a resolução 024/2.000 da Aneel e a empresa de referência;
- b) Os efeitos da corrosão salina e industrial submetido às redes de distribuição convencional, com propostas de materiais alternativos.

Como metodologia pretende-se:

- a) Analisar as interrupções de energia elétrica do conjunto Salvador Subúrbio;
- b) Estudar os efeitos da corrosão industrial e salinidade na região metropolitana de Salvador;
- c) Propor materiais e equipamentos alternativos as redes convencionais;
- d) E finalmente criar cenários dos índices de qualidade DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente por Unidade Consumidora) com os novos materiais e equipamentos.

O autor dessa dissertação coordenou um projeto de pesquisa com aval da Aneel que foi desenvolvido em parceria com o LACTEC (Projeto P&D COELBA-LACTEC - Estudo dos Efeitos da Poluição Atmosférica em Isoladores de Distribuição

e Métodos Alternativos para Minimizá-los), que serviu de subsídio para a análise do efeito da poluição e/ou salinidade na rede aérea de distribuição. Como exerceu a atividade de gestor da manutenção na região metropolitana de Salvador da Coelba por 10 anos até 2009, e conseqüentemente teve acesso a informações detalhadas sobre o desempenho dos sistemas de distribuição dessa área, escolheu como estudo de caso áreas críticas do sistema da Coelba.

Além da presente introdução, o trabalho está estruturado em mais quatro capítulos. No capítulo 2, é apresentado o novo ambiente regulatório, enfatizando a reestruturação do setor e a Resolução 024/2000 ANEEL e o referencial teórico da empresa de referência.

A análise do efeito da poluição e/ou salinidade na rede aérea de distribuição é discutido no capítulo 3. Para isto são estudados: os efeitos da poluição e salinidade na rede de distribuição, e estudo de caso para coleta de dados de campo e dentro da subestação de Paripe – conjunto Salvador subúrbio, e proposta de utilização de novos materiais e equipamentos. Esse capítulo está baseado na pesquisa desenvolvida em parceria com o LACTEC, acima citada.

No Capítulo 4 são analisados os efeitos da corrosão e salinidade na região metropolitana de Salvador e Porto de Sauípe, seus índices de continuidade do sistema atual além de discutido o novo ambiente regulatório e a qualidade da evolução do serviço na área Salvador subúrbio, com novos materiais.

Finalmente, no último capítulo, são destacadas as principais conclusões do trabalho.

CAPÍTULO 2 - O CONTEXTO REGULATÓRIO

O objetivo deste capítulo é apresentar o referencial teórico sobre regulação que deu suporte às análises realizadas neste trabalho. Pretende-se mostrar estes conceitos em conjunto com a evolução dos modelos setoriais de energia elétrica.

Será apresentado um resumo do referencial teórico utilizado, na estruturação do modelo anterior do setor elétrico. Em seguida, será analisado o modelo básico da reestruturação do setor elétrico, suas principais características, suas diferenças em relação ao modelo anterior e sua lógica na busca de uma maior eficiência econômica.

Será abordada a empresa de referência como modelo regulatório de concorrência entre as empresas concessionárias de energia elétrica e o fator X definido no processo de revisão tarifária que tem como objetivo a captura dos ganhos auferidos por essas empresas.

Finalmente, serão explicitadas algumas novas formas de gestão que comparam os diversos conjuntos definidos na resolução Aneel 024/2000 e seus índices de qualidade e desempenho técnico.

2.1 O MODELO DO SETOR ELÉTRICO

Segundo Viscusi, (1995 apud OLIVEIRA, 2008, p. 15):

Regulação econômica pode ser resumida ou definida formalmente como as limitações impostas pelo estado nas discriminações que podem ser exercidas por indivíduos e/ou organizações, as quais são suportadas através de ameaças de sanções.

Outros teóricos trazem novos conceitos. Freitas, (2000 apud OLIVEIRA, 2008, p. 15):

Apresenta uma perspectiva das ciências sociais influenciada pela mecânica ou biologia. Assim o conceito de regulação é originário da engenharia, da física e ciências biológicas, e tende a assegurar o equilíbrio de um processo em construção ou restabelecer o equilíbrio de estruturas “desajustadas”.

A seguir são apresentados os principais aspectos da teoria da regulação para o tratamento dos monopólios naturais e os atuais enfoques devido ao novo contexto institucional.

2.1.1 O Modelo Tradicional do Setor Elétrico

O aumento da complexidade das sociedades tornou necessário o reconhecimento da intervenção do estado como fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade, o que é chamado de regulação econômica e social.

Segundo Johnson et al (1996, p. 3), “essa polêmica foi particularmente intensa nos Estados Unidos, nas primeiras décadas do século XX e envolvia essencialmente o argumento do “interesse público” inerente a essas atividades”.

Neste caso estaríamos diante das denominadas falhas de mercado. Entre as principais falhas estão:

- a) externalidades - são situações onde os resultados dos investimentos realizados geram custos ou benefícios não associados ao objetivo inicial. Os custos e/ou benefícios não são analisados na decisão racional de produzir ou consumir um bem ou um serviço. Os principais exemplos apresentados de externalidades negativas e positivas são respectivamente: poluição em geral e investimentos em educação;
- b) informação assimétrica - a informação é denominada assimétrica quando os agentes envolvidos nas transações dispõem de quantidade e qualidade diferenciada de informação. A informação assimétrica ou imperfeita entre agentes impede que os mecanismos de mercado operem eficientemente;
- c) bens públicos - os bens públicos caracterizam-se por serem não rivais, e que o aparecimento de novos consumidores não terá efeito sobre o custo dos bens consumidos, não-exclusivos, ou seja, nenhum agente econômico tem direito exclusivo de uso ou de propriedade sobre o bem;
- d) poder de mercado - o poder de mercado é uma falha que ocorre quando um agente econômico, sozinho ou em colusão, consegue influenciar o mercado de tal forma a elevar os preços acima dos preços concorrencias. (FARINA, 1999, p. 147-161).

Atualmente, em grande parte das correntes econômicas, se aceita que o mercado, mediado por preços, pode falhar em algum momento na missão de alocar eficientemente os recursos de uma economia. (FARINA; AZEVEDO; SAES, 1997 apud OLIVEIRA, 2008, p. 17).

2.1.1.1 O monopólio natural

“Algumas indústrias possuem características que fazem necessário a intervenção do governo em sua estrutura e conduta de tal forma que o resultado econômico é superior a um mercado sem intervenção”. (OLIVEIRA, 2008, p. 18). Historicamente os monopólios naturais obtiveram este status, e suas principais características são:

a) economias de Escala e Escopo - Uma das condições para que haja competição econômica perfeita é a de um único agente não conseguir influir nos preços de um dado mercado. Ou seja, a oferta de produto através de vários fornecedores, impõe um custo mínimo ao produto. No monopólio natural ocorre o inverso, um único agente consegue produzir a custos inferiores do que vários outros, devido a significativas economias de escala e escopo em relação ao mercado explicam a existência de monopólios naturais;

b) intensidade de Capital - Os serviços de utilidade pública necessitam de enormes volumes de capital, além de especificidades dos ativos que implicam em custos irrecuperáveis (sunk costs);

c) existência de Rendimentos Crescentes - Os serviços de utilidade pública auferem rendimentos bastante estáveis, até mesmos crescentes, devido ao contínuo crescimento do negócio. Os serviços de utilidade pública são essenciais à qualidade de vida da população e às empresas que os utilizam como insumo em sua produção. Economicamente, como foi dito anteriormente, sua principal característica é o fato de ser monopólio natural. Isso significa que, se forem fornecidos por mais de uma empresa, o custo médio para cada uma delas poderá ser superior ao verificado para apenas uma. Este fato implica em custos decrescentes (economias de escala) e na impossibilidade física de existir mais de uma empresa na prestação do serviço;

d) caracterização como Serviços de Utilidade Pública - Os monopólios naturais estão associados historicamente ao conceito de serviços de utilidade pública. Os serviços de utilidade pública estão relacionados com a maximização do “bem estar” da comunidade. Apesar da idéia de interesse público está relacionada com bens públicos e os serviços de segurança, educação e saúde, algumas atividades econômicas podem ser caracterizadas como bens públicos.

Outra característica dos monopólios naturais é a sua forma de custeio, através de tarifas. Entre os métodos mais utilizados encontramos a tarifação pelo custo de serviço. Este método consiste na cobrança de preços iguais aos custos médios, permitindo a viabilização da universalização dos serviços e da cobertura dos custos fixos. Esta era a forma tradicionalmente adotada para a regulação tarifária dos setores de monopólio natural e chamada de tarifa pelo custo do serviço.

A tarifação pelo custo de serviço propõe que os investimentos realizados pelo concessionário seja remunerado por uma taxa de retorno considerada justa. “Esta regra visa principalmente à obtenção da eficiência distributiva, uma vez que, através da igualação de custos e receitas, busca-se evitar que o produtor se aproprie de lucros extras”. (FARINA; AZEVEDO; SAES, 1997 apud OLIVEIRA, 2008, p. 20).

Este método também chamado de tarifação pela taxa de retorno era tradicionalmente utilizado na regulação das concessionárias nos Estados Unidos.

Uma tarifação pelo custo bem sucedido tem os seguintes objetivos principais: evitar que os preços fiquem abaixo dos custos; evitar o excesso de lucros; viabilizar a agilidade administrativa no processo de definição e revisão das tarifas; impedir a má alocação de recursos e a produção ineficiente; e estabelecer preços não discriminatórios entre os consumidores. A definição da taxa interna de retorno praticamente define os valores das tarifas, assim, a taxa de retorno deve ser fixada em função do custo de oportunidade do capital. Entretanto, a dificuldade de sua determinação tem levado o regulador a examinar as taxas de outras indústrias ou negócios similares, para definir a taxa de retorno adequada. (PIRES et al, 1998 apud OLIVEIRA, 2008, p. 21).

A partir da década de 60 novas teorias surgiram rejeitando a necessidade de regulação econômica para um monopólio natural. Dentre estas teorias pode-se citar:

a) teoria dos Mercados Contestáveis - Um mercado é dito contestável se as firmas estabelecidas são vulneráveis à entrada do tipo *hit and run*. Isto quer dizer que face à perspectiva de obtenção de lucros extra-econômicos, firmas concorrentes potenciais poderão ser atraídas para esse mercado, beneficiar-se do lucro, antes que as empresas já estabelecidas possam alterar seus preços e, se necessário, sair do negócio. Para que isso seja possível não pode haver barreiras à entrada, de qualquer espécie, nem custos para a saída (*sunk costs*) (FARINA, 1990, p. 7);

b) modelo de Demsetz - Nesse sistema, o competidor que se comprometer a realizar sua produção aos preços mais baixos, ou ainda, oferecer o pacote mais interessante, no qual esteja incluído tanto preço quanto qualidade, receberá a concessão da franquia, que possui uma duração determinada. Este sistema, que

funciona na prática em várias situações, elimina os problemas relativos à regulamentação, principalmente aqueles que têm que ver com a falta de informação, já que a competição é que vai determinar quem virá a ser o produtor (VICKERS; YARROW, 1997, p. 25);

c) teoria da Captura - Na teoria da captura a afirmação é oposta: a regulamentação e o controle do monopólio por parte do governo é que seriam os responsáveis pela redução do bem-estar, pois os reguladores tenderiam a agir segundo os interesses da empresa regulamentada, chegando ao ponto de, em certos casos, perpetuarem o monopólio mesmo em condições em que este não deveria mais existir naturalmente (NEVES, 2006, p. 16).

Outra crítica nem sempre considerada nos artigos sobre a desregulamentação refere-se ao atraso tecnológico e sobre investimento nos monopólios naturais. Analisando o setor elétrico, estruturado como monopólio natural, observa-se que diversas ineficiências foram ocorrendo ao longo do tempo e são apontadas a seguir.

A primeira, a ineficiência-X, é um conceito que sugere que a presença de poder de monopólio faz com que as firmas monopolistas operem acima do seu custo marginal factível. Esta falta de eficiência e produtividade poderia ser atribuída à ausência de pressões concorrenciais, típicas de um mercado competitivo, as quais implicam em distorções que influem na eficiência produtiva estática.

Uma ineficiência ocorre pela adoção do método da taxa de retorno. Por este método as firmas não são incentivadas a reduzirem seus custos, pois os seus lucros são proporcionais ao capital investido e, pelo mesmo motivo, o sobreinvestimento é incentivado, diminuindo a eficiência econômica no conceito da eficiência alocativa.

2.1.1.2. Novas abordagens regulatórias

Segundo Freitas, (2000 apud OLIVEIRA, 2008, p. 24):

Desde os anos 60, começam a difundir idéias e práticas a respeito da desregulação, ou ainda um forte lobby intelectual anti-regulatório começa a se formar, além disso, algumas inovações tecnológicas reforçaram os argumentos a favor da desregulamentação.

Algumas modificações na indústria da eletricidade foram necessárias para adaptar esta a uma estrutura competitiva. A antiga verticalização desta indústria que possuía como trunfo de eficiência econômica na redução dos custos de transação, é substituído pela competição pelos mercados.

Entre as principais mudanças que ocorreram foi tratamento diferenciado a cada uma de suas cadeias produtivas, geração, transmissão, distribuição e comercialização. O Quadro 1 abaixo resume as reformas, que ocorreram na grande maioria dessas indústrias:

Segmento	Regulação	Agentes
Geração	Competição	Capital Privado
Transmissão	Monopólio Natural	ONS ou ISO
Distribuição	Monopólio Natural	Concessionárias
Comercialização	Competição	Comercializadoras

Quadro 1- Resumo da Reestruturação o setor Elétrico

Na geração de energia elétrica as características de monopólio natural têm sido questionadas, em parte como um resultado da mudança tecnológica no nível da geração de energia. No novo modelo o sistema de transmissão é considerado monopólio natural e o preço deverá refletir o custo do serviço mais uma taxa de retorno. Pela nova regulamentação o sistema de transmissão é neutro, ou seja, é permitido o acesso da rede básica de transmissão para qualquer produtor ou comercializador de energia.

A distribuição de energia elétrica ainda é considerada monopólio natural, pois a existência das características de monopólios são bastante claras, sendo, portanto, um setor sujeito a uma forte regulamentação. A concessionária de distribuição detém uma área de atuação exclusiva, denominada de área de concessão, onde nenhum outro agente pode exercer essa atividade. Novamente a forma encontrada de criar a competição entre agentes geradores e comercializadores é a permissão de livre acesso a rede, com o pagamento de pedágio pelo uso da rede de forma a remunerar os investimentos das concessionárias de distribuição.

Um dos objetivos do atual modelo do setor elétrico é o estímulo à competição onde for possível, ou seja, nas áreas de produção e comercialização.

Para que isto ocorra além da instalação do livre acesso à rede básica de transmissão e redes de distribuição, por comercializadoras independentes, é necessário que os consumidores normalmente cativos de uma área de concessão, possam exercer o direito de escolher um novo fornecedor dos serviços.

Com a reforma do estado e a desverticalização do setor elétrico em cadeias produtivas, novos instrumentos são necessários para regular atividades no setor elétrico. O repertório tradicional utilizado pela regulação econômica com a finalidade aperfeiçoar o desempenho dos monopólios naturais são hoje inadequados. Diante dos novos contextos as políticas regulatórias devem possuir novas ferramentas. “O objetivo é o de utilizar a competição, onde for possível, para se alcançar a eficiência econômica”. (PIRES; PICCNINI, 1998 apud OLIVEIRA, 2008, p. 25).

A seguir são apresentadas as principais abordagens frente aos novos contextos regulatórios:

a) agências Reguladoras - Entre os objetivos das agências reguladoras tem-se: promover e garantir a competitividade do respectivo mercado; garantir os direitos dos consumidores e usuários dos serviços públicos; estimular o investimento privado nacional e estrangeiro, nas empresas prestadoras de serviços públicos e atividades correlatas; buscar a qualidade e segurança dos serviços públicos, aos menores custos possíveis para os consumidores e usuários; garantir a adequada remuneração dos investimentos realizados nas empresas prestadoras de serviços e usuários; dirimir conflitos entre consumidores e usuários, de um lado, e empresas prestadoras de serviços públicos; prevenir o abuso do poder econômico por agentes prestadoras de serviços públicos;

b) mecanismos de Incentivos - Diversas críticas são feitas ao método tarifário da taxa de retorno. A principal é a de não favorecer a eficiência alocativa e produtiva, principalmente pela tendência ao sobreinvestimento. A introdução de uma nova abordagem para questão levou a consagração do price-cap, o principal instrumento de incentivo atualmente utilizado. O price-cap foi originalmente adotado na Inglaterra, como alternativa ao método da tarifação pelo custo, tendo em vista a avaliação negativa deste critério por parte dos reguladores. Evidentemente, este método tarifário deve ser usado para os consumidores cativos, já que os consumidores livres negociam bilateralmente o “preço”. (PIRES; PICCNINI, 1998 apud OLIVEIRA, 2008, p. 26).

Na tarifação por price-cap propõe-se, uma tarifa teto, que deverá ser aplicada por um determinado período, intervalos regulatórios, e ao final do período as tarifas serão reduzidas, pelos ganhos de produtividade alcançados pelas concessionárias e reajustadas por um índice de preços, que permita uma atualização dos custos e mudanças tecnológicas.

O mecanismo de tarifação conhecido como price-cap constitui-se na definição de um preço-teto para os preços médios da firma, corrigido de acordo com a evolução de um índice de preços ao consumidor, o retail price index (RPI), menos um percentual equivalente a um fator X de produtividade⁵, para um período prefixado de anos. Esse mecanismo pode envolver, também, um fator Y de repasse de custos para os consumidores, formando a seguinte equação: $RPI - X + Y^6$.

Entre as principais vantagens deste método estariam: menor custo da ação regulatória; maior simplicidade; menor risco de captura das agências⁷; incentivos a eficiência econômica pelas concessionárias. (PIRES; PICCNINI, 1999 apud OLIVEIRA, 2008, p. 27).

Entre as desvantagens deste método pode-se citar que estudos teóricos e empíricos sobre o desempenho de práticas regulatórias concluem que o price-cap favorecia ao subinvestimento e conseqüentemente a redução da qualidade pelas concessionárias, daí a necessidade de novos mecanismos para obrigar as concessionárias a investir, um desses métodos será visto a seguir:

a) intervalos Regulatórios - A definição da extensão do intervalo regulatório é um instrumento importante para reduzir os riscos e balancear os

⁵ Nota: Com relação ao fator de produtividade X, sua definição deve considerar a combinação de três aspectos relevantes: a necessidade da concessionária no sentido de autofinanciar suas operações, a dinâmica tecnológica do segmento industrial e a defesa dos interesses dos consumidores, evitando-se a prática abusiva de preços e assegurando-lhes a apropriação de ganhos de produtividade.

⁶ O repasse permitido de custos para os consumidores (cost passthrough) representa o fator Y. A definição do fator Y objetiva reduzir os riscos regulatórios das firmas. Quanto maior o valor de Y, maior será a proteção das firmas e menor o benefício momentâneo dos consumidores. Este trade-off, entretanto, deve ser balanceado para não comprometer a eficiência da firma nem o bem-estar do consumidor. No modelo inglês, a relação entre os custos permitidos para repasse e os custos variáveis totais é bastante elevada. Os componentes passíveis de serem repassados para os consumidores representam 95% dos custos variáveis de suprimento de energia, que incluem tarifas de administração do pool, custos de compra de energia e variação dos preços dos combustíveis fósseis [Arms-trong, Cowan e Vickers (1994)]

⁷ (O price-cap era visto como um método tarifário de regra simples e transparente que poderia proporcionar o maior grau de liberdade de gestão possível para as empresas em regime de monopólio natural, além de estimular ganhos de produtividade e sua transferência para os consumidores [Littlechild (1983)]. Dessa forma, a adoção do price-cap contribuiria para reduzir o risco de captura das agências reguladoras (ao não expô-las a uma situação de assimetria de informações) e para incentivar a ação eficiente das firmas, uma vez que, com preços fixos, estas poderiam apropriar-se da redução de custos que viesse a ocorrer entre os períodos revisionais. Contudo, este método de tarifação requer a definição, pelo regulador, de uma série de variáveis relevantes, discutidas a seguir, tais como: indexador de preços e fator de produtividade, grau de liberdade para a variação de preços relativos, grau de extensão dos repasses dos custos permitidos para os consumidores e formas de incentivo ao investimento e à qualidade do atendimento).

benefícios entre os agentes. Intervalos muito curtos podem aumentar o risco regulatório das firmas, ao reduzir sua oportunidade de apropriar lucros extraordinários, reduzindo sua disposição em diminuir custos, no caso de tarifas acima das normais. Enquanto que a fixação de tarifas elevadas beneficiaria as firmas, mas não permitiria a apropriação, pelos consumidores, de uma baixa imprevista de custos;

b) yardstick Competition - Baseia-se na introdução de incentivos a uma maior eficiência, pela eliminação das grandes assimetrias de informação, entre as agências e concessionárias, quando há várias empresas reguladas, como ocorre, por exemplo, no sistema elétrico brasileiro. Neste caso o desempenho das concessionárias é aferido por comparação através de uma referência, benchmark, que induza o acompanhamento de aumentos de produtividade e redução de custos;

c) qualidade do serviço - A qualidade no fornecimento de energia elétrica envolve questões difíceis de serem solucionadas. A princípio a necessidade de tarifas módicas, esta diametralmente oposta à questão da qualidade, já que a qualidade está irremediavelmente ligada ao nível de investimentos. No caso do modelo de tarifação pelo price-cap, parecer ser ainda mais complexo, devido a incessante busca por reduções de custos. (OLIVEIRA, 2008, p. 27-28)

Um dos problemas mais difíceis dentro do sistema de prestação de serviços de energia elétrica sob o regime de concessão refere-se à garantia da qualidade do serviço. Os contornos da questão são claros: cabe ao Estado, através do agente regulador, estabelecer o preço permissível e definir os padrões de prestação dos serviços, controlando o desempenho da empresa concessionária dentro desses padrões. Apesar da aparência simples, a prática desta incumbência apresenta grande complexidade, à medida que exige a contínua reavaliação de um equilíbrio entre interesses que são, em certa medida, conflitantes. Espera-se que o órgão regulador estabeleça, por um lado, um preço que propicie retorno atraente e induza investimentos, num ambiente de negócios em permanente transformação e sujeito a consideráveis oscilações conjunturais. Uma vez estabelecido o preço, a empresa concessionária fará todos os esforços para reduzir custos e obter a maior remuneração possível sobre o investimento. É na contradição dos interesses envolvidos e na natureza mutável das condições de concessionário e usuários que reside a dificuldade em garantir o nível adequado de qualidade na prestação de serviços. (GIRARDHI, 2000 apud OLIVEIRA, 2008, p. 28).

A qualidade de fornecimento de energia elétrica envolve dois aspectos: a qualidade da energia quantificada pelo nível de continuidade do fornecimento⁸, e pelos níveis de tensão que irá determinar o adequado funcionamento dos equipamentos; o outro aspecto da qualidade tem mais proximidade com a prestação do serviço em si (entrega de contas adequadas, atendimento). Logicamente, todos esses fatores serão analisados pelo consumidor, os comparado com a sua conta de energia elétrica.

⁸ A resolução 024/2000 que legisla sobre o desempenho de continuidade do sistema elétrico.

2.2 QUALIDADE DO SERVIÇO

Qualidade de serviço é um importante aspecto da distribuição de energia elétrica.

Fumagalli et al (2007, p. 8-9):

Diz que os consumidores são altamente sensíveis a todos os aspectos da qualidade de serviço, desde a confiabilidade do suprimento de eletricidade, às características da tensão de suprimento, até a velocidade e precisão do atendimento às solicitações dos clientes.

No contexto dessa dissertação, estar-se-á tratando apenas da questão da continuidade do serviço de distribuição de energia elétrica, fortemente dependente dos padrões de rede, dos materiais e equipamentos utilizados.

Melhoria da qualidade do serviço público, privatizado ou não, requer um órgão regulador forte e independente. No caso do setor elétrico brasileiro, a Aneel tem atuado desde a sua criação em 1997, na busca de mecanismos que induzam a melhoria da qualidade de serviço, mas evitando o encarecimento do serviço e o desrespeito ao princípio da modicidade tarifária (SANTANA, 2004, p. 29).

A portaria 046/1978 do antigo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (Dnaee) definiu critérios para os índices de continuidade Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e Frequência Equivalente por Unidade Consumidora (FEC). A resolução Aneel 024/2000 modificou substancialmente os critérios de sua apuração. “Esta resolução propôs o estabelecimento de metas de desempenho futuro para as concessionárias, com base de uma análise comparativa entre as mesmas”. (TANURE, 2000, p. 6).

Critério Estabelecido	Portaria DNAE nº. 046/1978	Resolução ANEEL nº. 024/2000
Critério de formação dos conjuntos de consumidores	Da concessionária	Órgãos reguladores
Coleta e armazenamento dos dados de interrupção	Duração 01 ano	Duração 05 anos
Indicadores de continuidade considerados	DEC e FEC e indicadores individuais	DEC, FEC, DIC, FIC e DEMIC
Utilização dos indicadores de continuidade	Estatístico	Comparativo
Duração mínima da interrupção considerada	Duração a partir de 03 minutos	Duração a partir de 01 minuto
Limites e considerações para fixação das metas de continuidade	Somente por quantidade de consumidores	Consumidores, área geográfica, potencia instalada, consumo, extensão da rede de distribuição
Informações dos indicadores apurados e fornecidos aos consumidores	Ocasionalmente e sem obrigação	Obrigado informar na fatura
Sistema de atendimento as reclamações	Pago, sem obrigação de 24 horas.	Gratuito e 24 horas
Envio de indicadores ao regulador	Sempre que solicitado	Obrigatório e mensal
Violação dos indicadores de continuidade	Não prevê qualquer punição por violação	Penalidades Através de multas ao regulador e compensações financeiras ao consumidor

Quadro 2 - Principais Comparações entre a Portaria DNAE 046/1978 e a Resolução ANEEL 024/2000

Fonte: Pereira (2005).

Segundo Rodrigues (2005, p. 17):

Neste contexto, a manutenção de redes de distribuição ganha destaque, com as concessionárias devendo realizar investimentos para garantir os indicadores de qualidade impostos pela Aneel, através das metas de desempenho e contando com recursos cada vez menores.

Outra utilidade para os indicadores de qualidade, como sinalizadores do estado de conservação das redes de distribuição e subestações associadas,

permitindo ao regulador auferir, por meios indiretos, as ações e investimentos efetuados pelos agentes regulados (QUEIROZ, 2003, p. 40).

2.2.1 Indicadores de Qualidade

A resolução ANEEL 024/2000, no seu artigo oitavo define que os conjuntos para definição dos indicadores de qualidade de serviço devem respeitar os seguintes atributos físicos elétricos:

- a) a área, em quilômetros quadrados (km²);
- b) a extensão da rede primária, em quilômetros (km);
- c) a média mensal de energia consumida, em kilowatt-hora (kWh), nos últimos 12 meses;
- d) o total de unidades consumidoras atendidas;
- e) a potência instalada, em kilovolt-ampere (kVA); e
- f) se pertencem ao sistema interligado.

A combinação desses parâmetros pode indicar vários fatores característicos dos conjuntos, quer sejam: o número de quilômetros de rede primária por quilômetro quadrado de área; a média de energia consumida por quilômetros de rede primária; o número de consumidores atendidos por quilômetro quadrado; a densidade de carga instalada por área (kVA/km²); a média de energia consumida (kWh) por quilômetro de rede primária; o número de quilômetros de rede primária pelo total de consumidores atendidos; a potência instalada em kVA pelo número de quilômetros de rede primária; a média de energia consumida pelo total de unidades consumidoras atendidas (kWh/consumidor); a potência instalada (kVA) pela média mensal consumida; a potência instalada (kVA) pelo número de consumidores atendidos.

Esses parâmetros visam agrupar conjuntos similares e definir desempenho de um sistema elétrico a serem alcançados ao longo do tempo. A cada conjunto estão definidos os indicadores de continuidade. A mensuração da qualidade apurada e a comparação com os padrões estabelecidos avaliam se cada conjunto alcançou os parâmetros de qualidade estabelecidos.

A mensuração dos indicadores de continuidade DEC e FEC tem a sua apuração mensal, trimestral e anual e estão vinculados ao ciclo de revisão periódicas das tarifas. Deverá ter procedimentos auditáveis desde sua coleta até a transformação em indicadores e deverão ser mantidos por um período de 05 anos. A partir de janeiro de 2004 os dados das concessionárias deverão estar disponíveis em meio magnético e até 31 de dezembro de 2007 o processo de coleta de dados e apuração dos indicadores deverão estar certificados conforme ISO9000. (ANEEL, 27 JAN. 2000).

2.2.2 Indicadores de Qualidade Individual

Os indicadores individuais de qualidade a partir da resolução Aneel 024/2000 deverão estar informados nas contas de energia fornecidas ao cliente. “Esses valores demonstrarão o padrão de qualidade no fornecimento de energia elétrica para cada unidade consumidora.” (TANURE, 2000, p. 19).

Ocorrendo alguma violação dos valores definidos pela Aneel a concessionária tem de pagar multa ao cliente diretamente na sua conta de energia.

Esses indicadores são: número de horas, em média, que o cliente ficou sem energia (DIC); número de vezes, em média, que o cliente ficou sem energia (FIC) e duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora (DIMIC), o conjunto a que o cliente está situado, o mês de apuração e o valor da meta estipulado pela Aneel (COELBA, 2009).

Conforme resolução Aneel 505/2001 ficou definido limites máximos e mínimos de tensão que o cliente pode estar submetido e prazos para a sua normalização, caso esses valores tivessem sido ultrapassados. Ficaram definidos também os níveis de tensão adequados, precários e críticos. Na conta de energia do consumidor tem de ser informada a tensão nominal de fornecimento de energia elétrica e os limites máximos e mínimos de tensão a que o cliente pode estar submetido (COELBA, 2009).

A assimetria de informações entre o cliente e as concessionárias de energia elétrica na qual, detém todas as informações de qualidade no fornecimento da energia e uma violação de qualidade provoca um pagamento ao consumidor, faz com que os órgãos reguladores cada vez mais procurem formas de mitigar essa situação.

Na resolução Aneel 505/2001 existem medições amostrais que as concessionárias são obrigadas a fazer para validar a qualidade do serviço, porém continua sendo a concessionária que produz essas informações e repassa ao órgão regulador.

Um exemplo de experiência feita pela Aneel foi à utilização de equipamentos “Argus” instalados em unidades consumidoras que via sistema de telefonia dos consumidores, sinalizavam diretamente a Aneel, as faltas de energia e a duração do evento. Esse procedimento foi uma tentativa de validar as informações de DEC, FEC, DIC, FIC e DIMIC das concessionárias. Essa foi mais uma forma que a Aneel procurou reduzir essa assimetria de informações entre os clientes e as concessionárias. Desde 2006 esse trabalho foi suspenso pela Aneel na Coelba.

2.2.3 Indicadores de Qualidade Coletivos

O DEC define em média, o intervalo de tempo, para cada unidade consumidora do conjunto definido ficou em média com falta de energia no conjunto, considerando desligamentos superiores há um minuto. “O DEC está ligado diretamente ao tempo de restabelecimento da energia elétrica quando ocasionado um defeito no sistema elétrico, relacionando a quantidade de clientes dessa área”. (TANURE, 2000, p. 19).

A duração e sua abrangência estão relacionadas diretamente aos recursos disponíveis quer sejam de automação, comunicação, sistema viário, equipes, pessoal e materiais para restabelecimento da energia elétrica.

As concessionárias de energia vêm gradativamente melhorando o seu tempo de restabelecimento da energia elétrica, ou na restrição da falta de energia elétrica; com a instalação de chaves automáticas na distribuição devido à redução da área de desligamento; alocação de equipes em áreas de maior incidência de defeitos na rede; ampliação das subestações e novos alimentadores; melhoria no sistema de comunicação e na detecção dos defeitos; instalação de dispositivos na rede que indicam o local da falha; bem como na utilização de materiais com menor taxa de falha e com uma vida útil maior.

O FEC está relacionado diretamente a manutenção do sistema elétrico. A falha ocorre devido à fragilidade do sistema, do meio ambiente, da degradação dos materiais e da falta de manutenção adequada, principalmente devido ao nível de investimento no sistema elétrico por parte da concessionária de energia elétrica. (TANURE, 2000, p. 19-20).

A inspeção visual na rede elétrica continua tendo uma grande relevância na detecção do defeito antes de ocorrer à falha devido ao seu baixo custo e eficiência.

A utilização da tecnologia da termovisão cada vez mais está sendo disseminada no setor elétrico devido à precisão e definição da gravidade do problema. A inspeção com equipamento de ultrassom e com equipamento de rádio interferência vem sendo testado e apresentado um bom desempenho na definição do componente que já está prestes a ter falha. Existem pesquisas sendo realizadas de forma a reduzir cada vez mais a inspeção visual, em favor das tecnologias de inspeção instrumental.

A resolução Aneel 024/2000 definiu no seu artigo 3º item V e no artigo 7º primeiro e segundo parágrafos:

Art. 3º item V

Dia Crítico

Dia em que a quantidade de ocorrências, associadas à Interrupção em Situação de Emergência, em um determinado conjunto de unidades consumidoras, superar a média acrescida de três desvios padrões dos valores diários. A média e o desvio padrão a serem usados serão os relativos aos 24 (vinte e quatro) meses anteriores ao mês em curso.

Art. 7º. *Na apuração dos indicadores DEC e FEC deverão ser consideradas todas as interrupções que atingirem as unidades consumidoras, admitidas apenas as seguintes exceções:*

§ 1º Não serão consideradas as interrupções provenientes da transmissora como casos fortuitos ou de força maior.

§ 2º A interrupção em situação de emergência deverá ser descrita em detalhes, com a identificação dos locais ou áreas atingidas, fornecendo uma avaliação pormenorizada das obrigações afetadas, incluindo uma estimativa da duração da impossibilidade de cumpri-las.

Nessa situação as concessionárias passaram a expurgar as emergências ocasionadas quando existe um número excessivo de ocorrências no sistema elétrico de distribuição de energia. Normalmente os municípios decretam estado de emergência e os meios de comunicação divulgam as calamidades ocorridas. Nesses períodos de fortes chuvas e descargas atmosféricas, tombamento de árvores e corrimento de terra é que mostra a fragilidade do sistema elétrico frente ao meio ambiente.

Essa modificação na regulamentação do setor elétrico favoreceu muito as concessionárias no cálculo dos índices de qualidade de DEC, FEC, DIC, FIC e DIMIC. Não se pode fazer comparações com esses índices a partir dessa modificação introduzida na resolução Aneel 024/2000, por que quando existe o maior número de desligamentos com o maior tempo de restabelecimento nas situações caracterizadas como emergência as concessionárias passaram a expurgar dos seus indicadores.

As violações dos padrões de continuidade poderão ser classificadas como individuais ou de conjunto. As violações individuais têm as penalidades estabelecidas no artigo 22 parágrafo IV da resolução ANEEL 024, de 27 de janeiro de 2000 e as violações de conjuntos são estabelecidas multas conforme Resolução Normativa número 063, de 12 de maio de 2004.

2.3 EMPRESA DE REFERÊNCIA

A Empresa de Referência (ER) criada pela Aneel concorre com todas as concessionárias de energia de maneira a remunerar eficientemente os ativos na prestação do serviço de distribuição da energia elétrica. Todos os gastos acima do previsto serão assumidos pela empresa real sem poder ser repassado para a tarifa.

A Empresa de Referência é uma forma específica de regulação por comparação (benchmarking) que tem como principal ponto positivo reduzir o problema de assimetria de informação, tornando o regulador menos dependente de informações de custo fornecidas pelas próprias distribuidoras. Contudo, como não há uma metodologia única e consagrada na literatura internacional para a construção da firma eficiente, a adoção de hipóteses para a construção dos seus parâmetros passa a ser a principal fragilidade dessa modelagem. Ou seja, se por um lado a informação assimétrica traz problemas ao regulador por este não conhecer a real estrutura de custo das distribuidoras, se ao construir uma Empresa de Referência não houver transparência dos parâmetros e cálculos o problema de assimetria de informação se mantém, mas na ordem inversa, em desfavor das empresas reguladas. (MINISTÉRIO DA FAZENDA. 2006, p. 9).

A ER é definida tendo uma estrutura organizacional dividida em unidades: direção; estratégia e controle; administrativa; finanças; operação e manutenção das

instalações e, comercial. Cada estrutura está associada a processos, atividades, estrutura física, de equipamentos e de pessoal.

Segundo Danni e Moita (apud ANEEL 2005-b, p. 19):

Para a determinação de todos os custos que surgem dos processos e atividades de operação e manutenção (O&M) e comercialização (COM), as etapas contempladas no procedimento desenvolvido incluem:

- a) identificação dos processos e atividades (P&A) que devem ser cumpridos pela ER, tanto em O&M como em COM;
- b) definição de critérios para a determinação de custos associados a cada P&A e a frequência respectiva de ocorrência;
- c) determinação dos recursos requeridos para o cumprimento eficiente de cada P&A;
- d) aplicação dos custos de P&A ao volume de instalações (para O&M) e clientes (para COM) da concessionária;
- e) para a determinação dos custos que surgem das atividades de gerenciamento, supervisão, e controle (GSC), as etapas contempladas no procedimento desenvolvido incluem: definição de critérios geográficos de zoneamento para os distintos processos e atividades;
- f) definição de critérios de dimensionamento dos recursos de GSC em função do volume de instalações e clientes, pessoal que é necessário fiscalizar e dispersão geográfica;
- g) aplicação dos custos correspondentes aos recursos dimensionados;
- h) definição dos recursos centralizados de suporte (sistemas informatizados, comunicações, etc.).

Assim, a ANEEL calcula os seguintes gastos associados à ER:

- a) todos os gastos de pessoal, materiais e serviços;
- b) todas as anuidades de investimento de curto período de recuperação, como por exemplo: hardware e software, veículos e guas, ferramentas e equipes;
- c) todos os gastos relativos à infra-estrutura de edifícios de uso geral, que se considera alugada.

A Aneel procura encontrar os custos eficientes baseado na coleta de informações e montagem de uma estrutura virtual. A ER deve monitorar os resultados da gestão, ou seja, a qualidade do serviço recebido pelos clientes. Essa é a premissa que a Aneel se baseia para resolver a assimetria de informação existente. O método convencional mais utilizado são as auditorias nos diversos serviços que poderiam corrigir as assimetrias de informações, porém tem um elevado custo. Na ER as auditorias realizadas são para validar as informações recebidas das concessionárias e não do processo.

Nas revisões tarifárias são considerados duas parcelas uma não gerenciada pela concessionária Parcela A (compra de energia, transporte, impostos e encargos sociais) e outra Parcela B referente aos custos operacionais e remuneração dos investimentos (empresa real x empresa de referência). Como já foi mostrado existe o *fator X* que consiste em repassar ao consumidor o ganho de produtividade das distribuidoras no período anterior. (BRAGA; BELZUNES, 2007, p. 2).

2.3.1 ER e os custos de O&M (Operação e Manutenção)

Os custos de operação e manutenção foram divididos em materiais e mão de obra por atividade e composição das equipes. Nessa situação a Aneel pode comparar as diversas concessionárias de serviços elétricos com a mais eficiente. Os materiais podem ser comparados com os preços de mercado e o seu histórico de consumo. A composição da quantidade de empregados trabalhando em cada nível de tensão e suas melhores práticas.

O estudo de custos de Operação e Manutenção (O&M) das instalações foi realizado sob o enfoque da análise de processos, através do levantamento de todas as atividades de operação e manutenção de instalações elétricas. Estes P&A são os necessários para uma correta prestação do serviço, de acordo com as exigências de qualidade determinadas no contrato de concessão e outras normas aplicáveis.

Os gastos que fazem parte dos custos de O&M, surgem da avaliação a 'preços de mercado' de todas as tarefas que devem ser exercidas por uma empresa eficiente. A seguir, são estudados os registros históricos de operação e manutenção, com a finalidade de detectar se as rotinas e práticas de manutenção são as adequadas e estão sendo cumpridas razoavelmente. Será avaliada a suficiência da dotação do pessoal disponível para estas tarefas, fazendo-se logo a comparação com outras empresas que possam ser consideradas referências válidas. A partir dessa análise, se procederá à determinação dos custos de O&M, reconhecendo-se inicialmente as atividades próprias de O&M em cada um dos segmentos ou níveis de tensão do sistema de distribuição.

Sendo identificadas as tarefas de O&M por nível de tensão, se definem a frequência anual de execução de cada uma delas, que devem refletir o estado da arte, as melhores práticas e os requisitos de qualidade. Paralelamente, se define a dotação de pessoal e equipamento necessário para a execução de cada uma das tarefas de maneira eficiente. Os processos são valorizados em função dos recursos necessários para a execução das tarefas, sendo considerados os recursos a preços de mercado e as limitações ou benefícios do poder de negociação da empresa. Sendo reconhecidas às tarefas, alocados os recursos e a valoração dos mesmos, se determinam os custos de O&M para cada atividade, que são adicionados de modo a alocá-los para cada segmento do sistema de distribuição. (DANNI; MOITA, 2007, p. 12).

2.4 CONCLUSÃO

O setor elétrico passou por enormes mudanças na década passada. A começar pela privatização de grande parte das distribuidoras e pela introdução de um novo marco regulatório.

A concessão do serviço público de energia elétrica a iniciativa privada veio acompanhada de mudanças nos conceitos de livre mercado, principalmente por se tratar de monopólio natural com necessidade de grandes investimentos. O princípio básico de uma empresa privada é maximizar o seu lucro. Nessa situação, um dos grandes desafios para a regulação em grande parte do mundo é a assimetria de informações entre o que os agentes do mercado sabem e o que o agente regulador tem conhecimento.

A *yardstick competition* é uma forma de reduzir as assimetrias de informação existentes no setor elétrico estimulando a eficiência econômica. Esse processo ficou evidente com a introdução do *cluster* nos critérios de comparação entre as empresas com a inclusão de indicadores do nível de renda dos consumidores e parâmetros físicos das redes.

O princípio da tarifação adotado no Brasil foi o de preço teto, onde são corrigidos os preços de acordo com a evolução dos índices de preços ao consumidor e a cada revisão tarifaria é capturado o ganho de produtividade das concessionárias dessa forma o governo controla o monopólio natural.

O tratamento diferenciado na cadeia produtiva desde a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica propiciou a desverticalização das empresas de forma a se adequar às mudanças do setor elétrico.

A qualidade no fornecimento de energia elétrica está diametralmente oposta ao princípio de tarifas módicas, porque a qualidade está ligada diretamente ao nível de investimento. No modelo de tarifa “preço teto” as concessionárias buscam incessantemente a redução dos custos para maximizar os lucros.

O marco normativo do novo setor elétrico na qualidade da distribuição elétrica é a edição da Resolução Aneel 024/2000. Ao adotar a metodologia de divisão da área de concessão de cada distribuidora em conjuntos de unidades consumidoras adotando-se os critérios de área geográfica contínua, carga instalada, tensão fornecida, número de consumidores e extensão da rede primária, bem como a estipulação de diversos índices para os mesmos (DEC, FEC, DIC, FIC e DMIC) logrou uma grande vitória em possuir um maior controle sobre as informações fornecidas pelas distribuidoras.

A Aneel definiu penalizações para violações individuais (resolução 024/2000) e multas para violações dos conjuntos (resolução 063/2004).

A Empresa de Referência (ER) criada pela Aneel concorre com todas as concessionárias de energia e todos os gastos acima do previsto serão assumidos pela empresa real sem poder ser repassado para a tarifa.

A ER é definida tendo uma estrutura organizacional dividida em unidades: direção; estratégia e controle; administrativa; finanças; operação e manutenção das instalações e, comercial. Cada estrutura está associada a processos, atividades, estrutura física, de equipamentos e de pessoal.

Na ER os custos de operação e manutenção foram divididos em materiais e mão de obra por atividade e composição das equipes e os materiais podem ser comparados com os preços de mercado e o seu histórico de consumo.

CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DO EFEITO DA POLUIÇÃO E/OU SALINIDADE NA REDE AÉREA DE DISTRIBUIÇÃO

3.1 OS EFEITOS DA POLUIÇÃO E SALINIDADE NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Salvador é uma cidade de clima quente e úmido, tipicamente tropical, com cerca de 2.466 h anuais de sol, ventilada (ventos anuais com velocidade média de 2,2 m/s), e uma temperatura média anual de 25 °C (76 F), estando localizada entre o trópico de Capricórnio e a linha do Equador, na latitude sul entre 8°30' e 18°30' e na longitude oeste entre 37°30' e 46°30'. É considerada uma das cidades mais ensolaradas do mundo, com umidade média anual da ordem de 81%, tendo a vantagem de ser cercada pelo mar em 3 de seus lados. (EMTURSA, 2007).

Estas condições climáticas são ideais para a atração turística, mas, extremamente prejudiciais aos materiais de engenharia, principalmente nos locais onde há, concomitantemente, a poluição industrial. Assim, têm-se como desvantagens, em boa parte das regiões analisadas:

- a) um ambiente propício à corrosão ou degradação dos materiais (como os metálicos e orgânicos, a madeira), pela instauração de um tempo elevado de superfície úmida (cerca de 4.000 h/ano), neste caso, classificado segundo a norma ABNT NBR 14643, como t₄, ou seja, de alta corrosividade ambiental;
- b) altas taxas de salinidade e material particulado de dureza elevada (areia) devidos aos ventos predominantes em direção ao continente, podendo causar corrosão atmosférica pelos íons cloretos e sulfatos, provenientes da água do mar e erosão por abrasão das superfícies dos materiais; e,
- c) “alta taxa de radiação solar, com valor médio superior a 2.400 h/ano” (EMTURSA, 2007), o que amplia a possibilidade de degradação dos materiais, principalmente, os poliméricos usados como acessórios das redes compactas e multiplexadas de energia elétrica e isoladores (SILLARZ, 1973; LOOMS, 1986; IEC 815, 1986).

A poluição ou salinidade está presente nos centros urbanos, ambiente rural, industrial, ou marinho produzindo corrosões em estruturas e redes de distribuição.

Na região Metropolitana o clima é tropical úmido com uma região litorânea e áreas industriais no entorno da cidade de Salvador. Esses efeitos somados ocasionam uma corrosão e degradação das ferragens, dos postes, conectores e

isoladores da rede de distribuição.

A região Metropolitana de Salvador tem aproximadamente 150 km de praias desde a cidade de Salvador até Costa de Sauípe no município de Mata de São João com algumas ilhas sendo as principais as Ilhas de Maré e dos Frades. A costa marítima tem predominância de arrecifes próximos à praia. Esse ambiente salino vai atenuando à medida que se distancia da praia ou quando existem anteparos.

A região Metropolitana de Salvador tem os complexos industriais de Camaçari e o de Aratu (CIA). Em Camaçari há o pólo Petroquímico com suprimento na tensão de 36 kV e o CIA compreende indústrias na tensão de 15 kV. O sistema elétrico na tensão de 36 kV é mais afetado pelos efeitos da poluição produzida pelas indústrias do que os sistemas que operam na classe de tensão de 15 kV.

A região de Porto de Sauípe é uma área litorânea com sua rede de distribuição de energia com isolação de 36 kV e operando em 15 kV. Trata-se de um povoado do município de Entre Rios onde a Coelba devido ao crescimento vegetativo da região tentou elevar a tensão de 15 kV para 36 kV em 2005, quando passaram a ocorrer sucessivos desligamentos diários de energia e a Coelba optou por colocar um posto de transformação e retornar a tensão de operação em 15 kV, mesmo a rede já estando isolada para 36 kV.

3.2 POLUIÇÃO

Existem várias definições sobre o significado da poluição e os seus efeitos sobre o meio ambiente. A poluição pode ser analisada de forma global ou de um sistema específico.

A Poluição pode ser definida como a introdução no meio ambiente de qualquer matéria ou energia que venha a alterar as propriedades físicas ou químicas ou biológicas desse meio, afetando, ou podendo afetar, por isso, a "saúde" das espécies animais ou vegetais que dependem ou tenham contato com ele, ou que nele venham a provocar modificações físico-químicas nas espécies minerais presentes. (GPCA, 2007).

Definição simples: Poluição nada mais é que a emissão de resíduos sólidos, líquidos e gasosos em quantidade superior à capacidade de absorção do meio ambiente. Esse desequilíbrio interfere na vida dos animais e vegetais e nos mecanismos de proteção do planeta. (GEOCITIES, 2007).

Toda introdução de elementos que produzam um desequilíbrio e ocasionem modificações no meio ambiente afetando os animais e vegetais é considerado poluição. O homem é o ser vivo que mais produz desequilíbrio na natureza. O crescimento populacional desordenado e a falta de consciência dos impactos provocados ao meio ambiente agravam os seus efeitos negativos. Nos últimos 20 anos está crescendo os movimentos em prol da preservação do meio ambiente e ações para mitigar ou compensatórias dos seus efeitos danosos.

Os resíduos quando são lançados na atmosfera produzem um efeito negativo bastante devastador porque interfere diretamente nas espécies vegetais e animais do planeta. Um resíduo lançado no ar em determinado local pode contaminar um outro sistema a muitos quilômetros de distância porque pode ser carregado pelos ventos, rios e mares. Nessa situação fica difícil localizar onde os resíduos estão sendo gerados.

A poluição atmosférica (ou do ar) pode ser definida como a introdução na atmosfera de qualquer matéria ou energia que venha a alterar as propriedades dessa atmosfera, afetando, ou podendo afetar, por isso, a "saúde" das espécies animais ou vegetais que dependem ou tenham contato com essa atmosfera, ou mesmo que venham a provocar modificações físico-químicas nas espécies minerais que tenham contato com ela. (GIL PORTUGAL, 2007).

A poluição atmosférica (ou do ar) pode ser definida como a introdução na atmosfera de qualquer matéria ou energia que venha a alterar as propriedades dessa atmosfera, afetando, ou podendo afetar, por isso, a "saúde" das espécies animais ou vegetais que dependem ou tenham contato com essa atmosfera, ou mesmo que venham a provocar modificações físico-químicas nas espécies minerais que tenham contato com ela. (GIL PORTUGAL, 2007).

Os problemas de poluição global, como o efeito estufa, a diminuição da camada de ozônio, as chuvas ácidas, a perda da biodiversidade, os dejetos lançados em rios e mares, entre outros, nem sempre são observados, medidos ou mesmo sentidos pela população. (WIKIPÉDIA, 2007).

A corrosão consiste na deterioração dos materiais pela ação química ou eletroquímica do meio, podendo estar ou não associado a esforços mecânicos. (ABRACO, 2007).

3.3 ATMOSFERA SALINA E AS REDES DE DISTRIBUIÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR

Os efeitos da atmosfera salina nas redes de distribuição da região Metropolitana podem ser constatados através da degradação dos postes de concreto com vida útil efetiva média por volta de 07 anos, muito abaixo da expectativa de vida esperada, em torno de 30 anos. A Coelba contratou a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) para desenvolver uma especificação exclusiva para os postes de concreto que fossem utilizados na orla marítima. Esses postes começaram a ser utilizados em 2006, porém ainda não transcorreu tempo para avaliar seu desempenho no campo.



Figura 1 - Poste estragado devido à salinidade
Nota: Elaboração própria.

Os isoladores padronizados para a orla são os híbridos ou os de pedestal com comprimento superior a 500 mm. Em locais sem poluição ou salinidade a Coelba adota isoladores com no máximo 360 mm para redes com isolamento de 15 kV.

Essa modificação foi adotada há aproximadamente 10 anos atrás e ocasionou uma melhoria nos indicadores de qualidade. A adoção desses isoladores proporcionou a região com salinidade alcançar indicadores similares às regiões onde não existia poluição.



Figura 2 - Isolador híbrido – corrosão elevada
Nota: Elaboração própria.



Figura 3 - Isolador convencional
Nota: Elaboração própria.



Figura 4 - Isolador de pedestal também utilizado na orla marítima
Nota: Elaboração própria.

As ferragens utilizadas na orla marítima são de alumínio enquanto que onde não existe salinidade são de ferro Galvanizado. As ferragens de ferro já foram

utilizadas na orla, porém apresentavam uma vida útil bastante reduzida comparando-se com as que estavam instaladas onde não havia salinidade. As ferragens corroídas pela salinidade para serem substituídas acarretam um trabalho excessivo, porque na grande maioria das vezes tem de serem cerradas e reduzem a produtividade das equipes de manutenção.



Figura 5 - Mão francesa de ferro galvanizado
Nota: Elaboração própria.



Figura 6 - Mão francesa de alumínio
Nota: Elaboração própria.

Os condutores nus padronizados nas áreas salinas da Coelba são de cobre porque a corrosão apresentada nos condutores nus de alumínio é elevada e sua

vida útil é menor. O condutor de cobre tem um preço maior que o alumínio, porém é compensado com o seu desempenho na presença de salinidade. Na região da praia de Ipitanga os condutores de alumínio chegam a deteriorar com 03 anos de instalados enquanto a rede de cobre nu alcança 10 anos. Em locais onde não existe corrosão os condutores poderão chegar a mais de 30 anos, devendo ser substituídos quando da ampliação de carga do sistema elétrico.



Figura 7 - Conductor primário de alumínio nu
Nota: Elaboração própria.



Figura 8 - Conductor primário de cobre nu
Nota: Elaboração própria.

As chaves de manobra utilizadas nas redes de distribuição da região Metropolitana onde existe salinidade são blindadas. Nas outras áreas as chaves

seccionadoras com abertura em carga apresentam um desempenho satisfatório sendo padronizada a sua utilização. O ambiente salino provoca uma deterioração das partes móveis das chaves seccionadoras enquanto que esse problema não acontece quando a chave é blindada porque as suas partes móveis estão protegidas da salinidade. As chaves blindadas têm um custo maior que 03 vezes às chaves seccionadoras convencionais, porém é mais econômico baseado no ciclo de vida na área salitrosa.

A rede protegida com espaçador que apresenta um desempenho excelente em locais com arborização, quando utilizados em regiões salinas chegam a ter um desempenho desastroso. Foram construídas redes protegidas na Avenida Garibaldi e Manuel Dias da Silva em Salvador, que com menos de 02 anos já apresentavam corrosão da camada de proteção do condutor e as amarrações dos condutores com visível trilhamento. Nessa situação foi padronizado que os condutores protegidos em áreas salitrosas deveriam ser instalados em cruzetas de madeira e com isolador de pedestal.



Figura 9 - Condutor protegido instalado na Avenida Manuel Dias da Silva
Nota: Elaboração própria.

A cruzeta padronizada para a região salina é a de madeira porque a cruzeta de concreto apesar de ser mais barata e com um desempenho excelente para as regiões rurais quando instaladas nas regiões salinas deterioram muito rapidamente e ocasionam desligamentos do sistema de distribuição. A cruzeta de concreto para ser utilizada em regiões salinas tem de ter um recobrimento maior do concreto da ferragem e com uma sílica especial no concreto. Nessa situação o seu peso e dimensões ficam incompatíveis para serem utilizados em postes.



Figura 10 - Cruzeta de madeira
Nota: Elaboração própria.

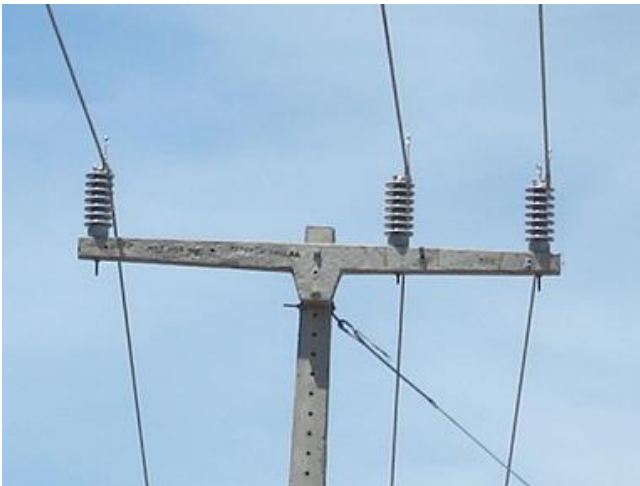


Figura 11 - Cruzeta de concreto
Nota: Elaboração própria.

A rede de distribuição de energia elétrica na tensão de 36 kV da Coelba quando foi utilizada na região de Porto de Sauípe, local com elevado índice de salinidade, apresentou desligamentos sucessivos e diários. Na região de Barreiras, local sem salinidade, a Coelba já tem instalado mais de 8 mil quilômetros de linha de distribuição em 36 Kv com o mesmo desempenho das redes de distribuição em 15 kV, demonstrando que existe uma necessidade de efetuar um estudo específico no padrão de 36 kV adequando-o a salinidade para garantir uma performance adequada.

3.4 POLUIÇÕES E O SEU EFEITO NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Na área de Periperi ocorre à concentração de partículas depositadas nos isoladores principalmente de vidro e porcelana que a cada 05 anos, caso não se tenha tomado alguma ação de manutenção, ocasionará o desligamento sucessivo da rede de distribuição como será demonstrado no capítulo 4.

Na região próxima a indústria de Alumínio Alcan em Camaçari, existe estruturas de concreto onde o cimento fica desagregando devido aos efeitos dos resíduos produzidos pelas indústrias da região. Nesse caso ao passar constantemente a mão ou uma chave de fenda no poste de concreto, constata-se que a areia está solta na superfície e pode-se facilmente produzir uma fissura no poste.

3.5 PROCESSO DE CONTAMINAÇÃO DOS ISOLADORES DE 15 KV

Os isoladores podem ser classificados como cerâmicos e não cerâmicos. Os cerâmicos são de porcelana ou de vidro. Os classificados como não cerâmicos são de materiais de silicone, EPDM (Borracha de Etineno-Propileno-Dieno), epóxi, polietileno e fibra aglomerada com resina.

Os processos que determinam o equilíbrio da contaminação das superfícies são: a deposição de novos materiais e a lavagem dos depósitos antigos. Quando o ar contendo partículas em suspensão flui através do isolador ou espaçador, a eficiência com a qual estes aprisionam partículas depende da sua forma geométrica, do tamanho e densidade das partículas e, ainda, da intensidade do fluxo de ar. O isolador força o fluxo a se dividir e forma pontos de estagnação onde partículas podem ser aprisionadas. O caso mais simples de aprisionamento é a deposição de partículas em pontos de estagnação.

O turbilhonamento gerado pelo fluxo de ar nas paredes do isolador pode provocar também depósitos de partículas. A retirada de partículas pelo fluxo de ar é auxiliada pela lavagem a água da chuva. O projeto das peças deve evitar a

formação de fluxo contínuo de água para evitar correntes de fuga de grande intensidade ou até ruptura.

3.6 TEORES DE CONTAMINAÇÃO

O dimensionamento de isoladores para áreas com alto grau de poluição é realizado em duas etapas, sendo, basicamente: i) pelo levantamento do grau de poluição do local; e, ii) pela determinação das características do isolamento.

A norma IEC 815 indica quatro patamares de contaminação definidos desde a contaminação de baixo teor até a contaminação de teor crítico, sendo esta última considerada para as áreas de moderada extensão sujeitas à condução por poeiras e a produção de fumaça de indústrias, depósitos condutivos, particularmente espessos, muito próximos à costa e expostas à maresia ou aos ventos marítimos de grande velocidade e poluídos.

A avaliação do grau de contaminação pode ser feita qualitativamente a partir de informações do desempenho dos isoladores de linhas e subestações, já operando no local e, “*in-situ*”. Neste último caso, podem-se utilizar as seguintes medidas: i) condutividade volumétrica do contaminante coletado por meio de medidor direcional; ii) densidade equivalente de depósito de sal na superfície do isolador (método ESDD); iii) número total de surtos elétricos superficiais “*flashover*” em isoladores de vários comprimentos; iv) condutividade superficial; e, v) corrente de fuga nos isoladores sujeitos à tensão nas linhas. O método de condutividade volumétrica não fornece informações diretas sobre a frequência e o grau de contaminação do local, sendo contrário ao método ESDD. O método do número total de *flashover* fornece informações confiáveis, somente, quando obtidas de isoladores com dimensões próximas aos utilizados em campo e que estão sujeitos a arcos de tensões próximas às tensões de operação.

Os dois últimos métodos necessitam de equipamentos para armazenar informações, sendo que os efeitos de contaminação devem ser monitorados continuamente, o que os torna com custos mais elevados.

Desempenho de isoladores em ambientes poluídos: testes efetuados sob chuva artificial com isoladores em borracha de silicone recobertos com uma camada de poluição artificial mostraram que os seus desempenhos dependeram da taxa de precipitação pluviométrica utilizada. (PORTELA, 2008, p. 340 - 348).

Sob chuva forte, a sua resistência superficial diminuiu nos primeiros instantes, mas tornou a aumentar, rapidamente, devido à lavagem da camada de contaminação. Sob chuva leve, a sua resistência superficial diminuiu mais lentamente e permaneceu baixa por muito mais tempo. Finalmente, sob névoa, obtiveram-se valores mais baixos e com tendência a permanecerem constantes. A tensão suportável dos isoladores aumentou de maneira correspondente ao aumento da resistência superficial, à medida que se elevou a taxa de precipitação da chuva, devido ao efeito da lavagem superficial. Sob névoa, observou-se que a tensão suportável dos isoladores de silicone foi, em média, 20% a 70% superior ao dos isoladores de porcelana e de vidro, quaisquer que fossem os teores de contaminação (MATSUOKA, 2002; SHAOWU, 1999; NAITO, 1996). Foi verificado inclusive que, mesmo quando a superfície do silicone se tornou hidrofílica, a tensão suportável do isolador ainda foi superior ao dos isoladores de porcelana e de vidro (SHAOWU, 1999).

Em testes efetuados sob chuva, porém, a suportabilidade dos isoladores de porcelana e de vidro foi igual a dos isoladores de silicone, devido à rápida lavagem da camada de poluição pela água da chuva (ISHIWARI, 1999), que pareceu ser mais eficiente no caso dos isoladores cerâmicos. Medidas do teor de poluição realizado por vários anos, mostraram haver, sempre, maior depósito de poluentes em isoladores de silicone em comparação aos isoladores de porcelana (MATSUOKA, 2002; SHAOWU, 1999; NAITO, 1996; DELGADO, 2000). Este resultado foi atribuído à superfície aderente dos isoladores de silicone, devido à existência de componentes de baixo peso molecular que migraram para a superfície do material.

Testes efetuados em ambiente externo mostraram que a resistência superficial de isoladores de porcelana caiu rapidamente quando a umidade relativa do ar atingiu, aproximadamente, 70%, ao passo que a resistência superficial de isoladores de silicone só começou a diminuir quando a umidade atingiu, aproximadamente, 80%. Aumentos na umidade relativa do ar ocorrem geralmente ao anoitecer, devido às quedas bruscas na temperatura ambiente. Ao amanhecer a

umidade relativa torna a diminuir, de forma que a resistência superficial dos isoladores aumenta proporcionalmente.

Medidas de corrente de fuga efetuadas em isoladores de silicone, porcelana e EPDM com distâncias de escoamento similares e em torno de 3700 mm, e outro de EPDM, aqui codificado como EPDM_2 com distância de escoamento de 2032 mm, todos permanentemente energizados com 130 kV RMS fase-terra, em campo de teste situado na região costeira da Suécia, entre os anos de 1988 a 1995, demonstraram que o número de picos de corrente foi sempre muito pequeno, em qualquer das faixas de valores mostradas. O isolador EPDM_2 com menor distância de escoamento dos demais, apresentou um número razoável de picos de corrente na faixa de 1 a 5 mA. O isolador de porcelana apresentou, comparativamente, o maior número de picos de corrente entre 1 e 5 mA, enquanto que, a amostra EPDM apresentou o maior número de picos de corrente entre 5 e 25 mA e acima de 25 mA (SÖRQVIST, 1996; VLASTÓS, 1994).

Para cada teor de poluição há uma distância de escoamento específica em mm/kV (fase - fase) a ser considerada, sendo maior para as tensões elétricas mais elevadas a que o dispositivo está solicitado. Assim, por exemplo, para um baixo teor de poluentes, 16 mm/kV é a distância mínima a ser considerada, passando para 31 mm/kV, quando o teor de poluentes é crítico (IEC 815, 1986).

Extensão da suportabilidade dos isoladores frente a contaminações ambientais (IEC 815, 1986):

Os problemas de poluição sobre os dispositivos isoladores não podem ser resolvidos, economicamente, só pela escolha do isolador, principalmente, em áreas de contaminação ambiental severa e com baixa precipitação pluviométrica, sendo que outros processos têm que ser utilizados, tais como: i) cobertura periódica com compostos na forma de graxas; ii) lavagem periódica com circuito energizado ou desenergizado (métodos já empregados pelo setor elétrico); e, iii) a limpeza manual com desenergização dos circuitos.

Os compostos utilizados para a cobertura da saia dos isoladores de distribuição são, principalmente, produtos derivados do silicone ou derivados de hidrocarbonetos. A espessura da camada depende da sua composição química, de suas propriedades físicas (viscosidade, material e quantidade de carga, entre outras) e do grau de poluição ambiental (taxas de sulfatação, salinidade e material particulado). Geralmente, para os compostos derivados de silicone a camada deve ter, em torno de 1 mm de espessura, devendo ser maior para os compostos

derivados de hidrocarbonetos. Mesmo assim, se faz necessária manutenção periódica com retirada da cobertura desgastada e reaplicações de materiais novos.

A frequência de limpeza e de recobertura dependem do grau de contaminação e das condições climáticas.

Lavagem. Dois métodos de lavagem vêm sendo utilizados na prática para remover a poluição: o uso de jatos fixos; e, o uso de jatos portáteis manualmente controlados. O emprego do jato fixo e automático é o método mais efetivo para minimizar o efeito da poluição, só que tem alto custo inicial de instalação, mas, baixo custo de manutenção.

Os equipamentos portáteis e controlados manualmente têm custo inicial baixo e um alto custo de manutenção. São necessários cuidados especiais quanto à segurança. A eficiência da lavagem depende do desenho do isolador.

Alguns materiais abrasivos vêm sendo utilizados com sucesso para a limpeza de isoladores tais como os resíduos de cortiça, porém, trazem como desvantagem a quantidade de material espalhado ou dispersado ao meio ambiente se não forem utilizadas cabines para confinamento do resíduo durante a operação ou serviço. (NATURLINK, 2009).

Os principais processos de transporte e deposição de materiais para as superfícies dos isoladores e outros acessórios da rede elétrica são decorrentes de forças gravitacionais, atração eletrostática das partículas eletricamente carregadas, migração de partículas de alta permissividade para regiões de alta divergência de campo elétrico, evaporação de soluções ou suspensões e, os aprisionamentos aerodinâmicos das mesmas. Estes últimos estão relacionados à forma geométrica, ao tamanho e à densidade das partículas e, ainda, à intensidade do fluxo de ar. O isolador faz com que o fluxo de ar se divida, formando pontos de estagnação onde as partículas podem ser aprisionadas. A retirada destas partículas depositadas pelo fluxo de ar é auxiliada, na maioria das vezes, pela lavagem com a água da chuva.

Neste caso, o projeto dos dispositivos isoladores deve evitar a formação de fluxo contínuo de água para evitar correntes elétricas de fuga de grande intensidade ou mesmo a ruptura do dielétrico.

3.7 DESCARGAS SUPERFICIAIS E TRILHAMENTO ELÉTRICOS EM ISOLADORES

As descargas superficiais ocorrem, normalmente, entre o eletrodo e parte da superfície do sistema isolante. Quando o campo elétrico paralelo à superfície excede determinado valor crítico, devido a alterações na condutividade da mesma, inicia-se o processo de descargas elétricas superficiais. Este processo dá início à formação do trilhamento elétrico no dispositivo isolador, que se propaga ao longo da direção do campo.

A ocorrência do fenômeno do trilhamento elétrico até a ruptura do dielétrico, quando a superfície está em condição úmida, pode ser descrita como segue (PORTELA, 2008, p. 340-348):

i) contaminação e umedecimento da superfície do material, formando uma camada condutora com baixa resistência superficial; ii) passagem de corrente elétrica superficial com alta dissipação de calor e perda não-uniforme da solução da camada condutora, favorecendo a formação das bandas secas; iii) interrupção do fluxo de corrente elétrica superficial devido à presença da banda seca, com concentração de tensão elétrica pela banda seca e descargas superficiais; iv) elevação da temperatura pelas descargas superficiais no isolante, causando a formação de resíduos que geram a gradual erosão; v) propagação da trilha de resíduo de carbono; e, vi) a ruptura completa da superfície do material isolante de maneira que o volume restante é incapaz de apresentar resistência à tensão elétrica aplicada.

Distância de arco (IEC 815, 1986):

Com os isoladores úmidos partes das superfícies podem não apresentar resistência de isolamento. Nestas condições a distância total de arco dos isoladores deve ser considerada pela soma das menores distâncias do final da saia superior até as saias subseqüentes e mais a distância do final da última saia até o pino. Com o isolador limpo e seco as suas superfícies possuem resistência de isolamento plena e a distância de arco deve ser tomada como a menor distância entre o condutor e o pino.

3.8 ESTUDO DE CASO

Como estudo de caso foram consideradas a subestação de energia elétrica SE_Paripe e a rede de distribuição (RD) localizada em seus arredores até 2 km², na Baía de Aratu, região metropolitana de Salvador - RMS.



Figura 12 – Dados cartográficos
Fonte: Google (2009).

3.8.1 Investigação dos poluentes

Os poluentes depositados na superfície dos isoladores (material particulado, MP₁) foram retirados com auxílio de ferramentas manuais, com posterior desagregação e homogeneização na forma de pó em almofariz.

Para a análise do material particulado em suspensão no ar atmosférico na SE_Paripe (MP₂) foi utilizado um amostrador de partículas portátil, destinado a medir a concentração de partículas em suspensão no ar, segundo recomendações da norma ABNT NBR 9547. Também, foram coletados resíduos de minérios que são periodicamente descarregados na baía de Aratu, devido a sua semelhança com os materiais particulados em suspensão e depositados sobre os isoladores da região da SE_Paripe. Este material foi codificado como MP₃.

A investigação dos poluentes, MP₁, MP₂ e MP₃, foram baseadas em: i) técnicas espectroscópicas, por microsonda analítica por energia dispersiva de raios X, instalada no microscópio eletrônico de varredura, objetivando uma análise

química elementar do depósito; ii) difração de raios X, para identificação das fases químicas presentes; iii) levantamentos qualitativos do depósito, como as suas características físicas; e, iv) nas medidas das quantidades de poluentes ambientais do local, por intermédio da aplicação de técnicas para o conhecimento da taxa de salinidade e sulfatação e do material particulado em suspensão.

Propriedade ferromagnética: a análise do material, na forma de pó, foi efetuada com auxílio de um ímã usual para certificar a sua característica ferromagnética. Também, foi investigada a aderência do material às saias dos isoladores, por intermédio de ferramentas manuais, sendo considerado um grau qualitativo de aderência.

Composição química: a composição química elementar do pó foi realizada a partir da técnica de microanálise por energia dispersiva de raios X (EDS), em equipamento de marca EDAX, acoplado a um microscópio eletrônico de varredura, Philips, modelo XL 30.

As fases cristalinas presentes nas amostras de pó foram obtidas por intermédio da difratometria de raios X. Um equipamento da marca Philips, modelo X'Pert MPD, foi utilizado para a medida. Os parâmetros de análise utilizados foram: radiação CuK- α , com comprimento de onda de 1,54184 Å; tensão de 40 kV; corrente de 40 mA; varredura 2θ entre 15° e 90°; tamanho do passo de 0,020°; tempo do passo de 1 segundo; velocidade de varredura de 0,020°/s.

As distribuições granulométricas dos tamanhos médios das partículas dos pós MP_1 e MP_3 foram obtidas a partir da dispersão das mesmas em solução aquosa, sem agente dispersivo, em granulômetro a laser, marca CILAS, modelo 1024.

Investigação dos poluentes atmosféricos locais: para a determinação da salinidade e da taxa de sulfatação, representadas pelo íon cloreto e pelo dióxido de enxofre, presentes no ar atmosférico local, foram utilizados os métodos recomendados pela ABNT NBR 6211 e ABNT NBR 6921, respectivamente. Na Figura 13, mostra-se a foto dos coletores instalados na SE_Paripe, na altura dos isoladores trabalhados.

Análise de poluentes nos isoladores instalados na RD: as amostras de isoladores foram retiradas periodicamente, em pontos localizados, sendo substituídos por novos, também identificados para análises programadas. Os locais de retirada foram escolhidos em função da frequência de falhas da rede, sendo

provenientes desde a orla da baía de Aratu até a SE_Paripe e em pontos estratégicos localizados na região industrial da RMS.

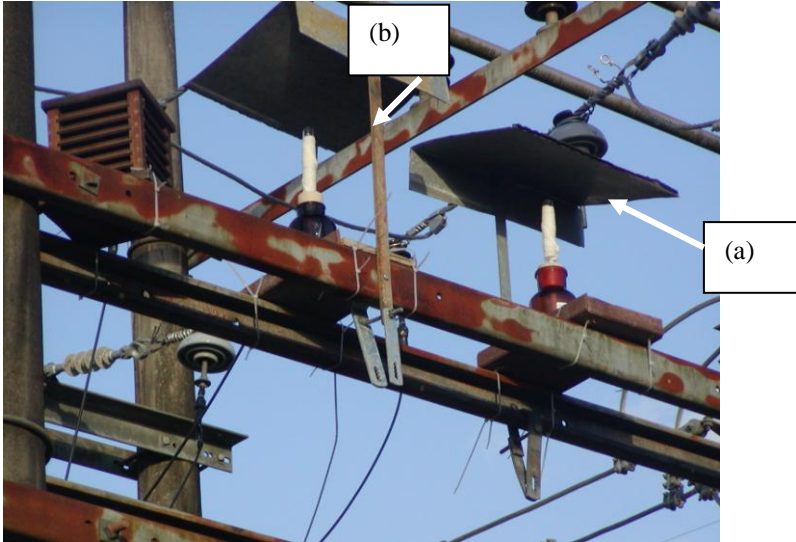


Figura 13 - Registro fotográfico dos coletores instalados na SE_Paripe: a) de cloretos; e, b) o coletor de sulfato (instalado no interior da caixa de madeira em treliça)
Fonte: Portela (2008).

Coleta de dados atmosféricos na SE_Paripe: para a coleta de dados atmosféricos: temperatura, direção e velocidade dos ventos, umidade, pressão, precipitação e ponto de orvalho, foi utilizado o sistema de aquisição de dados meteorológicos *Eletronic Weather Station – HUNGER*, e o software *Skyview systems Weather View*.

Medidas de resistência de isolamento em isoladores: Para a verificação do efeito dos poluentes depositados sobre a superfície dos isoladores foram feitos estudos de algumas propriedades elétricas dos mesmos, tais como a resistência de isolamento, a corrente de fuga em função do tempo e a descarga parcial.

As medidas de resistência de isolamento foram efetuadas conforme o arranjo experimental mostrado na Figura 14. O equipamento utilizado para as medidas foi um medidor de altas resistências marca Hewlett Packard, modelo 4339A e os testes realizados em ambiente controlado, na temperatura média de $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, umidade relativa de $(60 \pm 2)\%$ e com a amostra inserida em gaiola de Faraday para evitar interferências eletromagnéticas. Foi aplicada tensão de 500 V DC, durante 60 s. Terminado o período de aplicação de tensão a leitura foi efetuada e registrada. O objetivo desta medida foi o de verificar alterações na resistência de isolamento do dispositivo isolador com os poluentes aderidos na sua superfície.



Figura 14 - Arranjo experimental utilizado para as medidas de resistência de isolamento em isoladores. Foto ilustrando a montagem dos eletrodos entre a cabeça do isolador e o pino de sustentação

Fonte: Portela (2008).

Para as medidas da corrente de fuga e da descarga parcial nos isoladores submetidos à poluição atmosférica local foi disponibilizada a área e o barramento do alimentador 01Y1 da respectiva SE, demonstrados, esquematicamente e por foto, nas Figuras 15 e 16. Foram avaliados os desempenhos dos isoladores de porcelana, vidro e híbrido (capa de silicone), quanto a corrente de fuga e a descarga parcial e em função do tempo de exposição aos poluentes atmosféricos *in-situ*. Todo o circuito foi protegido por chave-fusível independente para permitir alterações, montagens e desmontagens a qualquer tempo e de forma a não afetar o fornecimento de energia aos consumidores da concessionária por quaisquer motivos particulares de falhas no local.

As atividades de planejamento, registro, coleta, armazenamento e envio de dados, foram elaboradas por intermédio de um sistema automatizado, conforme desenho esquemático mostrado nas Figuras 17 e 18. O isolador, sendo energizado tal como na linha de RD, contém no seu pino de sustentação um cabo coaxial conectado a um circuito de proteção de eventos elétricos disruptivos e a um sistema de medições de correntes de fuga e descargas parciais que venham a ocorrer com o tempo de exposição ao meio. O sistema de medição com os devidos sinais separados em um padrão de corrente de 4 a 20 mA é conectado a uma placa de aquisição de dados interligada a um computador industrial, no qual são armazenadas as devidas grandezas medidas. Estas são manipuladas e apresentadas na forma gráfica no próprio computador, que contém acesso dos dados à distância (via remota) pela internet por um modem celular. No computador

industrial também se encontra conectada a estação meteorológica, cujos parâmetros medidos são armazenados e apresentados, também, nas suas formas gráficas. Todo o sistema de captura dos dados em campo foi desenhado e construído de forma a analisar, simultaneamente, até 8 unidades de isoladores energizados, bem como os parâmetros das condições atmosféricas locais (velocidade e direção dos ventos; pressão; umidade; índice de orvalho; índice de precipitação pluviométrica; e, temperatura ambiente).

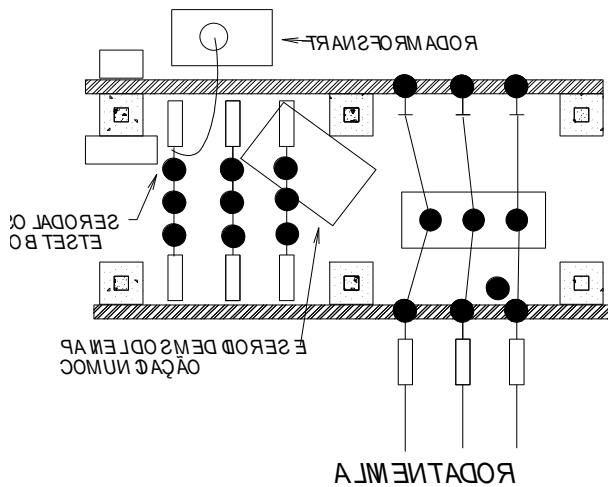


Figura 15 - Diagrama unifilar do monitoramento da corrente de fuga e de descargas parciais dos isoladores na SE_Paripe
Fonte: Portela (2008).



Figura 16 - Vista inferior da instalação
Fonte: Portela (2008).

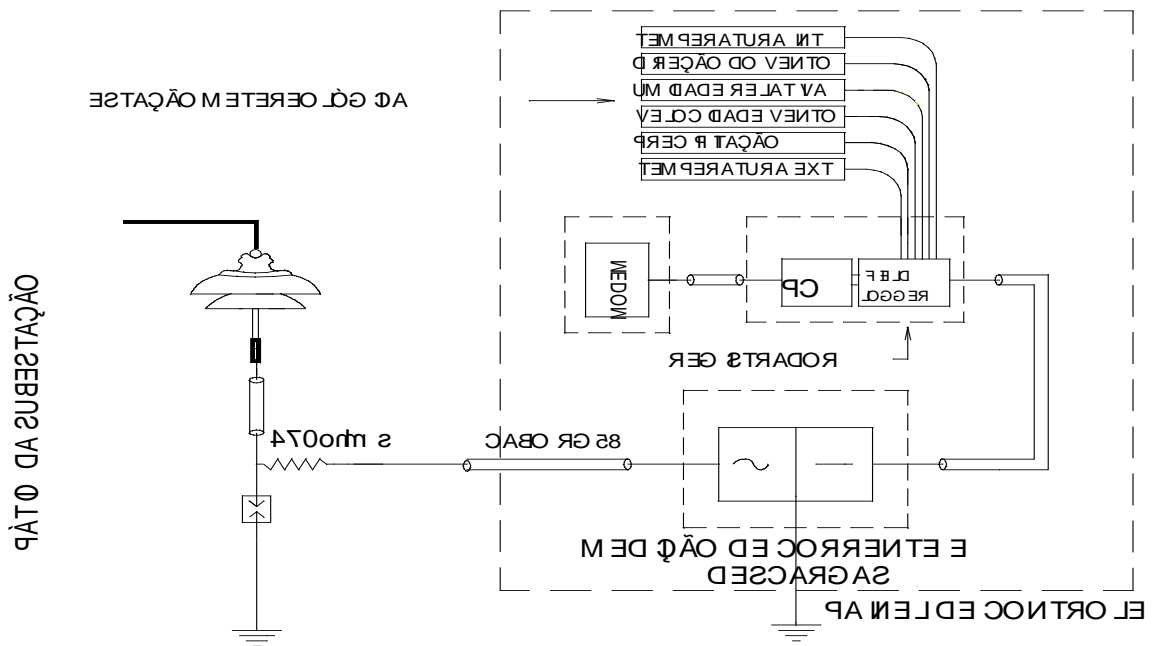


Figura 17 - Processo de análise dos valores de pico da corrente de fuga e registro de dados meteorológicos
 Fonte: Portela (2008).

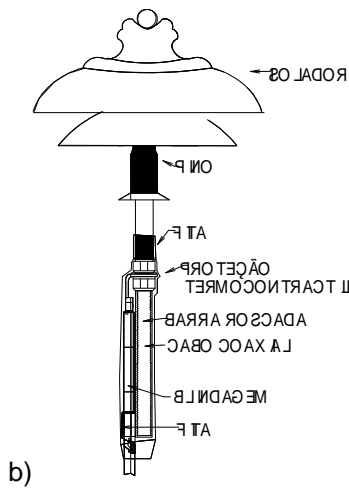
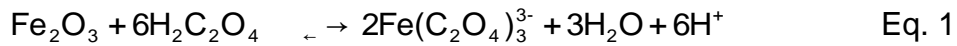


Figura 18 - Detalhe das conexões nos isoladores
 Fonte: Portela (2008).

Limpeza de isoladores: os isoladores cobertos com poluição foram submetidos a testes preliminares de limpeza química em laboratório com ácido oxálico e com outro removedor de ferrugem comercial, codificado como RFC.

Ácido oxálico (H₂C₂O₄): o ácido oxálico é um dos produtos convenientemente utilizados para a limpeza de poluentes, principalmente, se o depósito é à base de óxido de ferro (ALSNETBIZ, 2008).

A dissolução ocorre segundo a reação química apresentada na Eq. 1.



O ácido oxálico na sua forma pura apresenta-se na forma de sólido para os testes executados, foi preparada solução a 50 g/l em água deionizada.

Para certificar uma possível avaria ou falha elétrica proveniente deste procedimento, um isolador foi pendurado dentro de uma câmara de intemperismo, com o intuito de se medir a corrente de fuga quando a solução de ácido oxálico fosse aplicada. A aplicação da solução foi efetuada com o auxílio de um borrifador manual, regulado para produzir um esguicho ao invés de névoa. Após a aplicação, aguardou-se cerca de 1800 s antes de se efetuar lavagem do isolador com água de torneira. A lavagem foi realizada mediante jateamento com água, utilizando-se uma mangueira de polietileno. Também, foi adotada, nos casos onde foram observados resíduos remanescentes, a limpeza posterior na forma manual, com esponja e enxágüe.

O RFC, um produto comercial indicado para remover ferrugem de substratos ferrosos, na sua forma líquida, foi utilizado para a verificação da sua eficácia na retirada de materiais poluentes aderidos às saias e ferragens dos isoladores da RD. Seguiram-se os mesmos procedimentos de limpeza posterior, indicados para o ácido oxálico.

Recobrimento de isolador de vidro com borracha de silicone: borrachas de silicone vulcanizadas à temperatura ambiente foram aplicadas em isoladores de vidro e porcelana como forma de reduzir sua molhabilidade e a corrente de fuga superficial, suprimindo as descargas disruptivas. A vantagem da borracha de silicone é que esta apresenta, também, a propriedade de recuperar sua hidrofobicidade (capacidade de repelir água) após a contaminação com material iônico ou particulado.

O material trabalhado apresenta-se na forma líquida e pode ser aplicado por pistola, pincel ou por imersão. O respectivo teste foi efetuado com pincel em três camadas consecutivas aplicadas, com intervalo de, aproximadamente, 1800 s entre demãos. Uma semana após a aplicação, uma pequena porção da cobertura de

alguns isoladores testados foi arrancada, permitindo, com auxílio de um paquímetro, a determinação das espessuras das camadas obtidas de, aproximadamente, 200 μm . Prevendo-se que, na região da cabeça do isolador, os esforços mecânicos de compressão e atrito, gerados pelo cabo condutor e pela amarração metálica, poderiam causar danos à borracha, esta região não foi recoberta.

Identificação e descrição dos isoladores estudados: os isoladores estudados foram escolhidos em função da sua quantidade em uso pela concessionária e pela frequência de problemas detectados. Os dados técnicos apresentados são provenientes das informações de catálogos dos respectivos fabricantes.

Isolador de pino, tipo S57: este isolador foi montado na posição 1 do barramento, sendo de porcelana marrom, envelhecido naturalmente em campo, conforme ilustrado no Quadro 3, com suas características técnicas no estado novo.

Na posição 2 do barramento, foi montado isolador de pino, tipo 5058 (2005), novo, de porcelana cinza, cujas características, encontram-se apresentadas no Quadro 4.


Isolador de pino híbrido, tipo 5331: um isolador novo com sua especificação técnica mostrada no Quadro 5, foi montado na posição 3 do barramento.

Isolador de vidro, tipo pino VFO85, foram montados nas posições 4 e 5 do barramento, na condição de envelhecidos e poluídos. Suas características técnicas estão apresentadas no Quadro 6, no estado novo.


Um isolador de vidro, tipo pino, novo e revestido com borracha de silicone, foi montado na posição 6 do barramento. Os seus dados técnicos estão apresentados no Quadro 7.

Na posição 7 do barramento, foi montado isolador de pino, tipo 5058 (2005), novo, de porcelana cinza, revestido com borracha de silicone, conforme ilustrado no Quadro 8 com suas características técnicas, no estado novo e sem revestimento.


Um isolador pilar novo, PL-11253 (ANSI 57-2) foi montado na posição 8 do barramento, sendo de porcelana cinza. Sua especificação técnica está apresentada no Quadro 9, com suas características geométricas.

Características do isolador		Valores de referência
	Tensão nominal, kV	15
	Distância de escoamento, mm	230
	Distância de arco úmido, mm	--
	Distância de arco a seco, mm	145
	Tensão suportável a seco, kV	60
	Tensão suportável sob chuva, kV	34
	Perfuração sob óleo	95
Tensão crítica de impulso (1,2 x 50) μ s	Positiva, kV	115
	Negativa, kV	140
Tensão disruptiva à frequência industrial	Seco, kV	70
	Sob chuva, kV	45
Rádio interferência, RI, (1000 kHz)	Tensão de ensaio, kV	10
	TRI, máx. tratado, μ V	5500
	TRI, máx. normal, μ V	--


Quadro 3 - Isolador de porcelana, tipo pino S57, marrom, envelhecido naturalmente
Nota: Elaboração própria

Características do isolador		Valores de referência
	Tensão nominal, kV	15/25
	Distância de escoamento, mm	360
	Distância de arco úmido, mm	--
	Distância de arco a seco, mm	159
	Ruptura à flexão, kN	13,6
	Perfuração sob óleo	115
	Tensão crítica de impulso (1,2 x 50) μ s	Positiva, kV
Negativa, kV		170
Tensão disruptiva à frequência industrial	Seco, kV	85
	Sob chuva, kV	45
Rádio interferência, RI, (1000 kHz)	Tensão de ensaio, kV	15
	TRI, máx. tratado, μ V	100
	TRI, máx. normal, μ V	8000

Quadro 4 - Isolador de porcelana, tipo 5058, novo, na cor cinza
Nota: Elaboração própria.

Características do isolador		Valores de referência
	Tensão nominal, kV	15
	Distância de escoamento, mm	500
	Distância de arco úmido, mm	--
	Distância de arco a seco, mm	145
	Tensão suportável à seco, kV	--
	Tensão suportável sob chuva, kV	34
	Perfuração sob óleo	--
Tensão crítica de impulso (1,2 x 50 µs)	Positiva, kV	--
	Negativa, kV	--
Tensão disruptiva à frequência industrial	Seco, kV	75
	Sob chuva, kV	--
Rádio interferência, RI, (1000 kHz)	Tensão de ensaio, kV	--
	TRI, máx. tratado, µV	--
	TRI, máx. normal, µV	--


Quadro 5 - Isolador tipo pino 5331, híbrido, novo
Nota: Elaboração própria.

Características do isolador		Valores de referência
	Tensão nominal, kV	15/25
	Distância de escoamento, mm	360
	Distância de arco úmido, mm	98
	Distância de arco a seco, mm	154
	Ruptura à flexão, kN	--
	Perfuração sob óleo	--
Tensão crítica de impulso (1,2 x 50) µs	Positiva, kV	--
	Negativa, kV	--
Tensão disruptiva à frequência industrial	Seco, kV	--
	Sob chuva, kV	--
Rádio interferência, RI, (1000 kHz)	Tensão de ensaio, kV	--
	TRI, máx. tratado, µV	--
	TRI, máx. normal, µV	--


Quadro 6 - Isolador de vidro, tipo pino VFO85, envelhecido naturalmente no campo
Nota: Elaboração própria.

Características do isolador		Valores de referência
	Tensão nominal, kV	15
	Distância de escoamento, mm	230
	Distância de arco úmido, mm	--
	Distância de arco a seco, mm	145
	Ruptura à flexão, kN	--
	Perfuração sob óleo	--
Tensão crítica de impulso (1,2 x 50 µs)	Positiva, kV	--
	Negativa, kV	--
Tensão disruptiva à frequência industrial	Seco, kV	--
	Sob chuva, kV	--
Rádio interferência, RI, (1000 kHz)	Tensão de ensaio, kV	--
	TRI, máx. tratado, µV	--
	TRI, máx. normal, µV	--

Quadro 7 - Isolador de vidro, tipo pino, revestido com borracha tipo silicone
Nota: Elaboração própria.

Características do isolador sem revestimento e novo		Valores de referência
	Tensão nominal, kV	15/25
	Distância de escoamento, mm	360
	Distância de arco úmido, mm	--
	Distância de arco a seco, mm	159
	Ruptura à flexão, kN	13,6
	Perfuração sob óleo	115
Tensão crítica de impulso (1,2 x 50 µs)	Positiva, kV	140
	Negativa, kV	170
Tensão disruptiva à frequência industrial	Seco, kV	85
	Sob chuva, kV	45
Rádio interferência, RI, (1000 kHz)	Tensão de ensaio, kV	15
	TRI, máx. tratado, µV	100
	TRI, máx. normal, µV	8000

Quadro 8 - Isolador de porcelana, tipo 5058, novo, na cor cinza, revestido com borracha de silicone
Nota: Elaboração própria.

Características do isolador		Valores de referência
	Tensão nominal, kV	25/35
	Distância de escoamento, mm	559
	Distância de arco úmido, mm	--
	Distância de arco a seco, mm	241
	Ruptura à flexão, kN	12,5
	Impulso atmosférico (1,2 x 50) μ s, kV	150
Tensão crítica de impulso (1,2 x 50) μ s	Positiva, kV	180
	Negativa, kV	205
Tensão disruptiva à frequência industrial	Seco, kV	110
	Sob chuva, kV	85
Rádio interferência, RI, (1000 kHz)	Tensão de ensaio, kV	22
	TRI, máx. tratado, μ V	100
	TRI, máx. normal, μ V	--

Quadro 9 - Isolador de porcelana, tipo pilar, novo, na cor cinza
Nota: Elaboração própria.

3.8.2 Resultados e Discussão

Na Figura 19, está mostrado um dos isoladores retirados da RD por motivo de falhas elétricas e com deposição de sujidades nas suas saias, MP_1.

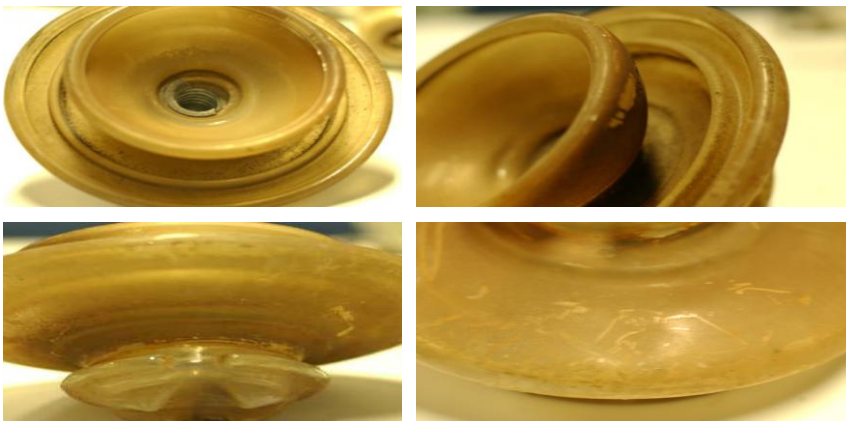


Figura 19 - Vistas superiores e inferiores dos isoladores com depósito de sujidades em sua superfície
Fonte: Portela (2008).

O MP_1 tem cor marrom avermelhada e está fortemente aderido à superfície do vidro, não sendo retirado facilmente com auxílio de ferramentas metálicas

manuais, por raspagem. Tem aspecto e cor similar ao do MP_3 que vem sendo descarregado e transportado na região da baía de Aratu.

Os materiais particulados (MP_1, 2 e 3) foram analisados comparativamente por EDS, distribuição granulométrica, propriedades ferromagnéticas e difratometria de raios X, e apresentaram os resultados listados na seqüência.

Propriedade ferromagnética. Os resultados da análise para a avaliação da propriedade ferromagnética dos pós das amostras MP_1, 2 e 3, foram positivos, conforme exemplo mostrado na Figura 20. As amostras são ferromagnéticas (o pó acompanhou a movimentação do imã pela superfície do frasco de vidro).

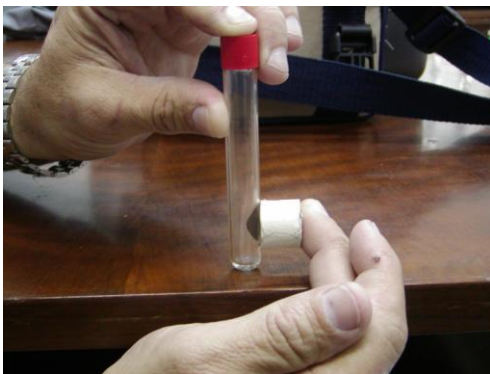


Figura 20 - Imagem do teste da propriedade ferromagnética do pó retirado da saia dos isoladores da SE_Paripe. Resultado positivo
Fonte: Portela (2008).

Análise elementar e composição química: todas as amostras de material particulado contêm, tipicamente: ferro, sílica, oxigênio e alumínio (em maiores proporções em peso) e outros componentes em menor quantidade, conforme resultados listados na Tabela 1. O MP_3, apresentou, adicionalmente, o manganês em 12,9%, o que se justifica pelo fato de haver descarregamentos periódicos de minérios de diferentes jazidas no local. Na amostra MP_2 foram encontrados o sódio, e outros componentes químicos provenientes do papel de filtro de impregnação. Apesar da similaridade nos resultados, não se pode atribuir que o material depositado sobre os isoladores são provenientes única e exclusivamente do minério depositado e transportado a partir da baía de Aratu.

Tabela 1 - Composições químicas (% p/p) das amostras de pó: MP_1, MP_2 e MP_3, obtidas por EDS.

Elemento	Amostra MP_1 (% p/p)	Amostra MP_2 (% p/p)	Amostra MP_3 (% p/p)
Fe	57,10	8,37	51,81

Elemento	Amostra MP_1 (% p/p)	Amostra MP_2 (% p/p)	Amostra MP_3 (% p/p)
O	24,95	32,27	23,13
Al	12,05	6,48	7,24
Mn	*	-	12,9
Si	4,38	29,95	3,50
S	0,67	-	*
P	0,53	-	0,18
C	0,31	0,72	0,17
Ti	*	1,14	0,70
K	*	2,40	0,35
Na	*	11,67	*
Ca	*	5,38	*
Outros	0,01	1,62	0,02

Fonte: Portela (2008).

Nota: *, refere-se a uma concentração abaixo do limite de detecção do EDS ou ausente.

Pela difratometria de raios X foram obtidos os difratogramas apresentados na Figura 21, provenientes dos pós de materiais particulados (Pó_filtro de ar, correspondente ao MP_2), do minério (Pó_minério= MP_3) e dos depósitos superficiais aos isoladores (Pó-saia do isolador, MP_1). Verificou-se a similaridade entre o MP_2 e as sujidades depositadas ao longo do tempo nas saias dos isoladores MP_1. O MP_3 apresentou fases adicionais a ambos, o que confirma a análise química elementar mostrada na Tabela 1. Também, pelo estudo comparativo no banco de dados do *Joint Committee on Powder Diffraction Standard*, JCPDS, pode-se concluir pela presença de sais de ferro (magnetita), sílica e materiais argiláceos, todos em maior proporção quantitativa nas amostras analisadas. Tais resultados corroboram com o efeito ferromagnético observado qualitativamente, principalmente quanto à identificação da magnetita.

Medida da distribuição do tamanho médio das partículas do pó: as distribuições do tamanho médio das partículas do pó MP_1 e do pó de minério MP_3 podem ser visualizadas nas Figuras 22 e 23. A granulometria dos dois materiais diferencia-se em dois aspectos: a distribuição de tamanho de partículas que é mais heterogênea no MP_3, tendo em vista a larga curva de distribuição obtida; e, também para esta, no diâmetro médio de partícula menor (14 μ m) do que o da MP_1 de 78 μ m. Neste último valor, pode ter havido aglomeração das partículas em virtude do efeito conjugado da eletricidade com o calor e umidade ambientes, sendo difícil

de desagregar sem um processo mecânico intenso e preliminar à análise. A amostra MP_2 não foi analisada por este método pela dificuldade de desaglomeração e retirada do papel de filtro.

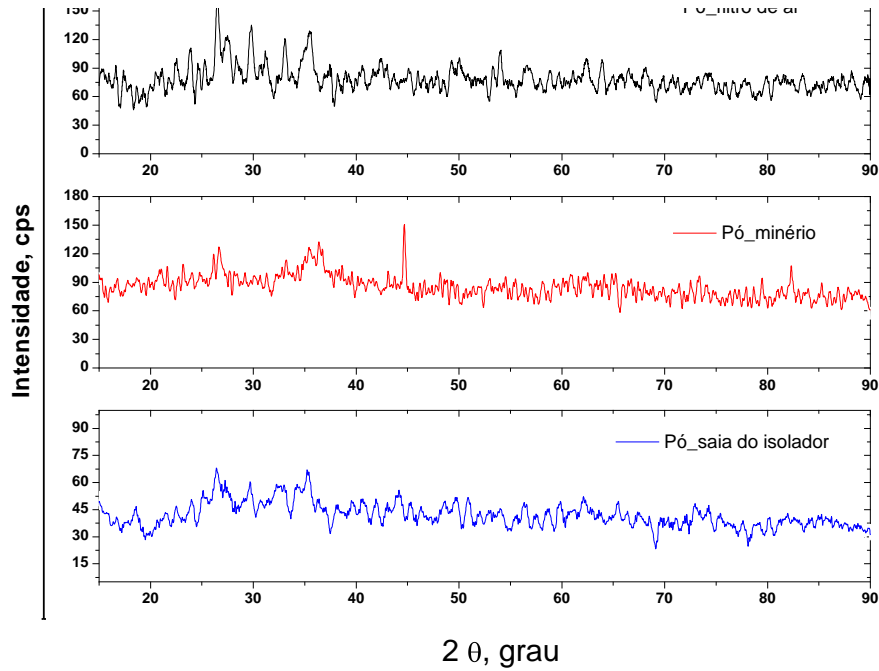


Figura 21 - Difratomogramas de raios X: a) Pó_saia do isolador, MP_1; b) Pó_minério, MP_3; e, c) Pó_filtro de ar, MP_2
Fonte: Portela (2008).

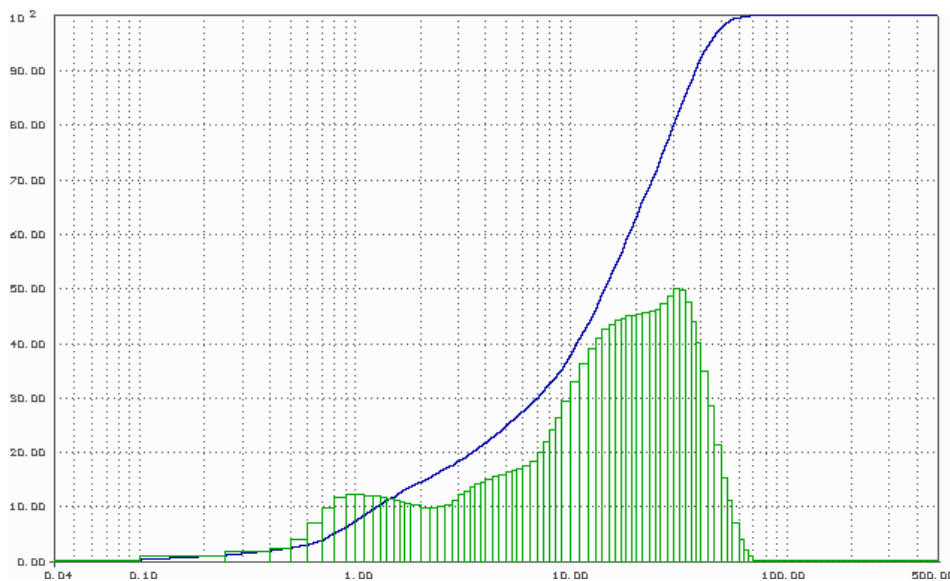


Figura 22 - Curva de distribuição granulométrica do MP_3
Fonte: Portela (2008).

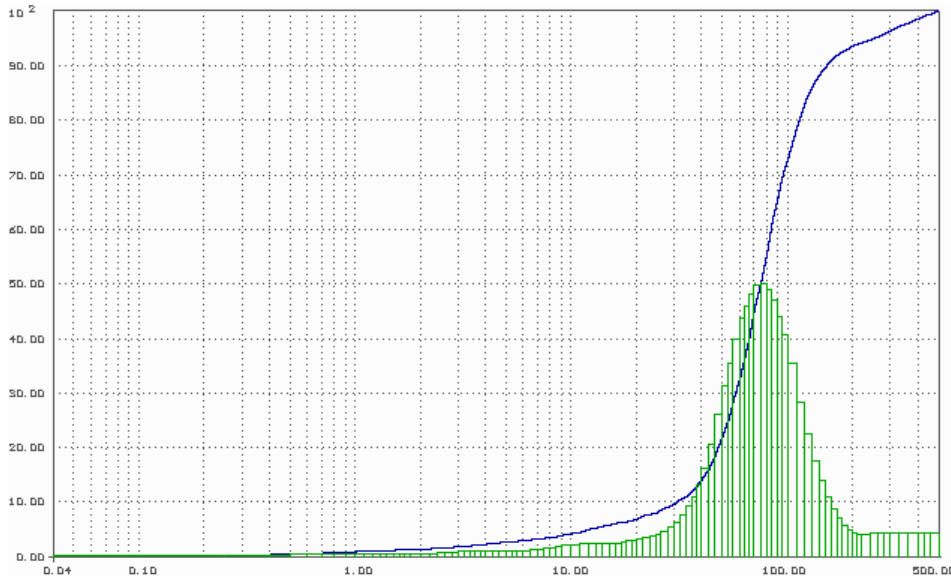


Figura 23 - Curva de distribuição granulométrica do MP_1 (nas saias dos isoladores)
Fonte: Portela (2008).

Pelas características físico-químicas dos pós MP_1, MP_2 e MP_3 pode-se concluir que estes materiais particulados têm similaridade, principalmente, devido à magnetita identificada pela difração de raios X.

Medidas da resistência de isolamento dos isoladores com e sem poluição aderida: os resultados obtidos nos diversos isoladores testados em laboratório indicaram redução em até 3 ordens de grandeza, pela presença de depósitos de poluentes, principalmente, quando úmidos, como foi o caso para os isoladores de vidro, cuja resistência de isolamento no estado limpo ou novo foi de $2 \times 10^{11} \Omega$, passando para $2 \times 10^{10} \Omega$ com o poluente seco e $3 \times 10^9 \Omega$, após a umidificação artificial em laboratório.

Medidas da efetividade do processo de limpeza dos isoladores pela corrente de fuga: Os processos de limpeza efetuados na remoção das sujidades foram efetivos, principalmente, após utilizar o RFC. Pode-se observar na Figura 24 que houve redução na corrente de fuga nos isoladores limpos com RFC. As respostas em corrente de fuga foram similares aos isoladores novos testados, ou seja, o processo de limpeza foi efetivo e deverá postergar a substituição dos mesmos, diminuindo-se, assim, os custos de manutenção da RD. Fotos mostrando a efetividade do processo de limpeza dos isoladores podem ser visualizadas na Figura 25, sendo: i) o isolador como retirado da RD; ii) após uma primeira lavagem; e, iii) depois da 2ª e última lavagem com procedimento manual de limpeza.

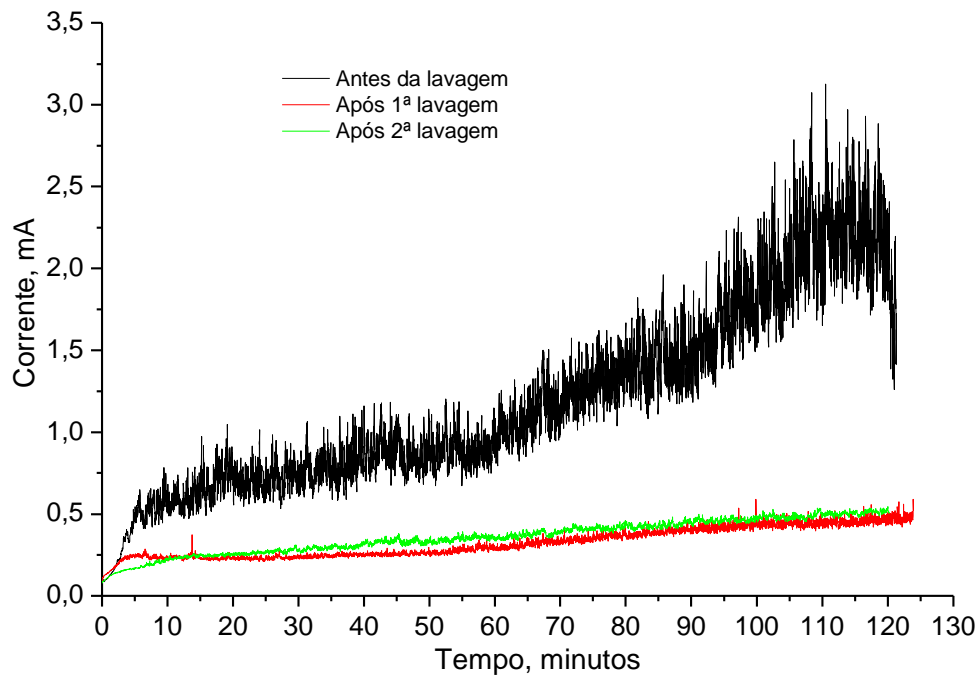


Figura 24 - Correntes de fuga. a) do isolador como retirado da RD; b) após uma primeira lavagem; e, c) após segunda lavagem com procedimento manual para a retirada das sujidades depositadas
Fonte: Portela (2008).



Figura 25 - Isolador de vidro. a) como retirado da RD; b) após uma primeira lavagem; e, c) após segunda lavagem com procedimento manual para a retirada das sujidades depositadas
Fonte: Portela (2008).

O uso do ácido oxálico como agente de limpeza química dos isoladores pareceu ser limitado por três razões: 1) toxidez, quando ingerido ou inalado; 2)

altamente corrosivo; e, 3) por produzir corrente de fuga maior que o do RFC, inviabilizando o processo de limpeza em linha viva.

Medida da corrente de fuga nos isoladores instalados no barramento da SE_Paripe: nas Figuras 26 e 27 estão mostrados exemplos de gráficos da corrente de fuga dos isoladores instalados na SE_Paripe, correspondentes ao mês de janeiro de 2007.

Observa-se que os pontos de máximo correspondem ao período da madrugada, quando a umidade relativa do ar atinge valores próximos de 90%. Entre 6 e 7 horas da manhã, aproximadamente, começa a ocorrer secagem superficial dos isoladores, pela ação do sol, de forma que a corrente cai rapidamente a partir deste período. Estes valores estão condizentes com o período de maior umidade relativa registrada no período.

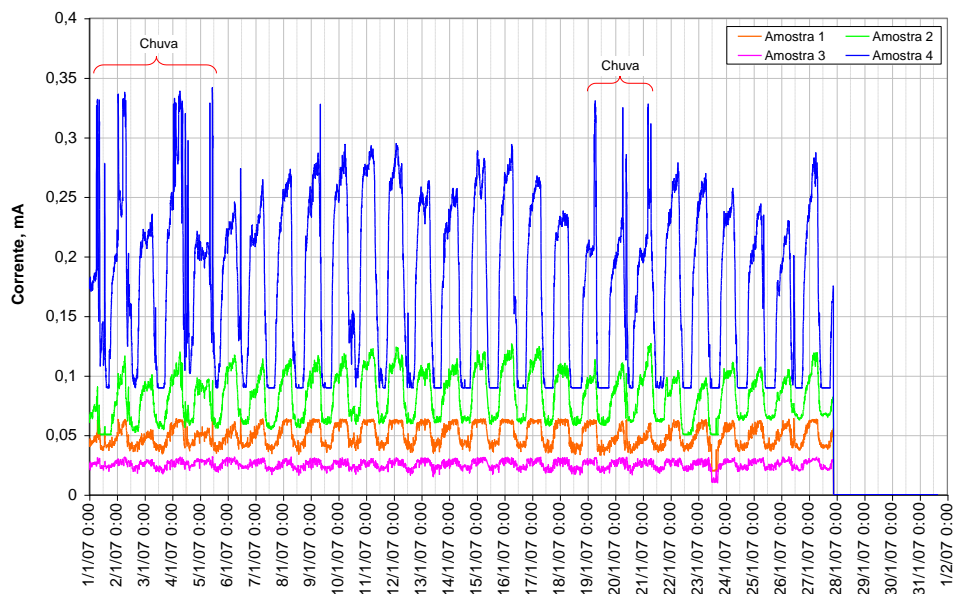


Figura 26 - Correntes de fuga de 04 isoladores submetidos a testes elétricos no barramento da SE_Paripe, Ba – amostra 1 a 4

Fonte: Portela (2008)

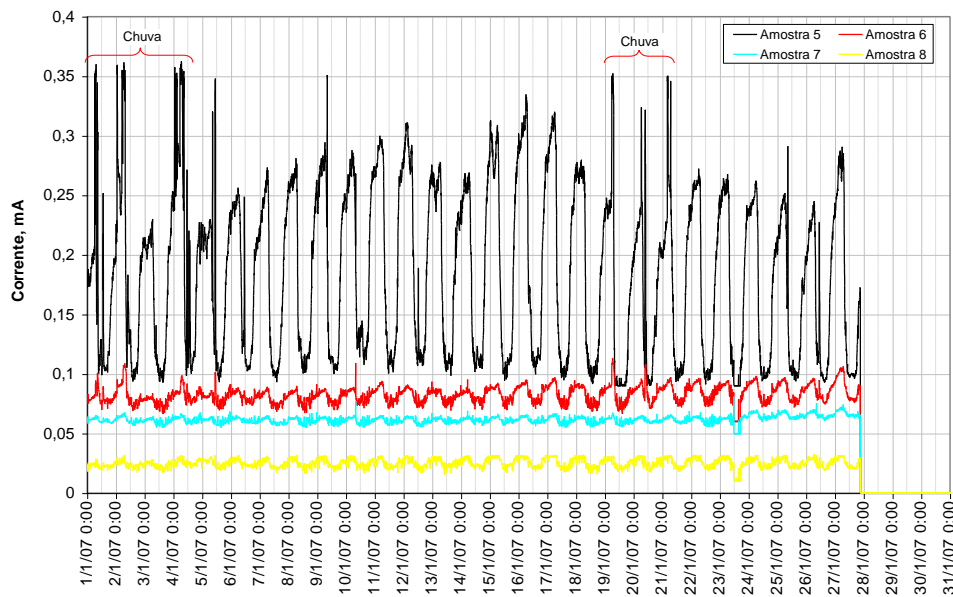


Figura 27 - Correntes de fuga de 4 isoladores submetidos a testes elétricos no barramento da SE_Paripe, Ba – amostra 5 a 8
Fonte: Portela (2008)

Conforme visualizado na própria figura, os maiores valores de corrente de fuga foram observados para as amostras 4 e 5, que são os isoladores de vidro com material poluente aderido ou envelhecidos naturalmente no local. As posições relativas das curvas de corrente versus tempo, para as diversas amostras, são as mesmas daquelas observadas em períodos anteriores. Também, devido a um período de chuvas registrado no local pelo sistema de coleta de dados meteorológicos, entre os dias 1 e 5 e 19 e 20 de janeiro, pode ser observado na figura um aumento da corrente de fuga para os isoladores 4 e 5, não sendo verificada alteração significativa nos restantes dos isoladores estudados. Fica, neste caso, confirmada a necessidade de intervenção ou manutenção periódica de isoladores poluídos, com um processo de lavagem, a fim de que sejam minimizados o efeito de falhas elétricas e os riscos de “apagão”.

Medidas de descarga parcial nos isoladores instalados no campo. Na Tabela 2 estão apresentadas as quantidades de descargas parciais registradas durante os meses de novembro e dezembro de 2006 e janeiro de 2007. As quantidades de descargas estão agrupadas dentro de três patamares de corrente. Descargas disruptivas com magnitudes entre 0,1 e 0,2 mA ocorreram com a maior frequência. Os isoladores 4, 5 e 6 foram os quais apresentaram maior número de descargas

com magnitudes entre 0,2 e 0,3 mA. Estes mesmos isoladores foram, também, os que apresentaram quantidades significativas de descargas com magnitudes entre 0,3 e 0,4 mA.

É interessante comparar os resultados obtidos para os isoladores 2 e 7, que são do mesmo tipo, mas com o de número 7, tendo sido revestido com borracha de silicone. Este exibiu uma quantidade de descargas parciais consideravelmente menores, nos três períodos analisados.

Entre os meses de novembro e dezembro de 2006, não houve praticamente modificação no comportamento dos isoladores, como se pode verificar pelos valores similares de descargas parciais exibidos nos dois períodos. No mês de janeiro de 2007 observou-se aumento de 30% a 45% na quantidade de descargas parciais, com relação ao mês anterior, coincidindo com um maior período de precipitação pluviométrica local.

Tabela 2 - Quantidade de descargas parciais em isoladores instalados na SE_Paripe, BA, registrada durante os meses de novembro de 2006 a janeiro de 2007

Patamares de corrente, mA		Isolador							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Novembro 2006	0,1 - 0,2	21.266	28.711	25.164	34.182	27.187	29.202	17.137	26.014
	0,2 - 0,3	340	1.067	663	4.805	3.897	1.417	229	660
	0,3 - 0,4	2	11	6	752	201	341	1	4
	Total	21.609	29.791	25.836	39.743	31.290	30.966	17.374	26.686
Patamares de corrente, mA		Isolador							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Dezembro 2006	0,1 - 0,2	18.088	25.693	22.411	35.318	28.233	26.984	14.841	23.125
	0,2 - 0,3	106	483	266	2.858	2.101	608	71	269
	0,3 - 0,4	0	3	0	67	58	7	0	1
	Total	18.194	26.194	22.677	38.243	30.392	27.599	14.912	23.395
Janeiro 2007	0,1 - 0,2	26.225	33.448	32.321	46.862	36.800	37.102	21.759	33.372
	0,2 - 0,3	182	596	417	4.664	2.115	885	134	394
	0,3 - 0,4	0	8	4	178	110	15	1	1
	Total	26.407	34.052	32.742	51.704	39.025	38.002	21.894	33.767

Nota: Elaboração própria.

Poluentes atmosféricos. Os valores médios da taxa de salinidade medidos pelo íon cloreto e da taxa de sulfatação obtida pelo dióxido de enxofre e calculada como SO_3 , ambos medidos no período de 3 meses, e na SE_Paripe, distante cerca de 3 km da orla da baía de Aratu, foram de, aproximadamente, $19,4 \text{ mg/m}^2$ de Cl e de $0,103 \text{ mg/100cm}^2.\text{dia}$ de SO_3 , portanto, inferiores ao limite estabelecido para classificar o ambiente como Marinho ou mesmo Industrial, ficando dentro do limite de uma atmosfera Rural, cujos valores ficam entre $0,12 - 0,37 \text{ mg/100cm}^2.\text{dia}$ para o SO_3 ; e $< 30 \text{ mg/m}^2$ para o Cl). Cabe ressaltar pela necessidade de avaliar o ambiente por mais de 1 ano para que seja evidenciada qualquer alteração sazonal.

Mesmo assim, cabe novamente ressaltar, que a região pode ser classificada como t_4 (de alta taxa de corrosão) devido ao número de horas anuais de tempo de superfície úmida.

3.9 CONCLUSÕES

A baía de Aratu, BA, especificamente na região da SE_Paripe e arredores (cerca de 2 km^2) podem ser considerados como pertencentes a um ambiente com alta taxa de corrosão, t_4 , devido ao seu tempo de superfície úmida, porém, com valores de poluentes atmosféricos dentro do limite recomendado para uma atmosfera Rural, quanto à salinidade e à taxa de sulfatação medidas pelos métodos da vela úmida e do dióxido de chumbo.

A poluição ambiental sobre os isoladores da RD local é conseqüente de depósitos de materiais particulados presentes no ar atmosférico e cuja fase cristalina principal, detectada pela difratometria de raios X, dentre outras técnicas analíticas, é de magnetita. Esta fase cristalina se mostrou extremamente aderente às saias dos isoladores, sendo somente removida por processos manuais ou de limpeza com água, especialmente desenvolvidos.

A corrente de fuga e a descarga parcial medidas em isoladores energizados à RD foram técnicas conclusivas do efeito da poluição devida aos depósitos de sujidades sobre os mesmos, evidenciando maiores perdas elétricas, com grande possibilidade de surtos do sistema de energia, nos períodos noturnos, quando há maior umidade relativa e, também, nos períodos chuvosos.

Os processos de limpeza com removedores de poluentes à base de óxidos de ferro e lavagens posteriores com jatos d'água e remoção manual do restante das sujidades, demonstraram ser efetivos, ampliando a necessidade de substituição dos isoladores, bem como diminuindo a incidência de perdas elétricas.

O emprego de revestimento à base de silicone demonstrou, apesar do curto período de análise, ser eficaz na redução do número de eventos elétricos registrados. Tal fato foi atribuído à sua hidrofobicidade.

Os efeitos da salinidade obrigaram a Coelba a adotar padrões construtivos ou de manutenção diferenciados para as regiões onde existe salinidade ou poluição. Os custos desses padrões são maiores que os das regiões não afetadas, porém para serem alcançados os indicadores de qualidade ficam imperativos a adoção desses padrões.

As concessionárias de serviços elétricos não devem adotar um único padrão construtivo porque estariam dimensionando a sua rede para a pior situação superdimensionando os locais onde não existem esses efeitos. O tratamento específico tem mostrado que é a opção mais econômica para a população.

Tem-se mostrado que quando um conjunto não vem alcançando os seus indicadores de qualidade esperados ou está com um custo elevado de manutenção de rede elétrica, há de se questionar a existência de poluição ou salinidade e a necessidade de confecção de padrões específicos para a região.

Os efeitos da poluição e salinidade na rede de distribuição são diretamente relacionados às condições climáticas, aos resíduos e quantidades de poluentes que estão na atmosfera, então é conveniente a adoção de medidas que monitorem esses efeitos de maneira a possibilitar a adoção de redes mais adequadas e econômicas para a população.

CAPÍTULO 4 - EFEITOS DA POLUIÇÃO OU SALINIDADE NA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR E PORTO DE SAUÍPE (UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA)

4.1 INTRODUÇÃO

Na região Metropolitana de Salvador existem 05 conjuntos que têm as mesmas características em relação aos parâmetros definidos pela resolução Aneel 024/2000. Esses conjuntos são Salvador Subúrbio, Salvador Comercio, Salvador Orla Marítima, Salvador Centro e Simões Filho. Os 4 conjuntos de Salvador compreendem a totalidade da cidade de Salvador.

A região metropolitana de Salvador compreende também os conjuntos referentes aos municípios de Simões Filho, São Sebastião do Passe, São Francisco do Conde, Mata de São João, Madre de Deus e Lauro de Freitas.

O conjunto Salvador Subúrbio é a região onde foi monitorado e realizado o experimento na subestação de Periperi e retirado isoladores no seu entorno. Caracteriza-se por uma região com uma população carente, comercio informal e com crescimento acelerado da população.

O conjunto Salvador Comércio tem uma predominância de redes subterrâneas, cargas comerciais e uma concentração de edifícios. Trata-se de uma região portuária e dentro da Baía de Todos os Santos.

O conjunto Salvador Orla Marítima compreende uma área residencial e comercial com um padrão de renda mais elevados, alguns shoppings e elevada salinidade. O grau de exigência dessa parcela de consumidores de energia é maior.

O conjunto Salvador Centro predomina os clientes residenciais e uma parcela da população mais carente. A classe média reside nessa região.

O conjunto de Simões Filho compreende o município desse mesmo nome. A região é bastante diversificada tendo a cidade, um centro industrial de Aratu convivendo com vegetação nativa bastantes densa. O crescimento da população também é acelerado e desordenado.

Nesses conjuntos temos redes convencionais, Spacer, subterrânea, rural e adaptações para a orla marítima e todas foram classificadas como estando no mesmo grupo da resolução Aneel 024.

Os 04 conjuntos de Salvador apresentam uma umidade elevada durante todo o ano devido a cidade de Salvador situar-se em uma península onde a influência do mar equilibra a temperatura e mantém uma umidade constante durante todo o ano. No município de Simões Filho o mar circunda uma parte da região, porém a sua influência é menor em relação aos outros conjuntos.

O povoado de Porto de Sauípe compreende um lugarejo com suprimento de 34,5 kV e atendido na tensão de 13,8 kV, através de um posto de transformação de 34,5/13,8 kV está próximo a orla marítima e do complexo de Costa de Sauípe. Trata-se de uma colônia de pescadores que vem sendo procurado por turistas devido as suas praias e desembocadura de rio no mar.

Todas as subestações desses 5 conjuntos e de Porto de Sauípe são automatizadas. Nas redes de distribuição do município de salvador tem alimentadores curtos com opções de manobra e chaves automatizadas. Em Simões Filho existem alimentadores longos e radiais sem recursos de manobras.

4.2 QUALIDADE DA EVOLUÇÃO DO SERVIÇO NO CONJUNTO SALVADOR SUBÚRBIO

A Coelba adotou o critério da resolução 024 no ano de 2004 para apuração dos seus indicadores de qualidade DEC e FEC. O DEC representa o tempo médio de restabelecimento do defeito elétrico – desempenho da operação, enquanto que o FEC – desempenho da manutenção, uma vez que representa o número de falhas do sistema elétrico. Dessa maneira não poderemos comparar os dados apurados anteriores a 2004 por que estão baseadas em outros parâmetros de avaliação.

O conjunto Salvador Subúrbio ficou com os seguintes indicadores de DEC e FEC mostrados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - DEC Salvador Subúrbio

DEC SALVADOR SUBURBIO									
Salvador Subúrbio 2003					Salvador Subúrbio 2004				
Mês	No Mês	Acumul.	Meta	%	Mês	Consumidor	Acumul.	Meta	%
JAN	1,1800	1,1800	2,0833	56,6%	JAN	242639	1,0527	0,7408	142,1%
FEV	0,9117	2,0917	2,0833	100,4%	FEV	242639	1,8832	0,7408	254,2%
MAR	1,2780	3,3726	2,0833	161,9%	MAR	242639	2,2401	0,7408	302,4%
ABR	0,6224	3,9903	2,0833	191,5%	ABR	242639	24,0000	0,7408	3239,6%
MAI	2,3257	6,3260	2,0833	303,6%	MAI	242639	3,5504	0,7408	479,2%
JUN	0,8563	7,1798	2,0833	344,6%	JUN	242639	4,2891	0,7408	579,0%
JUL	1,2095	8,3899	2,0833	402,7%	JUL	242565	5,1443	0,7408	694,4%
AGO	0,8505	9,2259	2,0833	442,8%	AGO	244287	5,5729	0,7408	752,2%
SET	1,1675	10,3939	2,0833	498,9%	SET	245626	6,0045	0,7408	810,5%
OUT	1,6496	12,0598	2,0833	578,9%	OUT	246697	6,7208	0,7408	907,2%
NOV	1,6692	13,7429	2,0833	659,7%	NOV	248104	7,5743	0,7408	1022,4%
DEZ	0,5458	14,2695	25,000	57,1%	DEZ	249439	8,4044	0,7408	1134,5%
			25					8,89	
Salvador Subúrbio 2005					Salvador Subúrbio 2006				
Mês	Consumidor	Acumul.	Meta	%	Mês	No Mês	Acumul.	Meta	%
JAN	264129	1,0433	0,7408	140,8%	JAN	0,3982	0,3982	1,2500	31,9%
FEV	265122	1,9615	1,5466	126,8%	FEV	0,2829	0,6898	1,2500	55,2%
MAR	265453	2,6474	2,3524	112,5%	MAR	0,6398	1,3144	1,2500	105,2%
ABR	265619	3,2975	3,1582	104,4%	ABR	0,8260	2,1251	1,2500	170,0%
MAI	265718	4,1606	3,9640	105,0%	MAI	0,7672	2,8848	1,2500	230,8%
JUN	265718	4,8881	4,7698	102,5%	JUN	0,4637	3,3516	1,2500	268,1%
JUL	265831	6,1058	5,5756	109,5%	JUL	0,5859	3,9334	1,2500	314,7%
AGO	265867	7,1000	6,3814	111,3%	AGO	0,7160	4,6777	1,2500	374,2%
SET	265894	7,8336	7,1872	109,0%	SET	1,1433	5,9103	1,2500	472,8%
OUT	265910	8,4160	7,9930	105,3%	OUT	1,5181	7,5504	1,2500	604,0%
NOV	265295	8,9309	8,7988	101,5%	NOV	1,3425	8,8742	1,2500	709,9%
DEZ	265938	9,6004	9,6045	100,0%	DEZ	0,7964	9,6695	1,2500	773,6%
			8,8900					15	

Fonte: Coelba (2003 – 2006).

Tabela 4 - FEC Salvador Subúrbio

FEC SALVADOR SUBURBIO									
Salvador Subúrbio 2003					Salvador Subúrbio 2004				
Mês	No Mês	Acumul.	Meta	%	Mês	No Mês	Acumul.	Meta	%
JAN	1,0805	1,0805	1,1667	92,6%	JAN	242639	0,7727	0,5647	136,8%
FEV	0,9810	2,0615	1,1667	176,7%	FEV	242639	1,3965	1,0579	132,0%
MAR	1,6070	3,6758	1,1667	315,1%	MAR	242639	1,7844	1,5512	115,0%
ABR	0,4265	4,0947	1,1667	351,0%	ABR	242639	2,2623	2,0444	110,7%
MAI	1,6810	5,7807	1,1667	495,5%	MAI	242639	2,5507	2,5377	100,5%
JUN	0,4852	6,2617	1,1667	536,7%	JUN	242639	3,1215	3,0309	103,0%
JUL	0,6623	6,9058	1,1667	591,9%	JUL	242565	3,6693	3,5242	104,1%
AGO	0,5076	7,3935	1,1667	633,7%	AGO	244287	4,1512	4,0174	103,3%
SET	1,2623	8,6682	1,1667	743,0%	SET	245626	4,4513	4,5107	98,7%
OUT	1,5698	10,2580	1,1667	879,3%	OUT	246697	4,9578	5,0039	99,1%
NOV	0,5855	10,8303	1,1667	928,3%	NOV	248104	5,4917	5,4972	99,9%
DEZ	0,3172	11,1293	14,000	79,5%	DEZ	249439	6,1693	5,9904	103,0%
			14					6,7763	
Salvador Subúrbio 2005					Salvador Subúrbio 2006				
Mês	No Mês	Acumul.	Meta	%	Mês	No Mês	Acumul.	Meta	%
JAN	264129	0,5945	0,5647	105,3%	JAN	0,2802	0,2802	1,0000	28,0%
FEV	265122	1,1406	1,0579	107,8%	FEV	0,1550	0,4447	1,0000	44,5%
MAR	265453	1,6019	1,5512	103,3%	MAR	0,3353	0,7741	1,0000	77,4%
ABR	265619	1,9656	2,0444	96,1%	ABR	0,6904	1,4475	1,0000	144,8%
MAI	265718	2,4726	2,5377	97,4%	MAI	0,3842	1,8310	1,0000	183,1%
JUN	265718	3,0563	3,0309	100,8%	JUN	0,2559	2,0899	1,0000	209,0%
JUL	265831	3,8155	3,5242	108,3%	JUL	0,3913	2,4904	1,0000	249,0%
AGO	265867	4,5529	4,0174	113,3%	AGO	0,3780	2,8725	1,0000	287,3%
SET	265894	5,2214	4,5107	115,8%	SET	0,6727	3,5954	1,0000	359,5%
OUT	265910	5,8149	5,0039	116,2%	OUT	1,0603	4,7493	1,0000	474,9%
NOV	265925	6,1223	5,4972	111,4%	NOV	1,1229	5,9190	1,0000	591,9%
DEZ	265938	6,8261	5,9904	113,9%	DEZ	0,5832	6,5070	1,0000	650,7%
			6,7763					12	

Fonte: Coelba (2003 – 2006).

Pode-se verificar que as metas de DEC e FEC relativo aos anos de 2003 para 2004 e os valores alcançados são bastantes diferentes devido à nova forma de

se medir esses indicadores devido à implementação da resolução ANEEL 024/2000. A meta do FEC passou de 25 em 2003 para 8,89 em 2004 e os valores alcançados foram de 14,2695 em 2003 e 8,4044 em 2004. No DEC a meta passou 14 em 2003 para 6,7763 em 2004 e os valores alcançados foram 11,1293 em 2003 e 6,1693 em 2004.

No ano de 2005 o indicador de qualidade FEC não foi alcançado. A meta para o conjunto foi 5,9904 e o alcançado foram 6,8261 - 113,9%. Nessa situação a Coelba implementou ações mitigadoras trocando isoladores dessa região e aprovou um trabalho de P&D na ANEEL para avaliar o ocorrido. Dentro da subestação de Periperi da Coelba, nesse mesmo período, estava também apresentando problemas de isoladores e ferragens sem conseguir identificar a causa dessas ocorrências.

O conjunto Salvador Subúrbio se caracteriza por uma concentração de famílias de baixo poder aquisitivo, com um desordenamento nas construções e falta de um sistema viário planejado. Existe uma grande população carente e com um elevado crescimento vegetativo. Grande parte da população desconhece os riscos decorrentes do uso da energia elétrica e dos índices de qualidade no fornecimento da energia que a Coelba tem de fornecer nesse conjunto.

Ocorrendo falta de energia no conjunto Salvador Subúrbio o número de consumidores que registram sua reclamação, através do tele-atendimento é menor do que as de outros conjuntos onde a população tem um poder aquisitivo melhor, como é o caso dos bairros de Barra, Pituba e Ondina do conjunto Salvador Orla Marítima.

Na área de Salvador Subúrbio permanecendo o mesmo padrão de rede de distribuição, por volta de 2010 a situação crítica deverá retornar e a Coelba terá de novamente substituir uma grande quantidade de isoladores com equipes de Linha Energizada de maneira a garantir os índices de qualidade estabelecidos pela Aneel.

4.3 SITUAÇÃO PROPOSTA

A forma mais adequada para a sociedade seria a utilização de isoladores híbridos que teve o melhor desempenho demonstrado no capítulo 3. Esses isoladores híbridos foram adquiridos pela Coelba antes da privatização, logo em

seguida a fabrica fechou e atualmente não existe isolador com desempenho similar no mercado.

Devido à corrosão o uso de isoladores de 15 kV convencional com distancia de isolamento de 360mm torna-se inadequado tendo de ser utilizado isoladores com no mínimo 500mm.

Os isoladores de porcelana tipo pedestal têm 559 mm de comprimento de isolamento e atendem as condições de corrosão elevada no local. Nessa situação o esperado é que o isolador tipo pedestal tenha um desempenho semelhante ao isolador convencional utilizado em área rural. Todos os equipamentos: transformadores, religadores e chaves de manobra têm de terem seus isoladores primários atendendo a essa especificação.

Na situação atual a cada 06 anos a Coelba terá de substituir todos os isoladores convencionais com equipes de Linha Viva. Considerando que nessa região existam aproximadamente 400 postes com rede primária trifásica: teremos $3 \times 400 = 1.200$ isoladores com um custo unitário de R\$ 20,00; custo total $1.200 \times 20 = 24.000$.

O custo com a equipe de Linha Viva por estrutura representa R\$ 36,00 para substituição dos isoladores de um poste (Coelba - OERM caderno de serviços): teremos $36 \times 400 = 14.400$.

Custo total da substituição dos isoladores $24.000 + 14.400 = \text{R\$ } 38.400,00$.

No caso das ferragens o correto seria a utilização de ferragens em liga de alumínio. O experimento colocado na subestação de Paripe (capítulo 3) não contempla estação de corrosão de ferragens galvanizadas e de alumínio, então não podemos definir uma durabilidade das ferragens nessa região.

Caso não seja tomada a decisão de troca sistemática dos isoladores, esses custos poderão ser muito maiores do que os relacionados com comprometimento dos indicadores de DEC e FEC da região.

4.4 CONJUNTOS SALVADOR ORLA E LAURO DE FREITAS, CAMAÇARI E MATA DE SÃO JOÃO E PORTO DE SAUÍPE - ORLA MARÍTIMA

Esses conjuntos contém 130 km de orla marítima compreendendo desde o Farol da Barra até a estrada do Coco, no município de Salvador são aproximadamente 40 km, compreendendo aproximadamente 6.000 postes e 180 km de rede primária.

Trata-se de locais onde existe concentração de ambiente salino que provoca aceleração da corrosão de condutores nus, postes de concreto e ferragens, condutores protegidos, transformadores, chaves de manobra e isoladores.

Os postes em média duram 06 anos enquanto que a previsão de vida útil seria por volta de 35 anos. Nessa região (capítulo 3) existe uma concentração da população de classe média e rica da região Metropolitana de Salvador. A rede de distribuição elétrica é aérea e nos postes existem condutores de telefonia e condutores de TV a cabo de varias concessionárias.

Existem muitas subestações da Coelba acompanhando a orla marítima e os condutores de distribuição são troncos de alimentadores devido à elevada concentração de carga. Nessa situação uma troca de poste com equipes de linha viva torna-se bastante demorado e caro. Os postes são circulares com esforço mínimo de 400kgf.

Condutor de alumínio nu tem durabilidade bastante reduzida variando de 02 a 06 anos enquanto que em locais rurais podem ficar mais de 50 anos. Foi instalado condutor protegido com o padrão Spacer na av. Manuel Dias da Silva (capítulo 3) e a capa de proteção deteriorou com 02 anos, começando a danificar o alumínio no local da amarração do isolador. O condutor recomendado é o de cobre nu ou condutor multiplexado primário.

O condutor multiplexado secundário com neutro isolado tem apresentado um desempenho excelente. Após a privatização a Coelba só adquiria condutores multiplexados com neutro liga e nu. Transcorrido menos de 05 anos as redes instaladas próximo a orla marítima já estavam quebradiças no neutro ocasionando muitas reclamações dos clientes por causa de nível de tensão e queima de equipamentos elétricos. Atualmente só o grupo Neoenergia utiliza o neutro isolado no condutor multiplexado.

As ferragens em ferro galvanizado têm durabilidade por volta de 02 a 06 anos. Sua substituição é demorada porque os parafusos ficam completamente oxidados obrigando as equipes de manutenção a serrarem os parafusos para substituir as ferragens estragadas. A ferragem recomendada é em liga de alumínio que vem apresentando uma durabilidade o dobro da ferragem de ferro galvanizada utilizada atualmente.

Os transformadores de distribuição padronizados têm durabilidade entre 04 a 06 anos na orla marítima enquanto o esperado seria de 25 anos. Há cerca 15 anos foram testados transformadores com pintura especial que dobrou a sua durabilidade na orla marítima. Essa tecnologia foi abandonada se retornou a situação de fabricação de transformadores com padrão convencional adaptado ao local rural, onde não existe corrosão. Atualmente existe liga de alumínio que são utilizados em motores e nas carrocerias de automóveis que deveriam ser estudados de maneira a aumentar a durabilidade dos transformadores na região salina.

As chaves de manobras do sistema de distribuição de 15 kV por diversas vezes foram testadas modelos onde os contactos elétricos ficavam aparentes e os seus dispositivos articulados também ficavam aparentes; essas chaves na orla tiveram um desempenho péssimo porque as partes móveis emperravam, e os contatos elétricos criavam uma crosta de sal que prejudicavam os contactos. O tempo máximo dessas chaves no sistema elétrico ficava por volta de 03 anos. Na área rural o desempenho dessas chaves é excelente. As chaves instaladas na orla são blindadas e seus contactos elétricos e partes móveis são internas e estão protegidas. O custo dessas chaves blindadas são cerca de 4 vezes maior que as convencionais porém conseguem ter um desempenho satisfatório com salinidade e durabilidade compatível com a chave convencional instaladas em locais rurais.

Os isoladores recomendados pela IEC para locais com elevada salinidade ou corrosão são de 500 mm para a tensão de 15 kV e 900 mm para a tensão de 34,5 kV. O isolador tipo pedestal tem o comprimento maior que 559 mm. Essa situação é a mesma do conjunto Salvador Subúrbio de Periperi. Na situação da rede de primária de 34,5 kV não existe isolador com essa distancia de escoamento e, caso fosse confeccionada o peso em cima da cruzeta inviabilizaria sua montagem. Foi testada em Costa de Sauípe a utilização de rede em suspensão com isoladores de disco e com 03 meses apresentou trilhamento, sendo descartada essa opção.

Atualmente não existe uma condição satisfatória no mercado Brasileiro para resolver tecnicamente esse problema. O recomendado para essa região atualmente seria a construção de rede subterrânea onde se consegue reduzir o efeito da salinidade na rede de distribuição de energia elétrica de 34,5 kV.

Na experiência em Periperi relatada no capítulo 3 mostra que o segundo melhor desempenho dos isoladores de pino com 360 mm instalados na distribuição – classe 15 kV com elevada corrosão foi o tipo S57 marrom “envelhecido naturalmente“. Esse isolador foi sendo deixado de ser utilizado porque quando começava dar vazamento para terra era de difícil localização para as equipes de operação e manutenção. Esses resultados dão uma linha de pesquisa utilizando a tecnologia desse isolador e corrigindo sua composição para que quando der vazamento para terra o isolador se quebre e facilite sua localização.

O isolador híbrido apresentou o melhor desempenho elétrico na distribuição de 15 kV. O seu custo era 05 vezes maior que o convencional, porém, foi à solução encontrada para essa situação, por mais de 10 anos de instalado sem nenhuma interferência na rede. As falhas passaram a ocorrer nas cruzetas, ferragens e postes. A grande maioria dos isoladores retirados nessa situação foi reaproveitada mantendo o excelente desempenho elétrico.

O isolador híbrido é composto de uma parte de cerâmica e outra de silicone. O silicone apresenta-se com muita aderência na parte cerâmica e com uma geometria onde existe uma saia na vertical protegida por outra externa, sua hidrofobicidade apresentou excelente desempenho mesmo estando impregnada por contaminação salina. Outra linha de pesquisa seria a confecção de isoladores híbridos para redes de 34,5 kV. No mercado brasileiro estão tentando confeccionar isoladores similares, porém com desempenho baixo devido ao tipo do silicone e da sua geometria.

4.5 SITUAÇÃO PROPOSTA

Nos postes de concreto existem opções de colocar sílica, borracha ou aumentar a concentração de cimento de maneira a dobrar a sua vida útil. A opção mais recomendada para área salina é o poste de fibra de vidro utilizando o mesmo

tratamento dado a barcos de fibra de vidro em relação a sua resistência mecânica e a resistência aos raios ultravioleta, à expectativa de vida media seria de 25 anos. Os postes de fibra de vidro têm tratamento de ultravioleta na resina e na pintura externa com um peso máximo de 120 kg. A sua utilização em ilhas é facilitado porque se pode colocar no mar e com pequenas embarcações ser puxado. Nos arrastamentos e transportes terrestres longos devido ao seu baixo peso torna-se mais vantajoso em relação ao poste de concreto. Existe também o poste de fibra de vidro articulado para facilitar ainda mais no transporte e no arrastamento e normalizações de redes de distribuição rural de difícil acesso, redução do DEC.

Nessa situação o custo médio do poste de fibra equivalente ao poste de concreto de 11 metros e 400 kgf de esforço colocado em Salvador fica R\$ 1.250,00 (Petrofisa - fabricante Curitiba), esse mesmo poste convencional de concreto custa R\$ 900,00 (caderno de preço da Coelba). A análise econômica será baseada no ciclo de vida dos postes considerando que o poste de fibra de vidro tem 03 ciclos de vida do poste convencional para áreas salinas.

Considerando que a região compreende 6.000 postes e, em 25 anos teremos somente uma substituição de poste de fibra e 03 de poste convencional teremos:

Na primeira troca dos postes

Os custos de instalação de linha viva nos 02 casos serão os mesmos então só consideraremos os custos do poste.

Poste	Quantidade	Preço unitário – R\$	Total
Fibra	6.000	1.250,00	7.500.000,00
Concreto	6.000	900,00	5.400.000,00
Diferença			2.100.000,00

Segunda e terceira troca

Nessa situação teremos de considerar o custo do poste de R\$ 900,00 e o adicional de R\$ 1.600,00 da turma de linha viva para efetuar a substituição do poste estragado.

Poste	Quantidade	Preço unitário	Linha Viva	Total
Fibra				
Concreto	6.000	900,00	1.600,00	15.000.000,00
Diferença				15.000.000,00

Considerando o ciclo de 25 anos o custo do poste de fibra de vidro permanece o mesmo com R\$ 11.250.000,00 enquanto que os postes de concreto convencional teria no primeiro ciclo R\$ 5.400.000,00 acrescido dos custos do segundo e terceiro ciclo que totaliza $2 \times 15.000.000,00 = 30.000.000,00$. O custo total do poste de concreto em 25 anos seria $30.000.000,00 + 5.400.000,00 = \text{R\$ } 35.400.000,00$.

Comparando os custos do poste de fibra e o de concreto em 25 anos.

Postes	Custos R\$ em 25 anos
Fibra	7.500.000,00
Concreto	35.400.000,00
Diferença	27.900.000,00

O custo dos postes de fibra de vidro nos primeiros 08 anos terá um acréscimo de R\$ 2.100.000,00. Na análise de ciclo de vida do poste de fibra com o de concreto em 25 anos existe uma economia de R\$ 27.900.000,00 na opção do poste de fibra de vidro.

A rede aérea recomendada para a região salina é a multiplexada isolada para 15 kV ou a rede de cobre. A rede multiplexada é recomendada quando existe um circuito expresso entre 02 cargas normalmente nas saídas dos alimentadores aéreos. Nas distribuições de rede com concentração de carga que é o caso, a cada derivação terá de ser construída um seccionamento do condutor primário e a construção de mufas elevando muito o custo de sua construção e necessitando de maior qualificação para as equipes de operação do sistema de distribuição. A rede de distribuição de cobre tem aproximadamente 2,5 vezes de durabilidade do que a rede de distribuição em condutor de alumínio.

Uma construção ou substituição de condutores do tipo 336,5 mcm de alumínio dentro da rede metropolitana de Salvador custa, em média, R\$

90.000,00 e a rede de cobre em condutor 120 mm² de cobre custa em média R\$175.000,00. A rede de 120 mm² de cobre conduz maior corrente que a rede de 336,5 mcm de alumínio, porém é essa a correlação que a Coelba adota na sua análise de planejamento do sistema elétrico de distribuição. (COELBA, EPI, 2009).

Primeiro ciclo

Condutor	Km	Preço	Total
Alumínio	180	90.000	16.200.000,00
Cobre	180	175.0.000	31.500.000,00
Diferença			15.300.000,00

Segundo + meio ciclo (1,5)

Condutor	Km	Preço	Total
Alumínio	180	90.000	24.300.000,00
Cobre			
Diferença			24.300.000,00

Nessa situação instalando a rede de cobre inicialmente temos um custo inicial maior em R\$ 15.300.000,00. Em 20 anos completa 01 ciclo de vida do cobre e 2,5 o de alumínio. O custo do cobre continua R\$ 31.500.000,00 enquanto que o de alumínio fica R\$ 16.2000.000,00 no primeiro ciclo e no segundo e meio de R\$ 24.3000,00 totalizando 16.200.000,00 +24.300.000,00 = 40.500.000,00.

Ciclo de vida de 20 anos

Condutor	Custo total
Cobre	31.500.000,00
Alumínio	40.500.000,00
Diferença	9.000.000,00

O custo do cobre comparado ao alumínio em um ciclo de vida de 20 anos corresponde a uma economia de R\$ 9.000.000,00, 29% do custo inicial do cobre.

As chaves blindadas utilizadas nas regiões salinas têm apresentado um desempenho excelente nas partes metálicas, condizente com o esperado para a sua vida útil.

No caso dos transformadores o recomendado seria o retorno a pintura especial já utilizada que dobra sua vida útil, porém tinha certos cuidados no transporte e montagem de maneira a garantir a integridade da pintura e o seu recobrimento de chapa. Como já foi recomendada a pesquisa das partes metálicas dos transformadores em liga de alumínio ou a análise das partes metálicas das chaves blindadas como opção para utilização nos transformadores.

As ferragens em liga de alumínio vêm apresentando um desempenho bastante superior do que o das ferragens em liga de ferro galvanizado. Os pinos de ferro galvanizados utilizados nos isoladores quando danificados podem até inutilizar o reaproveitamento dos isoladores porque se fundem na sua parte inferior. A maior vantagem da utilização das ferragens em liga de alumínio vem na redução do tempo de recuperação e substituição das ferragens danificadas para a recuperação da energia – DEC.

Os isoladores disponíveis no mercado brasileiro necessitam de um estudo mais direcionado para melhorar sua qualidade e melhorar o seu desempenho principalmente nas regiões salinas.

4.6 CONCLUSÃO

A modificação da avaliação dos conjuntos de Potência Instalada para o número de consumidores existentes modificou o foco das análises dos investimentos direcionados pelas Concessionárias.

A criação de penalidade para as concessionárias de energia devido ao não cumprimento dos indicadores de DEC e FEC direcionou o atendimento aos conjuntos que tinham o maior número de consumidores.

Na área de Salvador Subúrbio em 2004 o DEC estava com valores acima do planejado devido às ocorrências de desligamentos sucessivos e foram adotadas ações mitigatórias para viabilizar alcançar os objetivos previstos. Foi aprovado junto a Aneel um projeto de P&D para avaliar os efeitos da poluição na rede de distribuição dessa região.

O monitoramento das condições ambientais em relação aos materiais disponíveis propicia uma avaliação do ciclo de vida dos materiais utilizados, com

isso pode-se definir a melhor opção disponível e prever a sua degradação ao longo tempo, facilitando um diagnóstico e a aplicação de manutenções preventivas baseadas em medições com custo adequado à sociedade.

A aplicação em recurso de pesquisa e desenvolvimento propicia um desenvolvimento tecnológico dos materiais e equipamentos utilizados nas redes de distribuição, bem como na capacitação de profissionais.

O desenvolvimento de novos materiais e equipamentos ou mesmo a de novas metodologias de avaliação e diagnóstico do ambiente existente, facilita a tomada de decisões de investimento nas redes de distribuição.

A Aneel deveria incentivar a utilização dessa metodologia de monitoramento da incidência de salinidade, materiais em suspensão e condições meteorológicas de forma a incentivar as concessionárias a padronizar uma forma sistemática e científica de comprovar as ações do meio ambiente e poluições industriais nos componentes elétricos da distribuição de energia.

Na regulação o esperado é que com os desenvolvimentos tecnológicos e com a sua aplicação sistêmica, existam ganhos de qualidade com baixos custos e nas revisões tarifárias esses ganhos sejam capturados pelo regulador.

A rede na tensão de 34,5 kV em regiões de orla marítima continua sendo um grande desafio para os fabricantes e concessionárias implementarem a sua utilização. Em Porto de Sauípe as ocorrências de falta de energia eram diárias e com mais de uma falta de energia no mesmo dia, aparentemente não se conseguia identificar o motivo do desligamento. A solução adotada foi o retorno da operação da rede em 15 kV, onde as ocorrências voltaram aos níveis adequados e anteriores a mudança de tensão. Existe a rede de distribuição no complexo de Sauípe operando em 34,5 kV e com custos elevados de operação e manutenção e reclamações constantes dos clientes devido às ocorrências no sistema. Nessa rede são utilizados os processos convencionais de termovisão e inspeção visual que tem se mostrado ineficientes na detecção da avaria.

A Aneel deveria agregar os ganhos de produtividade alcançados ao longo do tempo nos seus serviços e não permitir retrocesso na sua utilização. Toda nova tecnologia tem de ser testada e comprovada por metodologia comprovada e incentivada o seu desenvolvimento. A utilização de isoladores híbridos foi um grande avanço e atualmente estamos perdendo a sua tecnologia, o mesmo acontecendo quando comparado ao processo construtivo do isolador tipo S57 marrom

“envelhecido naturalmente”. O processo de evolução tecnológica tem de ser contínuo e constante.

A análise econômica dos postes e condutores demonstra que o padrão convencional utilizado em regiões com elevada corrosão pode ser bastante oneroso e a utilização de novas tecnologias são fundamentais no processo de redução dos custos de investimentos na operação e manutenção da rede de distribuição de energia elétrica. O custo inicial dos postes de fibra pode chegar a 30%, porém ao longo de um ciclo de vida de 25 anos consegue ter uma economia de mais de 03 vezes do seu custo de instalação. Nas redes de cobre o custo inicial chega a ser 9% maior do que a rede de alumínio, porém no ciclo de 15 anos ocorre uma vantagem de 9% na rede de cobre.

A utilização de chaves com contactos externos não conseguiu operar na área salitrosa mais do que 03 anos tendo de ser adotada outra chave com blindagem e contactos internos e com o desempenho esperado e um custo 05 vezes superior.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

5.1 INTRODUÇÃO

No Brasil adotou-se para o setor elétrico o modelo de regulação baseado no preço teto, onde se considera uma empresa de referência para avaliação dos custos de construção e manutenção de rede, revisando periodicamente esses custos, bem como, definindo o percentual de depreciação anual da rede de distribuição.

A Coelba adota padrões diferenciados para as áreas salinas com o objetivo de atender ao nível de qualidade definido pela resolução Aneel 024/2000. As condições ambientais diferenciadas obrigaram a empresa a procurar alternativas tecnológicas para conviver com o ambiente salino e industrial.

A Empresa de Referência (ER) criada pela Aneel concorre com todas as concessionárias de energia e todos os gastos acima do previsto serão assumidos pela empresa real sem poder ser repassados para a tarifa.

O desenvolvimento tecnológico pode direcionar ao uso de novos materiais mais adequados as condições ambientais, porém com preços iniciais maiores que os praticados nas redes convencionais, sendo comprovando sua eficiência através da análise do ciclo de vida. A questão que se coloca é se cabe incorporar na ER mais de um padrão no seu custo do serviço.

5.2 CONCLUSÕES

Existe a necessidade de se monitorar as regiões onde apresentam uma corrosão acelerada dos componentes de redes de distribuição. Deve se avaliar o nível de salinidade, poluentes e tempo de superfície úmida. O conhecimento desses parâmetros acrescidos com a avaliação da rede e dos seus componentes permite uma definição dos materiais e do seu desempenho.

A adoção de um padrão único com um custo mais baixo de construção poderá ocasionar um custo excessivo de troca de componentes ou de falhas no

sistema de distribuição. Uma outra opção seria a definição de um padrão único de elevada qualidade e adequada às regiões com salinidade ou com poluição. Neste caso o órgão regulador poderá não reconhecer os elevados custos de construções dessas redes de distribuições e a tarifa poderia ficar muito elevado para o consumidor.

O conveniente para a sociedade é a adoção de padrões alternativos para algumas regiões procurando analisar suas peculiaridades, ou seja, os níveis de corrosão devido a salinidade, poluição e tempo de umidade ou da sua combinação. As análises devem ser feitas de forma econômica porque é elevado o custo de terem muitos itens de estoque e de sua fabricação. Uma avaliação de ciclo de vida dos componentes prioritários da rede de distribuição seria um parâmetro a ser considerado para definição dos padrões alternativos de redes de distribuição.

A corrosão na rede de distribuição é influenciada pelos poluentes locais, umidade e salinidade. Qualquer deles sendo excessivo poderá produzir um ambiente corrosivo, como foi no caso de Paripe que a umidade definiu um ambiente muito corrosivo.

A empresa de referência adotada como base para definição da remuneração das empresas concessionárias de energia elétrica, não considera o problema de corrosão na sua área de concessão. Nessa situação poderá ocasionar uma distorção bastante acentuada na remuneração dos ativos, comprometendo a saúde econômica das concessionárias que tenham grandes áreas com elevada corrosão e tenham que periodicamente substituir a sua rede aérea existente.

A corrosão produzida pela poluição e salinidade interfere na durabilidade das redes de distribuição e nos índices de qualidade DEC e FEC. A corrosão acelerada das redes de distribuição na região Metropolitana de Salvador foi ponto decisivo para a Coelba definir padrões de redes diferenciados principalmente para os ambientes com elevada salinidade.

A falta de conhecimento do tipo de poluição ou do grau de salinidade existente poderá ocasionar padrões com baixo desempenho ou com custos elevados para a sociedade. O monitoramento da corrosão é um fator decisivo para se definir padrões de rede de distribuição adequados.

Deveria ser padronizada uma metodologia para definição do nível de corrosividade dos ambientes. A composição da salinidade, poluição industrial e grau

de umidade seriam os parâmetros para definição do nível de corrosividade. A corrosividade baixa seria mantida os padrões atuais da resolução Aneel 024/2000.

A corrosividade média e alta seria atribuída custos diferenciados e padrões construtivos de redes também diferenciados, a fim de serem mantidos os indicadores de qualidade padronizados para o conjunto.

Em Porto de Saúpe o padrão convencional na tensão de 34,5 kV não pode ser utilizado devido os desligamentos diários, a Coelba teve de instalar um posto de transformação e continuar distribuindo a energia nesse povoado em 15 kV. A elevada salinidade aliada ao nível de tensão de 34,5 kV comprova que tem de ser desenvolvidos padrões de rede específicos para as áreas salitrosas ou com elevado grau de corrosividade. Essa é uma situação extrema onde demonstra a fragilidade do sistema de 34,5 kV que o padrão convencional não consegue passar um dia sem provocar desligamentos na área salitrosa.

As chaves de 15 kV com contactos externos que em uma área rural tem um desempenho excelente não conseguiu operar nas áreas salitrosas mais do que 03 anos. A corrosão produzida pela salinidade obrigou a Coelba a utilizar uma chave blindada nessa região. O sistema elétrico de distribuição tem de dispor de chaveamento na rede para facilitar a sua manobra na rede e a utilização de chaves convencionais tornou-se inviável.

A utilização de postes em fibra de vidro deve ser a solução para os locais com salinidade. Como foi demonstrado no curto prazo de sua instalação o poste de fibra fica 30% mais caro que o poste de concreto, porém realizando uma avaliação de ciclo de vida de 25 anos o poste de fibra de vidro fica com uma economia de 03 vezes o custo da sua instalação.

Na rede de cobre em relação à rede de alumínio considerando um ciclo de vida de 20 anos o cobre torna-se mais econômico que o alumínio em 29%, porém com um custo inicial de 91,4% maior que o de alumínio.

O desenvolvimento de novas tecnologias de materiais e equipamentos mais adequados às condições de corrosividade locais melhora os índices de qualidade da região e podem ser mais econômicos para a sociedade. Dessa maneira torna-se imperativo que a Empresa de Referência aceite mais de um padrão de rede aérea no seu custo do serviço. Para que isso seja possível, o conveniente é que as concessionárias submetam a análise da Aneel os novos produtos com análises de ciclo de vida e viabilidade econômica.

5.3 RECOMENDAÇÕES

A Aneel deveria incluir a corrosão como parâmetro para definição dos conjuntos da resolução Aneel 024/2000. A corrosão provocada pela poluição ou pela salinidade ocasiona a degradação acelerada da rede de distribuição aumenta a sua taxa de falha, comprometendo a qualidade da rede ou obrigando as concessionárias a manterem padrões alternativos de maior custo a fim de garantir os índices de qualidade exigidos.

O monitoramento da corrosão e a avaliação do desempenho dos materiais e redes existentes no mercado é um bom parâmetro para se conseguir garantir o desempenho do sistema elétrico com um custo adequado.

Na área de Periperi necessita de um estudo sobre os efeitos desse material particulado em suspensão no ser humano. Nessa região habita uma parcela elevada da população carente de Salvador que já sofre com as dificuldades sanitárias e uma alimentação inadequada. Esses poluentes podem agravar a saúde pública da região.

O monitoramento do ambiente com elevada corrosividade pode avaliar ao longo do tempo se as medidas adotadas estão sendo eficazes ou se ocorreu alguma modificação no ambiente necessitando de novas melhorias.

As redes nas tensões de 34,5kV de Costa de Sauípe se apresentam com maior sensibilidade para os efeitos da salinidade. O monitoramento da corrosão nessa área torna-se fundamental porque os materiais estão se degradando em poucos anos.

Em Porto de Sauípe ficou comprovado que necessita de um estudo específico dos efeitos na salinidade na rede de 34,5 kV. O ambiente salino desencadeou sucessivos desligamentos que comprovam que o sistema de 34,5 kV necessita de estudos para mitigar esses efeitos.

A composição dos isoladores e sua geometria deve ser um motivo de estudo e pesquisa, de maneira a não perder o conhecimento desenvolvido nos isoladores híbridos e convencionais antigos de 360 mm, incorporando essa tecnologia nos convencionais de pedestal. No isolador híbrido a utilização de cobertura de silicone melhorou a hidrofobicidade dos isoladores e a sua geometria foram fundamentais para o resultado da sua performance.

A Aneel deveria disponibilizar para as concessionárias de serviços elétricos procedimentos para avaliar as condições de corrosão nas redes de distribuição. Nessa situação, poderia, no médio prazo, se ter um levantamento das condições ambientais principalmente dos grandes centros das cidades.

Deve-se estudar os efeitos da salinidade nas redes compactas. A rede compacta se mostra adequada para ambientes onde exista arborização, porém inadequada para áreas salitrosas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Aneel nº 024**, de 27 jan. 2000. Brasília: ANEEL, 2000.

ALSNETBIZ. **Propriedades de limpeza do Ácido Oxálico**. Disponível em: <http://alsnetbiz.com/homeimprovement/oxalic_acid.html>. Acesso em: 28 fev. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO (Abraço) (São Paulo). **Corrosão em equipamentos e unidades industriais**. Disponível em: <<http://www.abraco.org.br/index2.php/>>. Acesso em: 05 jun. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14643**. Corrosão atmosférica classificação da corrosividade de atmosferas. Rio de Janeiro, jan. 2001, 11 p.

_____. **NBR 9547**. Material particulado em suspensão no ar ambiente – determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume. Rio de Janeiro, set. 1997. 14p.

_____. **NBR 6211**. Determinação de cloretos na atmosfera pelo método da vela úmida. Rio de Janeiro, nov. 2001.

_____. **NBR 6921**. Sulfatação total na atmosfera – determinação da taxa pelo método da vela de dióxido de chumbo. Rio de Janeiro, abr. 2002.

BRAGA, M.; BELZUNES, R. **Revisão tarifária Eletropaulo**. Revisão tarifária periódica das distribuidoras de Energia Elétrica. Contribuição que o Sinergia CUT apresentou a Audiência pública sobre revisão Tarifária Periódica da Eletropaulo. São Paulo: Sinergia CUT, 2007.

COELHO, V. L. P. A regulação como instrumento de fomento tecnológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SERVIÇOS PÚBLICOS CONCEDIDOS, 1., 2000, Salvador. **Anais ...** Salvador, 2000

DELGADO, M. P. **Insulator News & Market Report**. v. 8, 2000. 518p.

EMPRESA BRASILEIRA DE TURISMO (EMTURSA) (Salvador). **Geografia & clima**. Disponível em: <<http://www.emtursa.ba.gov.br/Template.asp?nivel=00010006&identidade=12>>. Acesso em: 21 fev. 2007.

FUMAGALLI, E.; SCHIAVO, L. L.; DELESTRE, F. **Service quality regulation in electricity distribution and retail**. Nova York: Editora Springer Berlin Heidelberg, 2007. 153p.

GPCA - MEIO AMBIENTE (Rio de Janeiro). **Poluição**. Disponível em: <<http://www.gpca.com.br/poluicao.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2007.

IEC 815. **Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions**. Switzerland, 1986.

ISHIWARI, M. et al. In: HIGH VOLTAGE ENGINEERING SYMPOSIUM. 11, 1999. **Proceeding...** London, UK, 1999.

LOOMS, J. S. T. **Insulators for high voltage**. London: Peter Peregrinus, 1988.

MALIK, N. H.; AL-ARAINY, A. A.; QURESHI, M. I. **Electrical insulation in power systems**. New York: Marcel Dekker, 1997. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=MhaA3FmK9hUC&oi=fnd&pg=PR5&dq=+Electrical+insulation+in+power+systems&ots=xEYzsUk8H1&sig=nxmStJxoaUrFAkvnk7dcOopDVtg#v=onepage&q=&f=true>>. Acesso em: 26 fev. 2007.

MATSUOKA, R. et al. Irie and K. Kondo, Evaluation methods of polymer insulators under contaminated conditions. **IEEE/PES. T&D**. Asia Pacific, 2002.

MINISTÉRIO DA FAZENDA (BRASIL). **Parecer Analítico sobre Regras Regulatórias nº 04/COGEN/SEAE/MF**: Análise das metodologias propostas pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) para o segundo ciclo de revisão tarifária periódica das concessionárias de distribuição de energia elétrica.. Brasília, 2006. 29 p. Disponível em: <www.seae.fazenda.gov.br/.../parecer_regra_regulatoria-02-09_cogen.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2007.

NAITO, K et al. Evaluation Methods of Polymer = **Isoladores poliméricos de distribuição**. In: CONFERENCE RECORD ON IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRICAL INSULATION, 1., 1996, Canadá. **Anais...** Canadá: IEEE, 2006.

NEWBERY, D. M. G. **Privatization, restructuring, and regulation of network utilities**. Cambridge, Mass.: MIT Press, c1999.

OLIVEIRA, W. C. **Mercado de pura energia**: compartilhando e otimizando recursos em uma concessionária de distribuição. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia)-Universidade Salvador (Unifacs), Salvador, 2008.

PEREIRA, X. L. **Formação de conjuntos de unidades consumidoras em concessionária de energia elétrica visando à definição de suas metas de continuidade**. 2005. 133 f. Dissertação. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia)-Universidade Salvador (Unifacs), Salvador, 2005.

PORTELA, K. F et al. Efeito da poluição atmosférica (litorânea e industrial) em isoladores da rede elétrica da região metropolitana de Salvador. **Revista Química Nova**, v.31, n.2, p. 340-348, 2008.

QUEIROZ, Levi Goes de. **Análise regulatória de alternativas para a distribuição de energia elétrica na rede primária em áreas urbanas**. 2003. 166 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia)-Universidade Salvador (Unifacs), Salvador, 2003.

RODRIGUES, Leonardo Eustáquio. **Manutenção do sistema de distribuição de energia elétrica: um sistema de gestão integrado**. 2005. 117 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia)-Universidade Salvador (Unifacs), Salvador, 2005.

SANTANA, Humberto da Silva. **Relação entre a regulamentação dos níveis de tensão e as necessidades de investimento em uma distribuidora**. 2004. 120 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia)-Universidade Salvador (Unifacs), Salvador, 2004.

SHAOWU, W.; XIDONG, L.; LENGCEG, H. Insulation and Dielectric Phenomena, Beijing. In: IEEE CONFERENCE ON ELECTRICAL INSULATION AND DIELECTRIC PHENOMENA. 1999. China. **Anais...** China: IEEE, 1999.

SILLARS, R. W. **Electrical insulating material and their application**. IEE Monograph Series 14, Peter Peregrinus: England, 1973.

SÖRQVIST, T.; VLASTÓS, A. Field Experience With Non-Ceramic Hollow-Core Insulators. In: CONFERENCE RECORD ON IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRICAL INSULATION, 1., 1996, Canadá. **Anais...** Canadá: IEEE, 2006.

TANURE, J. E. P. **Análise comparativa de empresas de distribuição para o estabelecimento de metas de desempenho para indicadores de continuidade do serviço de distribuição**. 2000. 157 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Elétrica)- Universidade Federal de Engenharia de Itajubá (Unifei), 2000.

USUI, W et al. Proceedings of the 6th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, Xi'an Jiantong University, Xi'an, China, 2000. Matsuoka, R.; Naito, K.; Irie, T.; Kondo, K.; *T&D Ásia Pacific* 2002, 2197.

VLASTÓS, A. E. Proceedings of the 4th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, Australia, 1994.

WIKIPEDIA [**Site oficial**]. **Poluição**. Disponível em: <
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Polui%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 05 jun. 2007.

WILLIS, H. L.; WELCH, G.; SCHRIEBER, R. **Aging power delivery infrastructures**.
Nova York: Editora Marcel Dekker, 2001.

YAHOO! GEOCITIES [**Site oficial**]. **Poluição e as suas conseqüências**. Disponível
em: <<http://www.geocities.com/diogobizinelli/poluicao/>>. Acesso em: 05 jun. 2007.